





d/69(035)MS



▲ 4 DIC. 1985



# L'ARTE MODERNA DEL FABBRICARE

Parte I

LA  
TECNICA DEL FABBRICARE

DELL'INGEGNERE  
G. MISURACA

Vol. I.

Lavori di sterro e Cantiere  
Fondazioni - Materiali impiegati nelle Costruzioni  
Costruzioni dei muri

TESTO

*Con 760 fig. nel testo*

*e Atlante di 63 tavole*

CASA EDITRICE  
DOTTOR FRANCESCO VALLARDI  
MILANO



INDICE

—

3



# INDICE

## I lavori di terra ed il cantiere.

### CAPO I.

#### Le generalità.

1. La conoscenza del terreno . . . . .	pag	1
2. La classificazione delle terre . . . . .	»	4
3. L'escavazione delle terre, i dati di costo dello scavo e la distanza media dei trasporti . . . . .	»	5
4. Il cantiere . . . . .	»	6
5. I piazzali da deposito e da lavoro . . . . .	»	7
6. Le barracche per gli uffici e da lavoro. Magazzini. . . . .	»	8
7. Le strade di servizio . . . . .	»	9
8. La fognatura dei terreni. . . . .	»	10
9. Il tracciato dei lavori di sterro e gli allineamenti dei muri. . . . .	»	11
10. La necessità dello sterro generale . . . . .	»	12
11. La cubatura degli sterri. . . . .	»	13

### CAPO II.

#### L'attacco degli sterri.

1. Gli strumenti per la cavatura delle terre . . . . .	»	16
2. I procedimenti vari di attacco degli sterri . . . . .	»	17
3. L'escavazione meccanica delle terre . . . . .	»	20
4. L'escavatore a cucchiaia di Dunbar e Ruston . . . . .	»	20
5. L'escavatore a cucchiaia di James . . . . .	»	22
6. Gli escavatori a noria . . . . .	»	22
7. L'escavatore Couvreux . . . . .	»	23
8. L'escavatore Satre. . . . .	»	25
9. L'escavatore di Buette a piattaforma mobile. . . . .	»	26
10. L'escavatore a noria girevole di Bourdon . . . . .	»	27
11. L'escavatore girevole Jaquelin modificato da Bourdon. . . . .	»	28
12. Scambio scorrevole per escavatore girevole . . . . .	»	28
13. Le secchie degli escavatori . . . . .	»	29
14. Il costo del lavoro di sterro cogli escavatori del tipo Couvreux . . . . .	»	30
15. Le scarpe dei cavi e le sbadacchiature. . . . .	»	31
16. Le generalità dello scavo dei pozzi. . . . .	»	32
17. Lo scavo di un pozzo con sbadacchiature di legnami . . . . .	»	33
18. Lo scavo di un pozzo con rivestimento di muratura . . . . .	»	34
19. Gli sterri subacquei. . . . .	»	35
20. Gli scavi dei terreni sciolti subacquei . . . . .	»	35
21. La draga Gouin . . . . .	»	36
22. La draga Couvreux. . . . .	»	36
23. La draga Brisse . . . . .	»	37
24. Gli sterri in terreni rammolliti o attraversati dalle acque . . . . .	»	38

## CAPO III.

## Il cavo delle roccie.

§ 1. Le generalità sul cavo delle roccie e delle mine . . . . .	pag. 40
§ 2. I fori di mina e la loro distribuzione . . . . .	» 41
§ 3. La perforazione meccanica delle roccie . . . . .	» 44
§ 4. La perforatrice Dubois-François . . . . .	» 46
§ 5. La perforatrice Allison . . . . .	» 47
§ 6. La perforatrice Ferroux . . . . .	» 49
§ 7. La perforatrice a rotazione di Taverdon . . . . .	» 50
§ 8. La perforatrice Brandt . . . . .	» 53
§ 9. Gli affusti a colonna per le perforatrici . . . . .	» 54
§ 10. Gli affusti a carretto per le perforatrici . . . . .	» 56
§ 11. La carica delle mine . . . . .	» 58
§ 12. Gli esplosivi più in uso nelle mine . . . . .	» 60
§ 13. La borratura delle mine. . . . .	» 60
§ 14. L'accensione ordinaria delle mine. . . . .	» 61
§ 15. L'accensione delle mine mediante l'elettricità . . . . .	» 62
§ 16. I conduttori ed i circuiti . . . . .	» 63
§ 17. Lo scavo delle roccie subacquee . . . . .	» 64
§ 18. Le grandi mine . . . . .	» 65

## CAPO IV.

## Il trasporto delle terre.

§ 1. I mezzi di trasporto . . . . .	» 66
§ 2. I binari di servizio. . . . .	» 71
§ 3. Le rampe di servizio . . . . .	» 75
§ 4. I procedimenti speciali per i trasporti di terre . . . . .	» 77
§ 5. Lo scarico degli sterri . . . . .	» 87
Tavola bibliografica . . . . .	» 89

## Le fondazioni.

Le generalità. . . . .	» 91
------------------------	------

## CAPO I.

## Le fondazioni comuni.

§ 1. Le fondazioni continue sopra terreni incompressibili . . . . .	» 93
§ 2. Le fondazioni con pilastri . . . . .	» 93
§ 3. Le fondazioni con pozzi. . . . .	» 94
§ 4. Le fondazioni con sostegni di palafitte. . . . .	» 94
§ 5. L'affondamento dei pali. . . . .	» 95
§ 6. Lo strappamento dei pali . . . . .	» 97
§ 7. Il rifiuto dei pali (apparente, relativo ed assoluto). . . . .	» 97
§ 8. Le fondazioni sopra terreni compressibili . . . . .	» 98
§ 9. Il costipamento dei terreni compressibili . . . . .	» 99
§ 10. I sistemi dei grandi imbassamenti. . . . .	» 99
§ 11. Le fondazioni con platee. . . . .	» 100
§ 12. Le paratie di cinta. . . . .	» 102

## CAPO II.

## Le fondazioni idrauliche.

§ 1. Le generalità. . . . .	» 103
§ 2. Le ture di cinta . . . . .	» 103
§ 3. Le ture di fondo . . . . .	» 105
§ 4. L'esaurimento delle acque . . . . .	» 106
§ 5. Le macchine a sollevamento. . . . .	» 106
§ 6. Le macchine a pressione . . . . .	» 108
§ 7. Le macchine centrifughe . . . . .	» 111

INDICE.

v

8. Le fondazioni idrauliche eseguite all'asciutto.	pag.	112
9. Le fondazioni idrauliche eseguite senza il prosciugamento delle acque.	»	113
10. Le fondazioni mediante cassoni senza fondo.	»	113
11. Le fondazioni mediante cassoni con fondo	»	114
12. Le fondazioni mediante sassaie	»	114
13. Le fondazioni sovra castelli di legname o palafitte di sostegno	»	115
14. Le palaficate di costipamento nei terreni sommersi	»	116
15. I pali a vite di Mitchell.	»	116
16. Le fondazioni tubulari ad aria rarefatta.	»	117
17. Le fondazioni tubulari ad aria compressa	»	118
18. Le fondazioni per pozzi in terreni sommersi ed in terreni attraversati dalle acque	»	119
19. Le fondazioni con cassoni ad aria compressa	»	121
20. L'esaurimento dei materiali nelle fondazioni pneumatiche	»	122
21. Gli esempi più notevoli di fondazioni ad aria compressa	»	124
Tavola bibliografica	»	126

I materiali impiegati nelle costruzioni.

CAPO I.

Le pietre naturali.

1. Le generalità.	»	127
2. Le rocce calcaree.	»	127
3. Le rocce silicee.	»	128
4. Le rocce argillose.	»	130
5. Le rocce gessose.	»	130
6. Le rocce vulcaniche	»	131
7. Le proprietà da considerarsi nelle pietre da costruzione	»	131
8. Le macchine per la misura delle resistenze dei materiali	»	139
9. Le generalità sulla lavorazione delle pietre	»	145
10. La riquadratura e la segatura a mano delle pietre	»	148
11. La segatura meccanica delle pietre	»	150
12. La conservazione delle pietre	»	154
13. La colorazione delle pietre	»	155

CAPO II.

I laterizi.

1. Le generalità.	»	157
2. La fabbricazione dei laterizi all'aperto. La modellatura e lo essiccamento.	»	158
3. La fabbricazione meccanica dei laterizi.	»	160
4. La cottura dei laterizi	»	169
5. La distinzione dei laterizi	»	174
6. a) La resistenza allo schiacciamento dei mattoni costruiti nelle diverse località	»	175
b) La resistenza alla trazione	»	176
c) La resistenza alla corrosione per attrito	»	177

CAPO III.

Le calci, i cementi, le pozzolane, il gesso.

1. Le generalità sulle calci	»	178
2. La calcinazione delle pietre calcari	»	179
3. Le fornaci a fuoco intermittente	»	180
4. Le fornaci a fuoco continuo	»	182
5. I procedimenti pratici per riconoscere la qualità delle calci.	»	188
6. I procedimenti artificiali per ottenere calci idrauliche.	»	188
7. Il bagnamento e l'estinzione delle calci	»	189
8. I cementi	»	191
9. Le pozzolane	»	192
10. Il gesso	»	194
11. La cottura delle pietre da gesso	»	195
12. La polverizzazione e la conservazione del gesso	»	202
13. L'impiego del gesso	»	203

CAPO IV.

Le sabbie, le malte ed il calcestruzzo.

1. Le sabbie	»	206
2. Le generalità sulle malte	»	207
3. Le malte semplici	»	209

§ 4. Le malte comuni . . . . .	pag. 209
§ 5. Le malte idrauliche . . . . .	» 210
§ 6. Le malte cementizie . . . . .	» 210
§ 7. Le malte bastarde . . . . .	» 211
§ 8. La fabbricazione meccanica delle malte. . . . .	» 211
§ 9. Le generalità nel calcestruzzo . . . . .	» 213
§ 10. Il pietrisco, la ghiaia e gli altri materiali per la confezione del calcestruzzo . . . . .	» 214
§ 11. La composizione e la resistenza del calcestruzzo . . . . .	» 216
§ 12. La fabbricazione del calcestruzzo . . . . .	» 216
§ 13. Il collocamento in opera del calcestruzzo . . . . .	» 220
§ 14. Le applicazioni del calcestruzzo . . . . .	» 223
§ 15. Le strutture in cemento armato . . . . .	» 226

## CAPO V.

## I legnami.

§ 1. Le generalità . . . . .	» 228
§ 2. Le proprietà fisiche dei legnami . . . . .	» 230
§ 3. I principali difetti che si possono riscontrare nei legnami . . . . .	» 231
§ 4. Il taglio dei legnami . . . . .	» 233
§ 5. Le generalità sulla segatura meccanica dei legnami . . . . .	» 236
§ 6. Le seghe per il taglio trasversale dei tronchi . . . . .	» 239
§ 7. Le seghe per la squadratura e la divisione degli alberi . . . . .	» 239
§ 8. Il collegamento dei legnami . . . . .	» 248
§ 9. La conservazione dei legnami . . . . .	» 252
§ 10. L'incurvamento dei legnami . . . . .	» 257
§ 11. La colorazione dei legnami . . . . .	» 258

## CAPO VI.

## I materiali bituminosi.

§ 1. Le generalità . . . . .	» 260
§ 2. L'uso dei bitumi nelle costruzioni. . . . .	» 261
§ 3. L'asfalto naturale . . . . .	» 261
§ 4. La preparazione del mastice d'asfalto . . . . .	» 262
§ 5. Il mastice d'asfalto artificiale . . . . .	» 263
§ 6. Le applicazioni dell'asfalto . . . . .	» 263

## CAPO VII.

## I metalli.

§ 1. Le generalità . . . . .	» 265
§ 2. La ghisa o ferro greggio . . . . .	» 266
§ 3. I lavori di getto . . . . .	» 267
§ 4. Il ferro . . . . .	» 268
§ 5. I processi di affinazione e di pudellatura della ghisa . . . . .	» 269
§ 6. La lavorazione e la saldatura del ferro. . . . .	» 271
§ 7. L'acciaio . . . . .	» 273
§ 8. I più comuni processi di fabbricazione dell'acciaio . . . . .	» 274
§ 9. La tempera dell'acciaio. . . . .	» 276
§ 10. Il rame . . . . .	» 277
§ 11. La lavorazione dei tubi e dei fili di rame . . . . .	» 278
§ 12. Il bronzo . . . . .	» 279
§ 13. L'ottone . . . . .	» 281
§ 14. Il piombo . . . . .	» 281
§ 15. La fabbricazione dei tubi e delle lamine di piombo . . . . .	» 283
§ 16. Lo stagno . . . . .	» 283
§ 17. Lo zinco . . . . .	» 284
§ 18. La lavorazione dello zinco . . . . .	» 286

## CAPO VIII.

## I vetri.

§ 1. Le generalità . . . . .	» 287
§ 2. La fusione e la fabbricazione del vetro. . . . .	» 288
§ 3. La fabbricazione delle lastre e dei tubi di vetro . . . . .	» 289
Tavola bibliografica . . . . .	» 292

**La costruzione dei muri.**

Le generalità. . . . . pag. 297

**CAPO I.****I muri di pietra.**

§	1. I muri di ciottoli e i muri greggi o di pietrame informe . . . . . »	299
§	2. I muri di pietrame grossolamente lavorato . . . . . »	301
§	3. I muri di pietra concia ed i muri di pietra da taglio . . . . . »	302
§	4. La posa in opera delle pietre da taglio. . . . . »	305
§	5. I collegamenti delle pietre nei muri in pietra da taglio . . . . . »	307

**CAPO II.****I muri laterizi.**

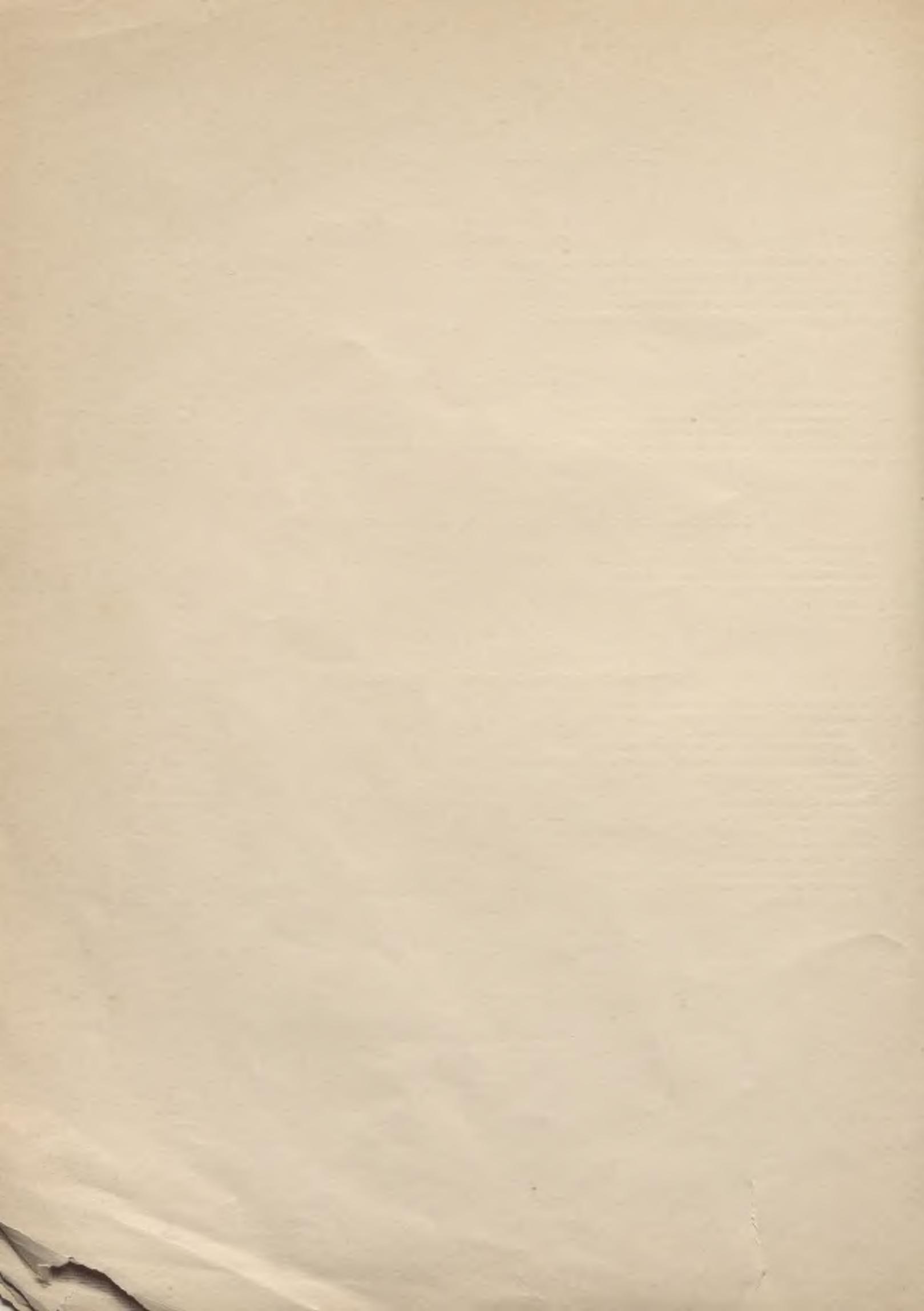
§	1. La costruzione dei muri di cotto . . . . . »	309
§	2. La disposizione dei mattoni nei muri . . . . . »	310
§	3. La disposizione dei mattoni nei pilastri isolati . . . . . »	311
§	4. La disposizione dei mattoni forati nei muri pieni e dei mattoni pieni nei muri forati . . . . . »	313
§	5. La disposizione dei mattoni nei muri intelaiati . . . . . »	314

**CAPO III.****I muri di calcestruzzo, i muri di terra ed i muri di struttura mista.**

§	1. Le generalità. . . . . »	316
§	2. La costruzione dei muri di calcestruzzo all'asciutto . . . . . »	316
§	3. La costruzione dei muri di cemento armato. . . . . »	318
§	4. La costruzione dei muri di terra . . . . . »	319
§	5. I muri listati. . . . . »	320
§	6. I muri rivestiti . . . . . »	321

**CAPO IV.****Le norme che regolano la costruzione dei muri.**

§	1. La determinazione dello spessore dei muri . . . . . »	322
§	2. La condotta dei lavori nella esecuzione dei muri. . . . . »	323
§	3. Gli strumenti del muratore . . . . . »	324
§	4. Il trasporto orizzontale dei materiali nel cantiere. . . . . »	327
§	5. L'innalzamento dei materiali nei cantieri, la leva ed il martinetto . . . . . »	330
§	6. La carrucola ed il paranco . . . . . »	334
§	7. L'argano . . . . . »	339
§	8. L'antenna, la capra e la gru. . . . . »	342
§	9. I ponti di servizio . . . . . »	346
§	10. I castelli per l'innalzamento ed il trasporto degli edifici . . . . . »	357
§	11. Le puntellature . . . . . »	360
§	12. I castelli per le campane . . . . . »	362
§	13. La costruzione dei condotti da fumo nei muri . . . . . »	364
§	14. La costruzione dei cornicioni . . . . . »	366
	Tavola bibliografica . . . . . »	372



# I LAVORI DI TERRA ED IL CANTIERE

## CAPITOLO I.

### LE GENERALITÀ

Le costruzioni edilizie si compongono con varie strutture, alcune delle quali occupano uno spazio situato al di sopra del livello naturale del terreno nel quale sono costruite, altre occupano uno spazio situato al di sotto di questa superficie e prendono propriamente il nome di *fondazioni*. Comunemente col nome di fondazioni si comprendono non solo tutte le strutture del sottosuolo destinate a sostenere un edificio, ma bensì tutte le operazioni che sono necessarie per l'esecuzione delle medesime; fra queste operazioni figurano i lavori di terra, i quali generalmente precedono quelli di costruzione delle fondazioni propriamente dette.

Per *lavori di terra* o *di sterro* si intendono tutti quelli necessari per rimuovere la terra o le rocce che costituiscono la superficie naturale del terreno, allo scopo di ottenere dei cavi adatti a contenere le strutture di fondazione o a potervi erigere un piano di fabbrica, che si chiama *piano sotterraneo*, ovvero a costituire una piattaforma sulla quale si possa erigere tutta intera una fabbrica.

Ogni lavoro di sterro comprende: 1) La *smovitura* o *sminuzzamento* del terreno avente per oggetto di distruggere la coesione dei materiali, rendendoli sciolti o in frammenti, se sono rocce, capaci di potersi trasportare; 2) il *paleggiamento*, operazione che segue dietro alla smovitura della terra, che consiste nel rimuovere la terra già smossa, versandola in un sito prossimo a quello della cava; 3) il *carico* ossia il versamento dei materiali nei veicoli da trasporto; 4) il *trasporto*; 5) il *discarico* cioè il vuotamento dei materiali nel luogo di deposito.

Rispetto all'ambiente circostante agli scavi i lavori di terra prendono il nome di *sterri a cielo scoperto*, *sterri in galleria*, *sterri per pozzi* e *sterri subacquei*. Fra questi sterri sono più frequenti quelli a cielo scoperto, anzi si può dire che non havvi costruzione senza che sia necessario di praticare questi sterri.

#### § 1.

##### LA CONOSCENZA DEL TERRENO.

Pria di iniziare i cavi di terra destinati a contenere determinate opere di fondazione, fa d'uopo indagare quale sia la natura intrinseca del terreno e la resistenza che esso sia capace di offrire contro il peso dell'edificio che deve sostenere. L'architetto si forma un primo concetto superficiale della natura del terreno facendo una esplorazione nei suoi dintorni, osservando attraverso i crepacci naturali e le trincee artificiali praticate, ove ne fossero, per strade, canali, ecc., la natura geologica del medesimo. A questo scopo providenziali si presentano i pozzi, ove ne siano nei dintorni, e gli indizi che si possono raccogliere per bocca dei vicini, e specialmente dei costruttori di edifici contigui, i quali hanno dovuto praticare indagini simili, poscia avvalorate dalle opere di costruzione. Nè è scevro di importanza lo apprendere la storia del terreno, se questo, cioè, abbia mai subito modificazioni naturali o per effetto della mano dell'uomo, ed il conoscere i corsi d'acqua sotterranei, i quali possono nuocere alle fondazioni, e possono anche essere

causa. qualora esistono, di una maggiore spesa nel praticare le fondazioni. Vanno anche studiate le locali abitudini di fondare, e tutte le notizie raccolte, che abbiamo enunciate, vanno messe in relazione ad una accurata osservazione degli edifici prossimamente costruiti; così facendo, è possibile farsi spesso volte un giusto criterio circa il genere delle fondazioni da seguire senza avere bisogno di ulteriori ricerche.

È naturale che la conoscenza del suolo va estesa fino ad una certa profondità, specialmente fino a che non si è sicuri di conoscere l'esistenza di uno strato solido capace di sopportare il peso dell'edificio. Spesso avviene che questo strato sia molto profondo, per cui le spese di scasso del terreno e quelle di trasporto degli sterri riescono considerevoli; in simili casi non sempre conviene di fondare oltre un certo limite di profondità, poichè, come vedremo, con opere speciali è possibile rendere consistente e solido uno strato di terreno che naturalmente non lo fosse.

Finalmente in non cale devesi tenere la giacitura degli strati, fossero pur'essi resistenti abbastanza da sopportare un edificio. Poichè è naturale che se gli strati seguono nel loro pendio quello stesso del terreno, il peso di una fabbrica ad essi sovrastante potrebbe determinare, in speciali condizioni, uno scivolamento degli uni sopra gli altri, e quindi una frana che porterebbe in rovina l'edificio; se gli strati, invece, presentano il loro pendio normale a quello naturale del terreno, o comunque inclinati verso l'interno della collina, il franamento dei medesimi difficilmente potrebbe avere esito fatale. Quanto più è grande il peso di una fabbrica o di una sola parte di questa, tanto più il costruttore deve formarsi un criterio più giusto della natura del terreno e del suo grado di resistenza, eseguendo indagini più accurate e scandagli più profondi.

Varie sono le maniere di scandagliare il sottosuolo, quando in vicinanza non si abbiano trincee nè pozzi, nè dati sicuri provenienti da costruzioni. L'esplorazione più sicura si fa procedendo alla escavazione di fosse o di pozzi della superficie di un metro quadro circa. Si spingono questi pozzi fino a che non si riscontra uno strato che offra solida resistenza, ed anche fino a certa profondità di questo, per essere sicuri che esso abbia uno spessore sufficiente per sopportare il nuovo peso.

Se l'estensione del terreno sul quale si deve fabbricare è piuttosto forte, converrà praticare diversi di questi assaggi, alla distanza di 20 metri

circa l'un dall'altro, disponendoli preferibilmente verso la periferia. Qualora il terreno è coperto dalle acque ovvero è attraversato da acque sotterranee, difficilmente può tenersi questo sistema di esplorazioni del sottosuolo; però esso è prescritto quando si può e sia il caso di dovere costruire edifici di oltre una certa importanza, perchè, per quanto riesca costoso, in compenso non lascia alcun dubbio.

Per profondità molto forti, oltre i 15 o i 20 metri, i pozzi riescono di spesa non indifferente che, in certi casi, secondo l'entità dell'edificio, bisogna evitare. Si può ricorrere, allora, alla trivellazione del terreno, eseguendo delle perforazioni simili a quelle che si praticano per la costruzione dei pozzi artesiani, per mezzo delle trivelle. Queste, mentre danno un criterio abbastanza esatto circa la resistenza dello strato di terreno perforato, la loro estremità porta seco le traccie della roccia perforata, dalle quali può desumersi la sua costituzione.

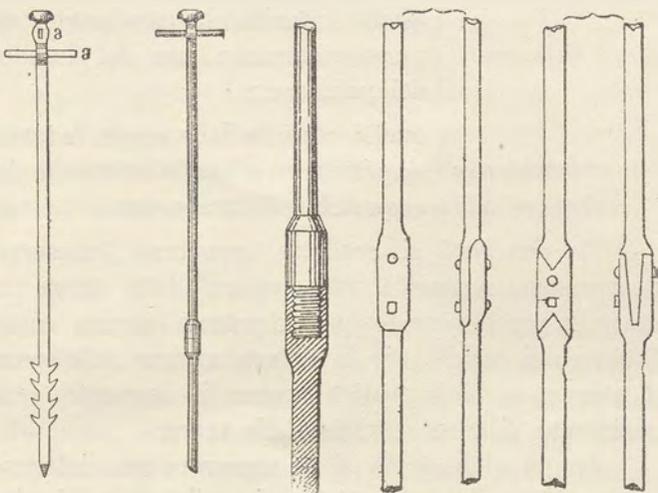
Soventi adunque si eseguono gli assaggi del terreno praticando dei fori ristretti e profondi per mezzo di strumenti speciali che si chiamano *scandagli* o *tente*.

Per *tenta* ordinariamente si intende una sbarra di ferro grossa circa 4 centim.: arrotondata o prismatica, terminante a punta di acciaio ad una estremità (fig. 1) ed all'altra provvista di una capocchia adatta a ricevere dei colpi di mazza o di maglio, mediante i quali si conficca a viva forza nel terreno che si vuole esplorare e quindi si tira fuori per mezzo di una capra. Verso l'estremità acuminata questo palo porta alcune addentature le quali, nel risalire della sbarra, portano seco, attaccate, delle parti di terra dello strato attraversato.

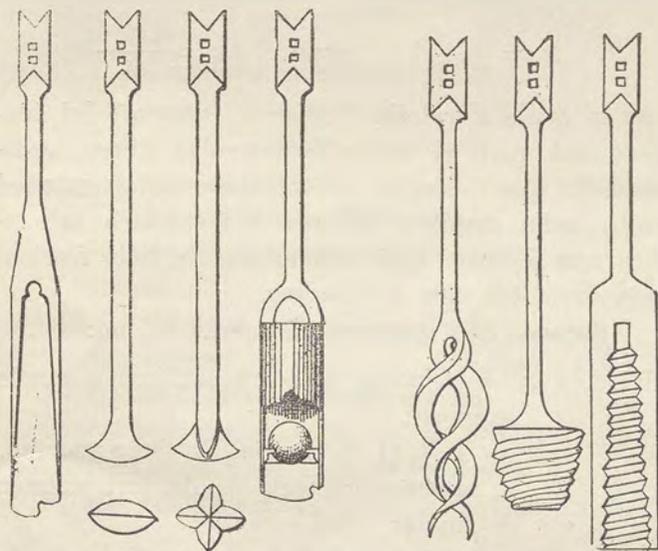
È naturale che questo scandaglio non si possa adoperare che in terreni facili e superficiali; la sua manovra, mediante le due biette *a*, ortogonali fra loro e normali all'asse, che attraversano i due occhi di cui è provvista l'asta al di sotto della capocchia, non riuscendo facile, nè offrendo le sue indicazioni una grande certezza, questo strumento è fra quelli meno usati.

La *tenta da minatore* giunge a maggiore profondità. Essa si compone di più sbarre del diametro intorno a 3 centim., che si uniscono alle estremità, l'una sul prolungamento dell'altra (fig. 2), mano mano che si vanno approfondendo nel terreno. Si manovra questa *tenta* battendola come la precedente e girandola mano ad ogni colpo che riceve.

I collegamenti dei suoi pezzi possono essere vari; i più comuni sono quelli indicati nelle fig. 3, 4, e 5, mentre l'estremità inferiore è provvista di una punta che varia secondo la natura della roccia. Così la *trivella* (fig. 6),



simile a quella dei legnaiuoli, del diametro di 6 centim. che si impiega per i terreni anche consistenti, epperò per le terre comuni o di riporto, per le sabbie, ecc. lo *scalpello* o *trapano* con uno o due fendenti (fig. 7)



usato dai minatori, che si impiega, battendolo e girandolo contemporaneamente di poco, anche per le rocce più dure i cui frammenti si estraggono per mezzo di un cucchiaio a lungo e sottile manico; l'*imbuto a sabbia* (fig. 8) costituito da un cilindro cavo di ferro, tagliente nell'orlo basso, dimezzato internamente da

un disco forato, nel quale si applica a guisa di valvola una palla sferica, che si adopera per terreni attraversati dalle acque e dei quali si voglia avere un assaggio alla profondità desiderata, dopo avervi praticato il foro a mezzo della trivella.

Per tirar fuori i frammenti di roccia può convenientemente usarsi un ordigno simile a quello del cavapalle (fig. 9); così per tirare fuori i tubi di incamicatura si adopera la *vite conica d'acciaio* (fig. 10) e per estrarre le aste di tente avariate all'atto dell'introduzione si fa uso della *campana conica a vite d'acciaio* (fig. 11).

L'uso della tenta deve prosciversi allorchè si tratti di praticare degli assaggi in terreni sciolti, od attra-

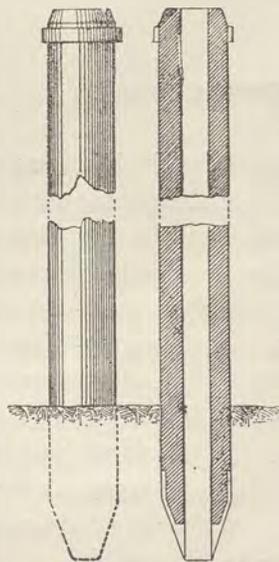
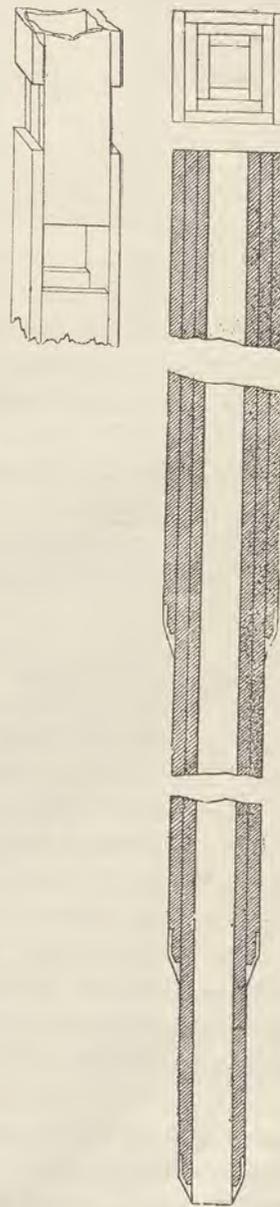


Fig. 13.

versati dalle acque, poichè nei terreni fangosi il foro praticato mediante la comune trivella si riempirebbe tosto che l'ordigno vi penetrasse. Per profondità non molto sensibili si può efficacemente adoperare un palo di legname di 20 centim. circa di diametro, forato nel senso della sua lunghezza (fig. 12) provvisto di punta di ferro tagliente lungo l'estremità inferiore, e di anello di ferro in testa per resistere all'urto della

mazza o del maglio. Sovrapponendo diversi pali si può raggiungere la profondità di 8 a 10 metri. Per profondità maggiori si possono impiegare tubi di ferro; un primo tubo di ferro con l'estremità inferiore foggiate a scalpello viene conficcato nel terreno quasi per intero. A questo tubo se ne unisce un secondo mediante un manicotto costituito da un tubo di ferro simile, avente il diametro interno eguale a quello esterno del tubo precedente. Anche questo tubo manicotto termina inferiormente a scalpello per facilitare l'introduzione nel terreno. Quando tutto il tubo così armato è affondato, si aggiunge un terzo tubo sul prolungamento dei primi due, quindi uno sul prolungamento del primo manicotto, ed il tutto si collega con un secondo manicotto e così via di seguito. Con questo sistema si può arrivare a grandi profondità, anche se invece di tubi di ferro si volessero usare delle casse di tavole di quercia, dello spessore di metri 0,05, come sono indicate nella fig. 13. Mano mano che questi ordigni si approfondiscono, se ne leva la materia contenuta nell'interno con appositi cucchiai o per mezzo dell'imbutto che abbiamo innanzi descritto (fig. 8).

## § 2.

### LA CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE.

Dipendentemente dalla resistenza che le terre presentano nel farsi scavare, queste si classificano secondo il numero dei terraiuoli o rompitori che sono necessari per ogni paleggiatore che ne rimuove la terra scavata. Si raggiunge una notevole economia nei lavori di sterro se si evitano i perditempi nel lavoro degli operai terraiuoli e dei paleggiatori. Non si hanno perditempi se ad un dato numero di paleggiatori si fa corrispondere un numero di terraiuoli proporzionale alla resistenza opposta del terreno a farsi scavare, affinché la terra smossa da questi sia nello stesso spazio di tempo paleggiata da quelli.

Dapprima i pratici distinguevano le terre in:

<i>terre leggiere</i>	}	quelle che non possiedono alcuna
		aderenza, come le sabbie, le arene, ecc., e che perciò non esigono alcun lavoro di smovimento;
<i>terre ordinarie</i>	}	i terreni vegetali e quelli sciolti che
		presentano una piccola aderenza, epperò richiedenti poca fatica per essere smossi;

<i>terre forti</i>	}	i terreni argillosi e cretosi che asciutti si presentano duri e allorchè sono bagnati si attaccano agli strumenti; richiedono una maggiore fatica per la smovitura;
<i>terre tufaree</i>		quelle indurite che per essere rimosse richiedono l'uso del piccone, dei pali, ecc.;
<i>terre pantanose</i>	}	quelle coperte dalle acque, le terre acquitrinose e quelle intenerite da acque che l'attraversano.

Da che però si credette opportuno conoscere l'espressione numerica della natura della terra (in uomini), perchè questo numero potesse entrare come fattore nei calcoli, per la determinazione delle spese di sterro, suolsi in pratica tenere il seguente procedimento di classificazione delle terre.

Da un abile uomo si fa smuovere un determinato volume di terra, misurandone il tempo  $t_1$  impiegato per tale scasso; da un altro uomo si fa paleggiare il terreno smosso dal primo e si misura il tempo  $t_2$  che impiega in questo lavoro; poichè il rapporto  $\frac{t_1}{t_2}$  ci dà il numero dei rompitori che occorre assegnare ad ogni paleggiatore, il numero totale degli uomini sarà

$$x = \frac{t_1}{t_2} + 1 \quad \text{ossia} \quad x = \frac{t_1 + t_2}{t_2}$$

con la quale si calcola l'indice  $x$  (*uomini*) del terreno nel quale si vuole praticare lo sterro, sostituendo a  $t_1$  e  $t_2$  i valori trovati sperimentalmente sul posto nella maniera indicata. Nel valutare tale indice non si tiene conto ordinariamente delle frazioni inferiori a 0,5 cioè a  $\frac{1}{2}$  uomo.

Secondo dati sperimentali corrispondono:

all'indice  $x = (1 \text{ uomo})$  le terre sabbiose e quelle leggiere;

»  $x = 1 \frac{1}{2}$  ( $1 \frac{1}{2}$  uomini) le terre vegetali, le sabbie contenenti  $\frac{1}{10}$  del loro volume di ghiaia;

»  $x = 2$  ( $2$  uomini) le terre vegetali, le sabbie aventi più di  $\frac{1}{10}$  del loro volume di ghiaia;

»  $x = 2 \frac{1}{2}$  ( $2 \frac{1}{2}$  uomini) le terre forti, le terre argillose e quelle cretose aventi  $\frac{1}{3}$  del loro volume di ghiaia e ciottoli;

»  $x = 3$  ( $3$  uomini) le terre forti con  $\frac{1}{3}$  del loro volume di ghiaia e ciottoli;

all'indice  $x = 4$  (4 uomini) i tufi teneri;  
 »  $x = 5$  (5 uomini) i tufi tenaci e lapidei.

In questi indici si intende compreso un uomo per paleggiare la terra; il valore rimanente indica il numero dei terraiuoli da adattarsi al paleggiatore per avere un lavoro continuo e spedito.

### § 3.

#### L'ESCAVAZIONE DELLE TERRE, I DATI DI COSTO DELLO SCAVO E LA DISTANZA MEDIA DEI TRASPORTI.

Nella pratica degli sterri si comprendono i due lavori di smovimento delle terre col relativo sminuzzamento mediante zappe, picconi, ecc. a seconda della resistenza che offrono per essere rimosse dal loro posto, e di versamento con la pala od altro strumento per ammonticciarle ad una certa distanza dal sito onde furono rimosse, per essere poi caricate sopra i veicoli da trasporto. Il primo di questi lavori chiamasi propriamente *rompimento* delle terre il secondo *paleggiamento*.

Il costo del lavoro di rompimento, praticato a braccia d'uomo, per metro cubo di terra, espresso in funzione della giornata di mercede  $L$  di un operaio che lavora 10 ore, ascende:

- a) Terre sciolte di qualunque specie, compreso il paleggiamento. . . . 0,08 a 0,10  $L$
- b) Terre forti mediamente compatte (pel solo rompimento). . . . . 0,15 a 0,20  $L$
- c) Terre compatte dure da lavorare col piccone (pel solo rompimento) . . . . . 0,24 a 0,30  $L$
- d) Rocce tenere e friabili (pel solo rompimento) . . . . . 0,40 a 0,60  $L$
- e) Rocce da mina di media durezza (pel solo rompimento) . . . . . 0,80 a 1,20  $L$
- f) Rocce da mina molto dure (pel solo rompimento). . . . . 1,30 a 1,60  $L$

Se il rompimento si pratica dentro pozzi questi coefficienti si raddoppiano: si aumentano del 15% se si tratta di terre inzuppate nei casi a) b) c), e dell'importo di 0,3 a 0,8 Kgr. di polvere ovvero dell'importo di 0,13 o 0,35 Kgr. di dinamite per le rocce cavate con la mina, misurate pria della cavatura.

Per il paleggiamento, sia che questo consista nel trasporto orizzontale con la pala fino a 4 metri

di distanza o nel trasporto verticale fino a metri 1,60 di altezza si ha un prezzo di costo che si può calcolare:

Per le terre . . . . . 0,06 a 0,07  $L$   
 Per le rocce . . . . . 0,08 a 0,09  $L$ .

Il costo totale va inoltre aumentato dal 3 al 4% per spese generali nel caso di terre di qualsiasi specie, e dall'8 al 12% nel caso delle rocce.

Nella seguente tabella si ha la quantità media approssimativa di sterro che un lavorante di ordinaria robustezza può scavare e paleggiare in una giornata di 10 ore di lavoro:

QUALITÀ DELLE TERRE	Cubatura	Distribuzione delle 10 ore impiegate	
		nello scavo ore	nel paleggiamento ore
Terre sciolte di diverse specie. . . . .	7.70	6.25	3.75
Terre forti mediamente compatte. . . . .	6.00	6.70	3.30
Terre compatte dure . . . . .	5.25	7.10	2.90
Rocce tenere . . . . .	4.80	7.00	3.00
Rocce di media durezza . . . . .	2.85	8.40	1.60
Rocce dure . . . . .	2.00	8.80	1.20

Anche la distanza dei trasporti entra a fattore nella valutazione del costo totale degli sterri. La distanza di trasporto in un grande sterro varia per ciascuna sua massa elementare. Nel valutare il costo del trasporto di uno sterro, entrano a fattore queste distanze. Nei trasporti di terra si chiama *distanza media* quella distanza fittizia  $D$  tale che si possa supporre comune a tutte le masse elementari. Potendosi calcolare tale distanza media, riesce facile valutare il costo del trasporto dell'intero volume, che sarà  $pVD$ , se con  $V$  intendiamo il volume totale dello sterro e con  $p$  il costo di trasporto dell'unità di massa per l'unità di distanza.

Dividendo il volume totale di sterro nei volumi elementari  $v_1, v_2, v_3, \dots, v_n$  sufficientemente piccoli da potere ritenere, senza grave errore, che le singole parti di ciascuno di essi percorrano eguali distanze, che chiameremo rispettivamente per  $d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ , sarà

$$p(v_1 d_1 + v_2 d_2 + v_3 d_3 + \dots + v_n d_n) = pVD$$

il costo del trasporto dell'intero volume. Da questa espressione ricaviamo il valore della distanza media

$$D = \frac{v_1 d_1 + v_2 d_2 + v_3 d_3 + \dots + v_n d_n}{V}$$

e per  $v_1 = v_2 = v_3 \dots = v_n$

$$D = \frac{(d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n) v}{V} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n}$$

con la quale si calcola la distanza media  $D$  necessaria per valutare il costo del trasporto  $p V D$ .

Se il trasporto (1) si fa in linea orizzontale o discendente, la distanza media del trasporto è in ogni caso lo sviluppo della proiezione orizzontale  $d$  della linea congiungente i centri di gravità della massa di sterro e di riporto.

Se il trasporto si fa in ascesa, ed  $h$  è la differenza di livello, si suole aggiungere alla proiezione

orizzontale  $d$  della strada una quantità  $= 6h$  per i trasporti con carriuole a mano,  $4h$  per trasporto con carri a cavalli, su strade sistemate con ghiaia,  $8h$  a  $10h$  sopra strade in terra più o meno dura,  $8h$  su un binario. Nei trasporti con carriuole o carretti su strade ascendenti, si può anche approssimativamente ritenere che ogni metro di altezza equivalga a 18 metri di distanza orizzontale per carriuole e carretti a mano su rampe di  $\frac{1}{12}$ ; e nel caso di carretti a cavallo, 16 metri su buone strade ritenute a  $\frac{1}{12}$  e 24 a 30 metri su terreno duro o molle in rampa di  $\frac{1}{16}$  a  $\frac{1}{20}$ . Così ad esempio, per il trasporto con carriuole su rampe di  $\frac{1}{12}$ , se si tratta di portare la terra a 120 metri di distanza orizzontale, sollevandola a  $\frac{1}{12}$  di 120 metri ossia a 10 metri di altezza, la distanza ridotta sarà  $= 18 \times 10 = 180$  metri,

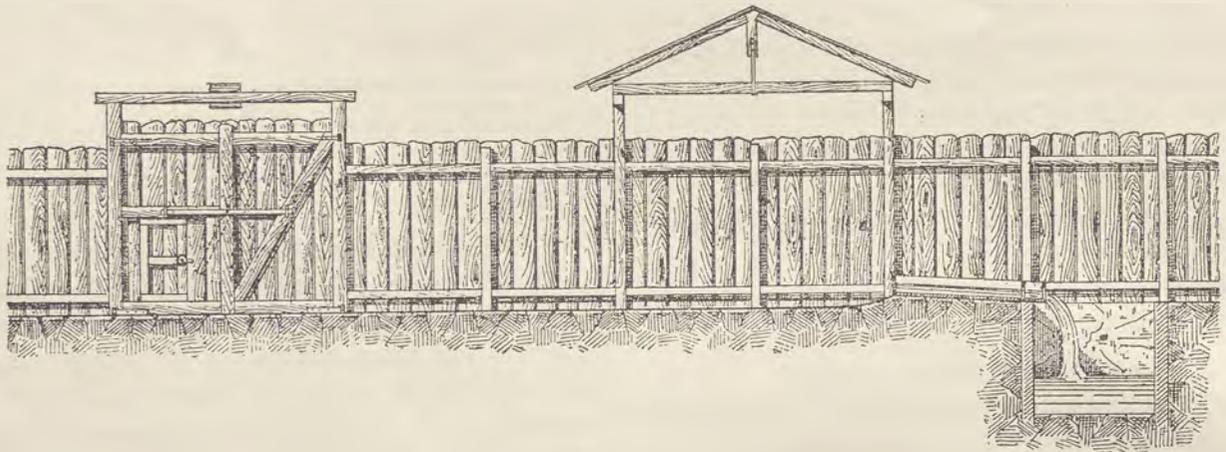


Fig. 14. — Lo steccato.

#### § 4.

##### I. CANTIERE.

Prima di procedere ai lavori di sterro, necessario per la stabilitura delle fondazioni e dei piani sotterranei, si cinge il terreno destinato alla fabbricazione con uno steccato, sviluppantesi lungo i confini e ad una distanza non inferiore a 3 metri da questi, per avere intorno, tra gli scavi e lo steccato, uno spazio sufficiente per contenere i ponti di servizio per la costruzione dei muri d'ambito. Questo spazio, per la maggior parte dei casi, appartiene alle vie pubbliche od a proprietà contigue, ed allorchè per condizioni speciali della proprietà fabbricabile non fosse possibile occupare tale zona sufficientemente ampia, suolsi costruire lo steccato prossimo al confine dei lavori di

terra ed i ponti di servizio a sbalzo, al di fuori dello steccato.

Lo steccato (fig. 14) è alto ordinariamente 3 metri, se con esso si vuole con sicurezza precludere il cantiere, ed è costituito da una palancata di tavole grezze chiodate a travicelli (*correnti*), sostenuti da ritti verticali pure di legno, situati a distanza di 3 a 4 metri l'un dall'altro, conficcati nel terreno per metri 0,50. I correnti sono due, situati rispettivamente in cima e al piede dei ritti e talvolta possono anche omettersi, per inchiodare le tavole disposte orizzontali direttamente ai ritti, che allora si collocano a metà distanza di tavole almeno.

Lo steccato deve avere sufficiente stabilità per resistere all'azione dei venti, per cui a questo scopo spesso si puntellano i ritti con saettoni disposti dalla parte interna del cantiere, e deve essere provvisto di

(1) COLOMBO, Manuale dell'ingegnere.

una porta grande, larga non meno di metri 3, ond'essa riesca carreggiabile, a due battenti, munita di sportelli per il passaggio delle persone ed apribile verso l'interno. Una sbarra, unita con un perno ad una delle imposte della porta, e che si ferma all'altra per mezzo di un lucchetto, è sufficiente per tenere chiusa la porta. Le due imposte si articolano sopra cardini conficcati in due ritzi più grossi degli altri.

L'impianto del cantiere è regolato secondo l'importanza dell'opera da costruire, secondo la natura dei principali materiali che si impiegano nella costruzione, e secondo le macchine ed i meccanismi di cui si dispongono per la distribuzione dei materiali medesimi al piede dei lavoranti. Poichè la disposizione delle singole parti di un cantiere esercita una influenza essenziale sul buon andamento dei lavori, così è che nei lavori di una certa importanza non si tralascia dal compilare un preventivo piano di disposizione del cantiere, il quale in linea di massima deve comprendere i seguenti impianti:

- 1.º Piazzali di deposito e da lavoro;
- 2.º Baracche per gli uffici, baracche da lavoro, tettoie e magazzini;
- 3.º Strade di servizio;

ai quali si aggiungono anche gli alloggi ed i refettori per gli impiegati e gli operai, qualora la nuova costruzione sia lontana dalla città.

## 5.

## I PIAZZALI DI DEPOSITO E DA LAVORO.

In prossimità della porta di ingresso al cantiere va eretto un casottino provvisto di *basculla* o di *pesa carri a catena* (fig. 15), con la quale i carri, portanti i materiali, possono essere controllati nel loro peso e registrati in apposito libro (*bollario*) a madre e figlia, tenuto dal magazziniere, il quale ne distacca quest'ultima che viene data come ricevuta al conducente, mentre la matrice resta nel bollario.

I materiali si depositano in locali più o meno vasti, a seconda della loro entità, scelti per lo più negli spazi perimetrali o nei cortili in posizione comoda sia rispetto la porta di ingresso del cantiere, sia riguardo alle località, dove i materiali devono essere messi in opera; così si avrà cura di deporre la sabbia vicino alla località dove si bagna la calce, le pietre ed i mattoni in prossimità delle andatoie che conducono ai ponti di servizio, i legnami in luogo

asciutto ed aereato, procurando in ogni caso di deporre i materiali nell'ordine con cui vengono impiegati, che questi possano distinguersi facilmente dalla loro forma e colore, e che infine la scelta del luogo sia tale che l'assistente ai lavori possa facilmente sorvegliare i manovali che vanno a caricarli, stando magari nel suo posto abituale. Se queste norme non si osservano, sovente la ricerca dei materiali riesce faticosa, con grave perdita di tempo e di denaro, e con probabilità i materiali stessi potranno essere posti in opera erroneamente.

I materiali che prima di essere messi in opera

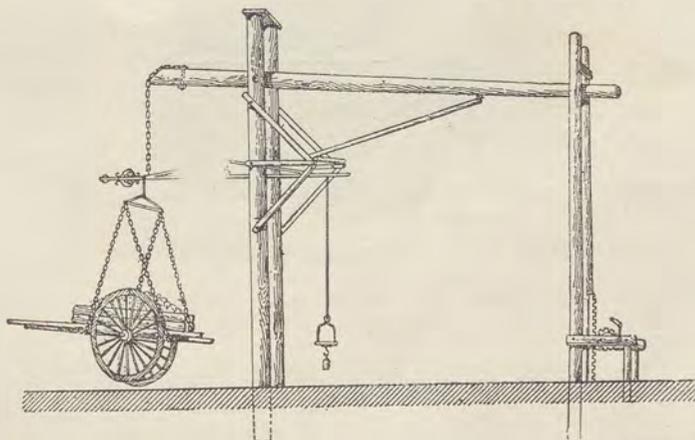


Fig. 15. — Il pesa carri a catena.

devono subire una lavorazione, vanno situati in prossimità dei piazzali da lavoro, così i legnami vanno depositati per modo che essi possano, rotolandosi, giungere al sito di lavoro, senza che debbano essere assoggettati a movimenti di giramento, nè a grandi percorsi.

Le pietre da taglio vanno deposte direttamente nel piazzale degli scalpellini, per evitare dispendiosi trasporti di grossi blocchi e si avrà cura di deporli a distanza tale, l'una dall'altra, che lo scalpellino vi possa facilmente girare intorno per lavorarle.

La fig. 16 ci rappresenta la pianta di un cantiere di non grandi proporzioni, quale esso si addice per la costruzione di un piccolo edificio. Diamo qui il significato delle varie parti in esso contenute, oltre lo steccato disposto all'ingiro: 1), 2), 3), gli ambienti per l'ufficio di direzione e dell'impresa, pel magazzino e magazziniere; 4) ingresso e pesa carri; 5) depositi di sabbia; 6) deposito di calce viva; 7) fosse per l'estinzione della calce; 8) serbatoio d'acqua e tinozza; 9) deposito di pietrame; 10) deposito di le-

gnami; 11) deposito dei mattoni accatastati; 12) latrina; 13) andatoria di discesa nel piano dello sterro generale.

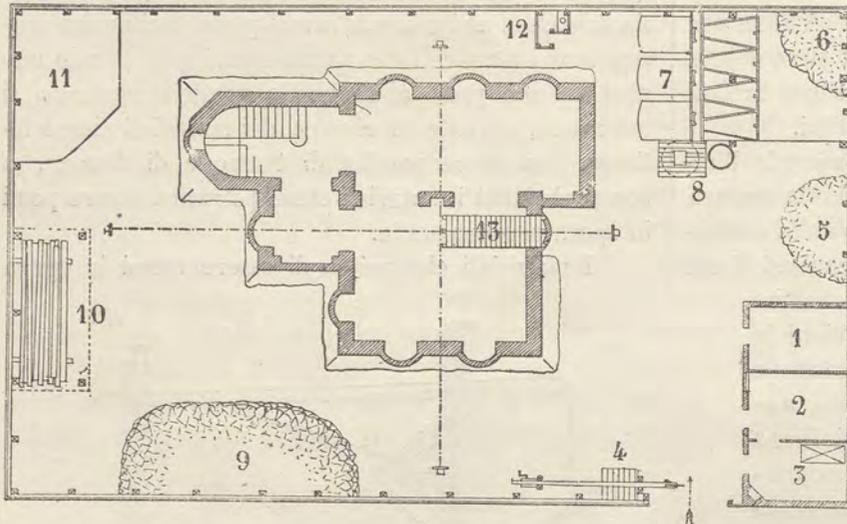


Fig. 16. — La pianta di un cantiere.

### § 6.

#### LE BARACCHE PER GLI UFFICI E DA LAVORO. MAGAZZINI.

Non sempre lo spazio permette di poter sviluppare tutte le parti di cui essenzialmente dovrebbe costituirsi un cantiere per il buon andamento dei lavori. Le baracche degli uffici di direzione e dell'impresa vengono spesso sostituite dai primi locali allestiti nella fabbrica, che a tale scopo si coprono, si chiudono e si completano convenientemente anzitempo.

Allorchè esse vengono costruite a parte della fabbrica, la loro struttura non può essere che provvisoria, e però vanno costruite in maniera economica, corrispondentemente al tempo durante il quale esse devono funzionare. Mentre nel caso della fig. 16 gli uffici di direzione e dell'impresa sono ridotti ad un solo ambiente, nella fig. 17 è dato l'elevato e la pianta di una *baracca per la direzione dei lavori*, avente il pavimento sopralevato di m. 0,50, con zoccolo in muratura dello spessore di metri 0,25, con pareti costituite da telaio di travi, conficcate metri 0,50 nel terreno, e tramezze di mattoni dello spessore di metri 0,14 e terminante con una leggiera struttura di tetto, poggiante sopra correnti sostenute dai ritti, la copertura della quale è fatta di tavole e di un sovrapposto strato di lamiera ondulata di ferro ovvero

semplicemente di uno strato di cartone o di tela imbevuta di catrame. In questa figura indicasi: 1) passaggio; 2) ufficio degli ingegneri; 3) ufficio degli assistenti; 4) guardaroba; 5) latrina.

Nella fig. 18 è dato un tipo di *baracca per l'impresa*, costruita in maniera analoga, nella quale indicasi: 1) ufficio dell'impresa; 2) ambiente per il magazziniere e per deposito di attrezzi minuti; 3) magazzino di deposito di attrezzi voluminosi.

Tanto la baracca dell'impresa, quanto quella per la direzione dei lavori, vanno collocate in prossimità della fabbrica e della porta di ingresso del cantiere, per modo che si possa facilmente controllare il traffico durante il giorno e custodire il cantiere durante la notte; perciò saranno munite di ampie e numerose finestre, perchè la sorveglianza possa esercitarsi dal personale anche mentre sta intento a scrivere ovvero a consultare disegni. Omettendo i ritti di le-

ovvero a consultare disegni. Omettendo i ritti di le-

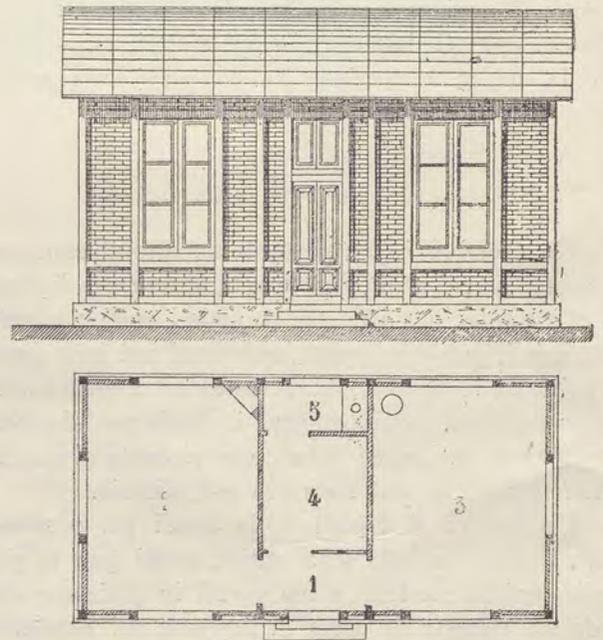


Fig. 17. — La camera per la direzione.

gname la struttura di queste baracche può ridursi più economica; in tal caso si possono fare i muri esterni grossi 25 cent. di mattoni che si murano con calce

fino all'altezza di metri 0,50, e con semplice argilla il resto. Così facendo anche il disfaccimento del materiale all'atto della loro demolizione riesce più facile.

Le *baracche da lavoro* sono costruite in maniera ancora più economica, bastando per esse una leggiera orditura di travi e di tavole nei paramenti. Si farà sempre in modo che a lavoro compiuto queste baracche si possano disfare e facilmente ricostruire in altro sito, senza che il materiale venga notevolmente danneggiato. A tale scopo le unioni ed i collegamenti dei legnami si eseguono accuratamente secondo buone regole d'arte.

Le *tettoie da lavoro* sono spazi riparati dalla pioggia e servono per quei lavori che non possono eseguirsi all'aperto. Alle tettoie da lavoro vanno uniti i magazzini, che sono spazi chiusi destinati a contenere depositi di materiali ovvero a custodire gli attrezzi e gli arnesi che si impiegano durante la costruzione.

Nei grandi cantieri le tettoie da lavoro comprendono le fucine, le officine pei fabbri, pei falegnami, per i carpentieri e per gli scarpellini, nonchè il deposito delle calce. La struttura di queste tettoie consiste per lo più in una orditura di travi e di tavole

che dell'impresa e della direzione. Nella fig. 19 è rappresentata la baracca o tettoia per il deposito delle calce vive, la quale va situata in prossimità del

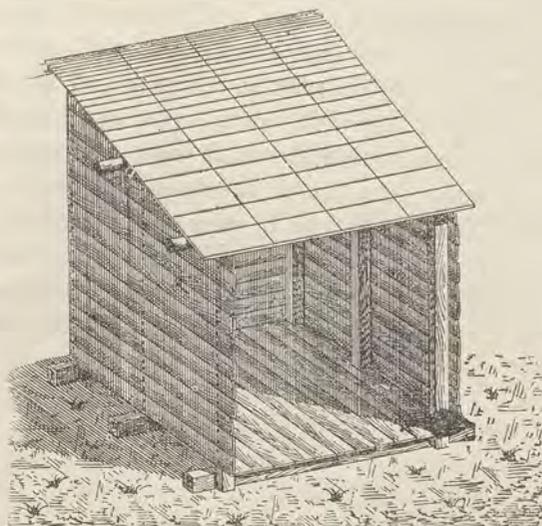


Fig. 19. — La tettoia per le calce vive.

luogo destinato alla estinzione della calce ed all'impasto delle malte.

Devesi mantenere finalmente il massimo ordine nella deposizione degli attrezzi e degli arnesi nei magazzini, per modo che a prima vista questi possono essere rintracciati, e di aver cura alla loro manutenzione, pria che vengano depositi nel magazzino, per averli pronti e servibili ad ogni richiesta. Così gli oggetti minuti si conservano in casse o in barili; le taglie, le funi, le catene, ecc., si attaccano a uncini o a sbarre di ferro, in modo che riescano protette dall'umidità.

Si costruiscono le tettoie anche prive delle pareti verticali; si hanno così i *piazzali da deposito coperti*, che possono servire per il deposito della calce, del gesso, dei cementi, ecc. nonchè dei legnami e talvolta delle pietre; non di rado anche il piazzale per la confezione delle malte va coperto da tettoia.

## § 7.

### LE STRADE DI SERVIZIO.

A seconda della grandezza del cantiere e dell'importanza dei movimenti di terra e dei materiali, si dispongono in varia guisa le strade di servizio. Si impiegano i *binari di servizio* se si tratta di trasportare carichi pesanti o grande quantità di mate-

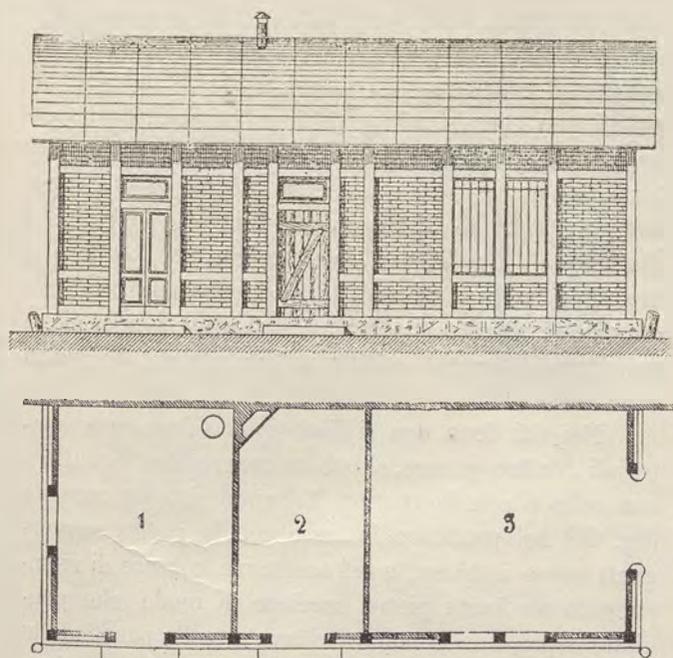


Fig. 18. — La baracca per l'impresa.

grezze; solo nei cantieri, che devono stare in piedi per diversi anni, conviene assegnare una orditura più stabile e più duratura, come quella per le barac-

riali per un percorso lungo e determinato, come avviene per lo scarico degli sterri. Se il trasporto si fa mediante carri tirati da cavalli, si disporranno *strade naturali*, se il terreno è abbastanza resistente per essere direttamente adibito quale strada di servizio, diversamente le così dette *strade artificiali* o *carreggiate*. Se il trasporto si effettua con veicoli ad una ruota o a due ruote, tirati da uomini, con carichi ridotti, riescono convenienti le *strade di legno*, collocando sul terreno uno o due file di tavole della grossezza di metri 0,05, secondo che il veicolo è ad una o a due ruote; per evitare lo sviamento dei veicoli si può munire dette tavole di un bordo laterale. Tanto per le strade che per i binari di servizio ci riferiamo a quanto più estesamente è detto trattando partitamente i movimenti di terra.

### § 8.

#### FOGNATURA DEI TERRENI.

Si hanno dei terreni che da per sé stessi sono impermeabili all'acqua; se ne hanno degli altri che, allorchè si trovano all'asciutto, presentano una forte resistenza, rendendosi incompressibili sotto il peso di una costruzione qualsiasi, mentre, se sono invasi dall'umidità o sono attraversati dalle acque, riescono compressibili, e quindi cedevoli in tutta o in parte della loro estensione epperò inutili come banco solido per poggiarvi le fondamenta dell'edificio. Onde sin dagli antichi tempi apparve la necessità di bonificare quei terreni, che presentassero la capacità di rendersi incompressibili e resistenti, mediante fognature, che avessero lo scopo di togliere l'acqua invadente e qualche volta anche l'umidità.

Importante operazione preliminare adunque per compiere una buona fondazione è quella di eseguire quell'insieme di lavori atti ad allontanare l'acqua dai fondamenti ovvero ad intercettare la strada per la quale questa invade la regione. L'acqua infiltrandosi nel sottosuolo agisce con un lavoro lento e continuo sulle strutture fondamentali, specialmente se è scorrevole, e non è raro il caso che essa abbia apportato dei guasti da mettere in pericolo la solidità del sovrastante edificio, senza potersi portare talvolta perfino riparo alla sua rovina.

La *fognatura di fondazione* adunque, oltre a facilitare la fondazione medesima e ad assicurarne la solidità e la durevolezza, ha anche uno scopo igie-

nico. Col prosciugamento delle acque del sottosuolo si rendono salubri le fabbriche e viene risanata la regione; aiuta inoltre l'aereazione del suolo per cui anche nei terreni agricoli essa viene adoperata in larga scala, giovando notevolmente ai terreni compatti che tendono a screpolarsi per la loro porosità poco uniforme.

La fognatura del terreno si compie costruendo in esso fosse o fogne adatte a smaltire l'acqua. Gli agricoltori nella loro rudimentalità usano praticare fosse aperte e profonde, le quali, provviste di una conveniente pendenza, smaltiscono le acque piovane e quelle assorbite dal terreno.

Per proteggere una regione fabbricabile dalle acque del sottosuolo basterà cingerla all'intorno, opportunamente, di dette fogne, facendole convergere in un collettore comune che serve a smaltire le acque provenienti dalle medesime.

Si costruiscono queste fogne in maniera diversa. In Inghilterra sono in uso quelle composte con tubi di terra cotta del diametro di 5 a 10 centim., lunghi 35 a 80 centim., aventi una estremità col diametro esterno circa eguale al diametro interno dell'altra, per modo che messi in opera facerò penetrare l'estremità dell'uno nella estremità opposta dell'altro, senza cemento, l'acqua vi potrà penetrare e scorrere dentro a guisa di un regolare condotto. Queste condutture si collocano entro fosse praticate nel terreno aventi una conveniente pendenza, le quali, dopo collocati i tubi, si colmano di terra, conguagliando il tutto, da non rimanere traccia alcuna di tale operazione. Talvolta si fa uso di tubi di ferro, del diametro di 3 a 5 cent., bucherellati, con fori conici aventi la cavità rivolta all'interno, per evitare la loro ostruzione. Questo sistema ha il vantaggio di lasciare fruttifero il terreno coltivo in precedenza occupato dalla fossa.

Nei siti dove non si dispongono tubature nè materiali di altro genere, si può ricorrere alla fognatura con zolle o con lo stampo. Il primo sistema consiste (fig. 20) nel praticare le fosse con le pareti convergenti verso il basso, e nel sostenere le terre di riempimento mediante pietre cacciate in modo che poggiano sopra due banchine ricavate nelle pareti delle fosse. Il secondo sistema di fognatura si eseguisce facendo uso di un cilindro di legno, come stampo, che si dispone nel fondo della fossa (fig. 21) e che poi si tira dopo aver stipato e colmato la fossa con terra.

Qualora si hanno a disposizione fascine di legno, rami, paglia, torba, ecc., si possono fare delle fogne disponendo questi materiali sul fondo delle fosse sca-

si riesce a migliorare certi terreni cattivi, rendendoli adatti per fondarvi una fabbrica.

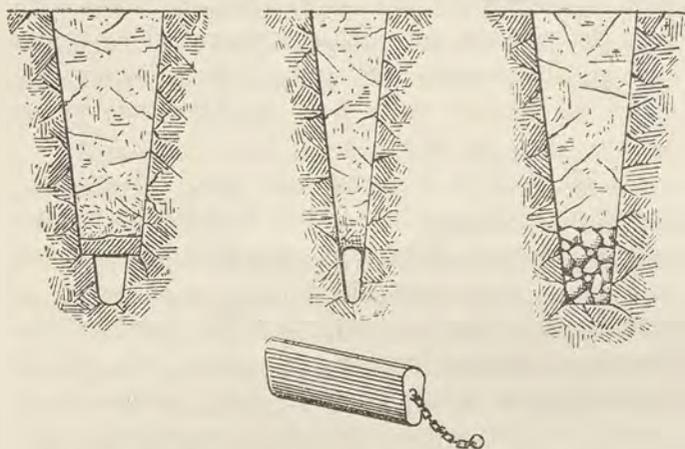


Fig. 20.

Fig. 21.

Fig. 22.

vate come precedentemente. Se si dispone del legno, specialmente pino di fresco tagliato, si possono collocare nel fondo delle fosse casse o doccie composte con quattro tavole inchiodate e bucate a regolare distanza per l'introduzione dell'acqua.

Migliori riescono quelle fosse costruite con ciottoli o pietre di diverso diametro, disponendole nelle fosse nella maniera indicata dalle fig. 22 e 23; di queste la più conveniente disposizione è quella in cui le pietre sono gettate alla rinfusa, perchè più economica e meglio corrispondente alla infiltrazione delle acque se le pietre sono preventivamente nettate dalla terra.

Migliore tuttavia riesce la fognatura mediante tegole e pianelle messe in opera ad una o due o tre linee, come dimostrano le figure 24, 25 e 26; con questo sistema due fogne si raccordano mediante tegole opportunamente tagliate.

Se poi anche una delle pareti della fossa, quella a valle, si copre con una struttura impermeabile, si ottiene il doppio vantaggio, quello cioè di riparare la regione a valle dalla invasione delle acque e dell'umidità proveniente dal terreno adiacente (a monte) e di fognare mediante la condotta sotterranea il terreno a valle medesimo dell'umidità. Non di rado

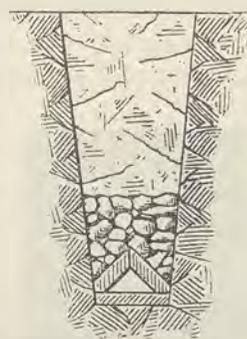


Fig. 23.

vasione delle acque con una spesa relativamente tenue.

### § 9.

#### IL TRACCIATO DEI LAVORI DI STERRO E GLI ALLINEAMENTI DEI MURI.

Pria di dare principio al cavo di terra necessario per contenere le fondazioni ed il piano sotter-

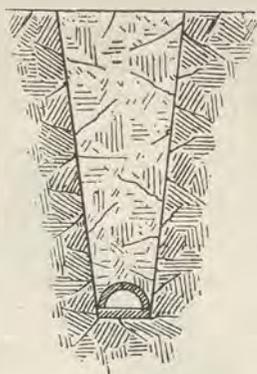


Fig. 24.

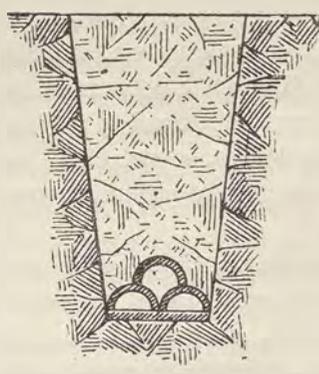


Fig. 25.

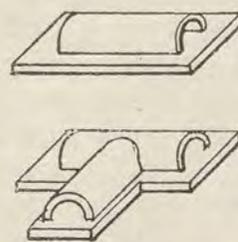


Fig. 26.

raneo del fabbricato, ove esiste, si segna sul terreno il perimetro esterno della nuova fabbrica, corrispondentemente al piano terreno, e quello dei cortili, facendo uso di picchetti di legno conficcati nel suolo. nei punti ove capitano i vertici dell'area di fabbrica e contemporaneamente si segna il profilo esterno delle scarpe dello sterro generale, che ordinariamente, pur quando il terreno non fosse piano, si stabilisce parallelamente al perimetro esterno dell'area di fabbrica.

La distanza fra i lati di questi due perimetri sarà dipendente dalla pendenza che si vuole assegnare alle scarpe ed in ogni caso sarà data dalla base della scarpa aumentata della risega dei muri del piano sotterraneo.

E poichè, durante i lavori di sterro, i picchetti

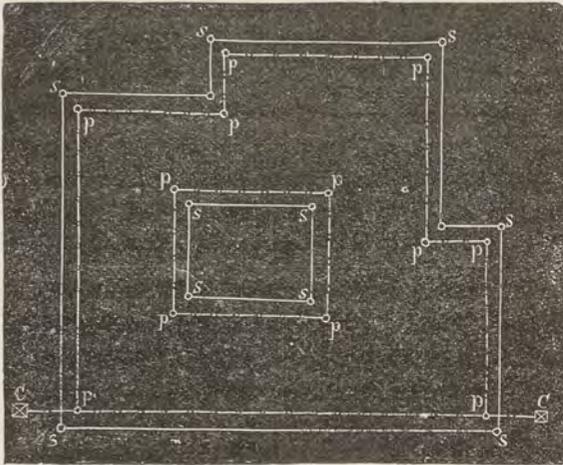


Fig. 27.

determinanti i profili vengono a demolirsi, si stabiliscono sul prolungamento di uno o due dei lati del perimetro rispettivamente due capisaldi di pietra, murati nel terreno, nello spazio compreso tra lo steccato o la scarpa, ai quali potere riferire gli allineamenti innanzi tracciati. Nella fig. 27 è segnato con picchetti  $p$  il perimetro dell'area di fabbrica e del cortile, individuato dalle faccie esterne dei muri d'ambito, con  $s$  il profilo superiore delle scarpe del cavo generale, con  $C$  i capisaldi in pietra sul prolungamento di una delle linee frontali.

Allorchè lo sterro generale è compiuto ed è resa orizzontale la base del piano sotterraneo, si rende necessario il tracciamento delle fosse per i muri di fondazione. È buona pratica, riferendosi sempre alle linee individuate dai capisaldi, determinare sul piano base dello sterro le linee corrispondenti alla faccia esterna dei muri d'ambito, quelle dei cortili e le linee medie dei muri maestri e di riferire a queste *linee fondamentali* dei muri gli spessori dei medesimi e quindi quelli delle fosse dei cavi di fondazione, nonchè i muri secondari della fabbrica. Stabiliti sul disegno preventivamente questi allineamenti fondamentali, segnandone le distanze longitudinali e trasversali, riferite alle linee dei caposaldi, si trasferiscono nel terreno, facendo uso di canne metriche o di nastro

metallico, segnandone le estremità nello spazio di terreno compreso tra lo steccato e le scarpe del cavo e stendendo per le dette estremità dei fili di ferro poco al disopra del suolo e su questi si fanno scorrere dei piombini coi quali si segnano sul fondo dei cavi gli allineamenti fondamentali sopra descritti e quindi gli spessori delle fosse di fondazione ed in seguito quelli dei muri.

I fili di ferro si fissano alle loro estremità a piccoli cavalletti costituiti da due picchetti battuti nel terreno a distanza di m. 0,30, sui quali si inchioda una tavoletta di legno portante un solco o un segno al quale in ogni caso si riporterà il filo, qualora per ingombro soverchio occorre rimuoverlo. Nella fig. 28 rappresentante il tracciamento della pianta di un angolo di fabbrica sul fondo del cavo generale sono segnati con  $p$  i fili fondamentali riferentisi ai lati del perimetro esterno della fabbrica, con  $m$  quelli corrispondenti alle mezzandrie dei muri maestri. Con picchetti, conficcati sui vertici, sono segnati gli spessori dei muri.

## § 10.

### LA NECESSITÀ DELLO STERRO GENERALE.

Le fondamenta di una fabbrica vanno situate quasi sempre ad una certa profondità sotto la superficie del suolo. I lavori di fondazione perciò sono sempre preceduti dai lavori di sterro necessario per conte-

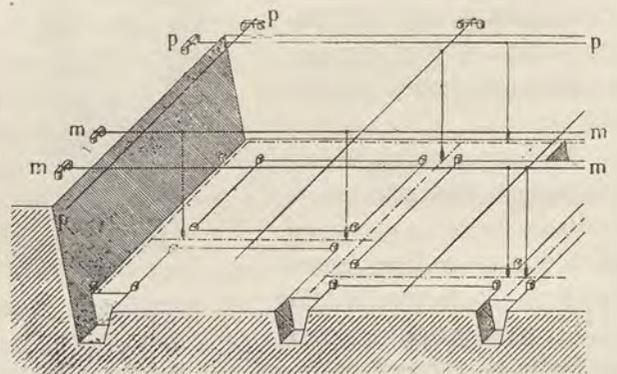


Fig. 28.

nere le strutture fondamentali, anche quando il terreno si presenta compatto fin dalla sua superficie, poichè in tal caso lo strato superficiale del suolo si trova corrotto per via delle influenze dell'aria, dell'acqua e del gelo. Neppure le rocce calcaree e le granitiche vanno esenti da queste alterazioni superficiali.

Laude è necessaria precauzione quella di infossare le strutture fondamentali, perchè queste si appoggino a quella parte dello strato incompressibile che non ha subito alterazione per via degli agenti esterni, per modo che le strutture medesime, allorchè sono interrate, rimangono difese dall'azione corruttrice degli agenti medesimi.

Molti edifici richiedono poi, per la loro struttura e per l'uso al quale sono destinati, un piano sotterraneo, che ha anche lo scopo di mantenere esente dall'umidità tutta la fabbrica soprastante. Se adunque si presenta necessario la costruzione del piano sotterraneo in una fabbrica, i lavori di sterro si praticano su tutta la superficie del terreno che si deve occupare ovvero su una parte di esso, qualora il piano sotterraneo non debba estendersi per tutta l'estensione del fabbricato, praticando per la rimanente parte di terreno le fosse per le fondazioni.

Allorchè una fabbrica non esige la costruzione del piano sotterraneo, lo sterro si eseguisce praticando le fosse giuste per contenere la struttura di fondazione.

Talvolta è valsa la pratica, in qualche regione, di eseguire gli sterri delle fondamenta prima, e costruite queste, dentro le fosse già preparate, nonchè gli archi e le volte che si poggiano ordinariamente sulle fondamenta, a livello del piano terreno, servendosi della terra frapposta, opportunamente modellata, per uso di centini, di procedere al cavo delle terre rimaste fra le fondamenta e gli archi e le volte, per praticare il piano sotterraneo.

È chiaro che queste operazioni di sterro, eseguendosi in condizioni meno comode di uno sterro generale all'aperto, la mano d'opera si eleva ed il costo di questo lavoro cresce sensibilmente per modo da superare l'economia di spesa avutasi per le cantine in legno risparmiate. E se si considera poi che un metro cubo di sterro per le fondazioni a sezione ristrette costa molto di più di quel che costa per lo sterro generale, appare chiaro come, seguendo tal sistema, l'economia di spesa riesca ancora più effimera.

Ne segue perciò che qualora una fabbrica deve avere un piano sotterraneo, fino al livello del pavimento di questo piano conviene prima praticare lo sterro generale, sopra tutta l'estensione da fabbricarsi ed a partire da questo piano praticare le fosse più profonde per stabilirvi le strutture fondamentali. Così facendo, nelle strutture murali del piano sotterraneo si avrà un prezzo di costo inferiore, un

muramento ancora più perfetto e un più sollecito prosciugamento delle malte.

Vi ha di più ancora un vantaggio. Mentre nelle escavazioni delle fosse per le fondamenta, che sono sempre piuttosto ristrette e profonde, lo scasso della terra va fatto a mano, col piccone e con la pala, lo scasso riesce di gran lunga facilitato nello sterro generale laddove per lo spazio disponibile si possono impiegare, come diremo in seguito, varii mezzi per ridurre meno oneroso questo lavoro.

Contemporaneamente allo sterro generale ed allo sterro per le fondazioni si praticano gli sterri per stabilirvi la fognatura generale dell'edificio, le cisterne, i pozzi, ecc. sebbene a queste strutture suolsi provvedere più tardi.

## § 11.

### LA CUBATURA DEGLI STERRI.

I movimenti di terra nelle costruzioni architettoniche possono avere diversa importanza. Laddove sono limitati ai soli cavi per sostenervi le fondazioni e laddove si estendono ad una parte o all'intera area di fabbrica per la sistemazione del piano sotterraneo. In questo caso la quantità di sterro può acquistare una importanza tale, da prendere una parte non indifferente nella spesa delle fondazioni. Il grandioso Palazzo di Giustizia in Roma, per sistemare il piano sotterraneo, e per stabilire al di sotto di questo la grande platea di calcestruzzo sulla quale è poggiata, tutta la costruzione, diede luogo ad un movimento di circa 500 mila metri cubi di terra. L'ampliamento della stazione ferroviaria di Genova (servizio viaggiatori) ha dato recentemente luogo ad un movimento di terra di circa 3 milioni di mc.

Nel praticare lo sterro generale si possono presentare due casi: o si tratta di spianare il suolo, secondo un piano orizzontale, senza asportare terra, rimuovendola semplicemente dalle parti più alte per trasportarla e versarla sulle parti più depresse, per indi eseguire i cavi delle fondazioni; ovvero si tratta di asportare via tanta terra quanta è necessaria per ridurre la superficie naturale del terreno a quel livello prestabilito, nel quale deve costruirsi la fabbrica. Distingueremo perciò questi due casi nella cubatura del movimento di terra.

1.º Caso. Chiamiamo con *S* la superficie dell'area poligonale *A B C D E* (fig. 29), nella quale *F*, *G*, *H* siano i punti rimarchevoli per la maggiore elevazione

e depressione. Scissa la superficie nei triangoli  $A B F$ ,  $B F G$ ,  $B G C$ , ecc. la supporremo riferita ad un piano orizzontale, situato al disotto del punto più basso del terreno, per avere tutte positive le ordinate. Il volume  $V$  che sta al disopra del piano di riferimento è dato dalla somma dei volumi dei prismi triangolari aventi per base le aree  $a_1 a_2, a_3$ , ecc. Questo vo-

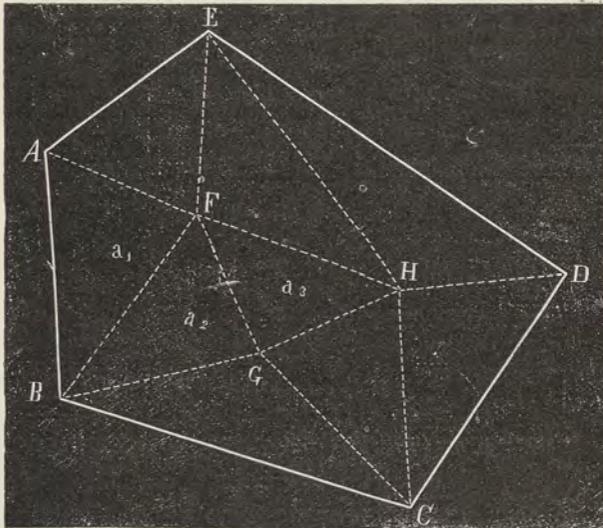


Fig. 29.

lume  $V$  diviso per la superficie  $S$  ci dà l'ordinata  $h$  del piano di conguaglio, secondo il quale, cioè, deve ridursi orizzontale tutta la superficie del suolo. Conosciuta la quota  $h$  de' piano di conguaglio è facile trovare i punti di intersezione di questo piano con i lati di ciascuna delle superficie triangolari  $a_1, a_2, a_3$ , ecc., per modo che unendo questi punti di intersezione si ottiene una linea spezzata, intersezione del piano di conguaglio con la superficie del suolo.

Ed allora il volume  $V_s$  di terra soprastante al piano di conguaglio, che devesi trasportare nei punti più depressi interposti al disotto del piano di conguaglio ed il suolo, si otterrà decomponendo o completando la decomposizione della superficie in triangoli e misurando il volume dei tronchi prismatici (che qualche volta si riducono a piramidi) a base triangolare e sommando questi volumi; le ordinate dei vertici di questi prismi sono le medesime di prima diminuite dalla ordinata  $h$  del piano di conguaglio.

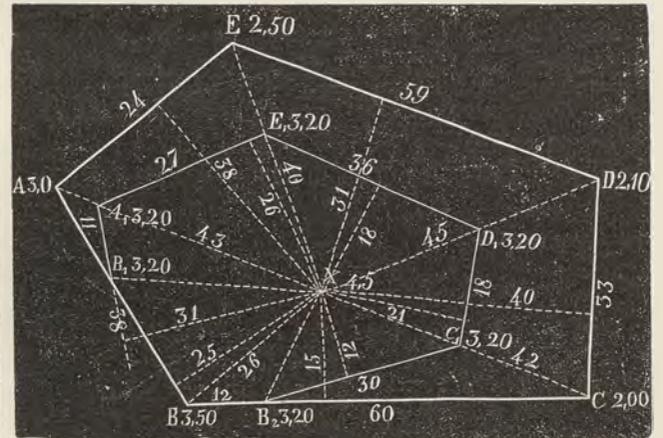


Fig. 30.

Illustriamo con un esempio numerico, segnando nei vertici  $A, B, C, D, E$ , del poligono di contorno (fig. 30) le ordinate relative al piano di riferimento e per semplicità supponiamo siavi un sol punto  $X$  singolare di cui è pur nota l'ordinata (4,50). I numeri aderenti tanto ai lati quanto alle normali ai lati della figura rappresentano la misura; egualmente dicasi per i lati e le normali ai lati del poligono interno  $A_1 B_1 B_2 C_1 D_1 E_1$ . Si ha

$\text{Superficie } AX = \frac{38 \times 15}{2} = \text{mq. } 475,0$ $\text{» } BXC = \frac{60 \times 15}{2} = \text{» } 450,0 \text{ »}$ $\text{» } CXD = \frac{33 \times 40}{2} = \text{» } 660,0 \text{ »}$ $\text{» } DXE = \frac{59 \times 31}{2} = \text{» } 914,5 \text{ »}$ $\text{» } EXA = \frac{24 \times 38}{2} = \text{» } 456,0 \text{ »}$ $\text{Superficie } S = \text{mq. } 2955,5$	$\text{e volume } 475,0 \frac{11,0}{3} = \text{mc. } 1758,50$ $\text{» } 450,0 \frac{10,0}{3} = \text{» } 1498,50$ $\text{» } 660,0 \frac{8,6}{3} = \text{» } 1892,00$ $\text{» } 914,5 \frac{9,1}{3} = \text{» } 2773,68$ $\text{» } 456,0 \frac{10,0}{3} = \text{» } 1520,00$ $\text{Volume } V = \text{mc. } 9442,68$
--	--

epperò  $\frac{V}{S} = \text{ordinata } h = \frac{9442,68}{2955,50} = \text{m. } 3,2$

Il piano di congruaggio di ordinata  $h = \text{m. } 3,2$  interseca i lati dei triangoli nei punti  $A_1, B_1, B_2, C_1, D_1, E_1$  che costituiscono un poligono della superficie seguente:

Superficie  $A_1XB_1 = \frac{11 \times 31}{2} = \text{mq. } 170,5$

»  $B_1XB = \frac{22 \times 25}{2} = \text{» } 275,0$

»  $BXB_2 = \frac{12 \times 15}{2} = \text{» } 90,0$

»  $B_2XC_1 = \frac{30 \times 12}{2} = \text{» } 180,0$

»  $C_1XD_1 = \frac{18 \times 21}{2} = \text{» } 189,0$

»  $D_1XE_1 = \frac{36 \times 18}{2} = \text{» } 324,0$

»  $E_1XA_1 = \frac{27 \times 26}{2} = \text{» } 351,0$

Superficie  $A_1B_1BB_2C_1D_1E_1 = \text{mq. } 1579,9$

ed il volume  $V_s = \text{superficie } A_1B_1BB_2C_1D_1E_1$   
ordinata del punto  $X = \frac{1579,9 \times 4,5 - 3,2}{3} = \text{mc. } 684,2$

2.º Caso. Se nella stessa figura 29 supponiamo  $h$  sia l'ordinata del piano al quale deve ridursi il suolo, sarà  $Sh$  il volume di terra che deve rimanere al di sopra del piano di riferimento e quindi il volume di terra da muovere è  $V - Sh$ . Evidentemente questo volume di terra sarà una parte del volume  $V_s$  soprastante al piano di ordinata  $h$ , che si può calcolare nella maniera del caso precedente, dietro avere cioè segnato la linea o la spezzata di intersezione del suolo col piano di ordinata  $h$ , poichè l'altra parte del volume  $V_s$  deve colmare le parti depresse rispetto al piano di riduzione e sarà  $V_{1s} = V_s - \text{vol. di terra da trasportare} = V_s - V + Sh$ .

Applicando all'esempio numerico relativo al quadrilatero  $A B C D$  (fig. 31), nel quale si abbiano due punti singolari  $E$  ed  $F$  quotati, al pari dei vertici, e che si voglia ridurre al livello del punto  $F$  di altezza  $h = 12$ ,

la superficie  $S = \frac{58 \times 25}{2} + \frac{81 \times 14}{2} + \frac{47 \times 23}{2} +$   
 $+\frac{55 \times 25}{2} + \frac{40 \times 28}{2} + \frac{67 \times 16}{2} = 725 + 567 +$   
 $+ 540,5 + 687,5 + 560 + 536 = \text{mq. } 3615,50$

ed il volume  $V = 735 \frac{10 + 11 + 12}{3} + 567$   
 $\frac{11 + 12 + 12}{3} + 540,5 \frac{10 + 12 + 16}{3} + 687,5$   
 $\frac{12 + 12 + 16}{3} + 560 \frac{12 + 13 + 16}{3} + 536$   
 $\frac{13 + 16 + 10}{3} = \text{mc. } 45212,92.$

Volume di terra da muovere

$V - Sh = 45212,92 - 3615,5 = \text{mc. } 1826,92.$

Tracciata la linea spezzata congiungente i punti di intersezione del piano di ordinata  $h = 12$  con i lati

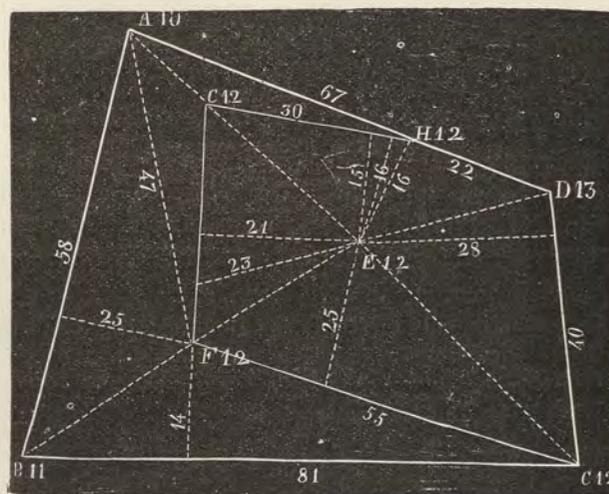


Fig. 31.

dei seguenti triangolari di superficie, si determina il volume

$V_s = \frac{4}{3} \left( \frac{55 \times 25}{2} + \frac{35 \times 21}{2} + \frac{30 \times 15}{2} + \frac{22 \times 16}{2} + \right.$   
 $\left. + \frac{40 \times 28}{2} \right) = \text{mc. } 2688$

ed il volume di terra da trasportare via  
 $V_{1s} = V - V + Sh = 2688 - 45212,92 + 3615,5 \times$   
 $\times 12 = \text{mc. } 862,06.$

La valutazione dello sterro sulle fosse di fondazione si fa in modo semplice ed approssimativo, non potendosi in molti casi per circostanze speciali eseguire con regole esatte, specialmente quando non è possibile potere rilevare tutte le misure necessarie. Si valuta la superficie della sezione verticale del cavo moltiplicando la profondità della fossa per la larghezza media, se le pareti sono inclinate, e quindi il volume moltiplicando la superficie trovata per la lunghezza delle fosse.

## CAPITOLO II.

### L'ATTACCO DEGLI STERRI

#### § 1.

#### GLI STRUMENTI PER LA CAVATURA DELLE TERRE.

Come si è avanti accennato, nel cavo e rompi-mento delle terre si fa uso di strumenti di forma liffereute che si applicano a seconda della natura e ella consistenza delle terre.

Per le terre sciolte di qualunque specie si ado-

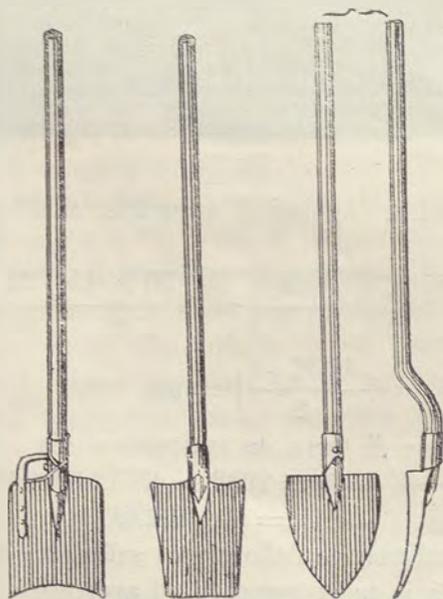


Fig. 32.

Fig. 33.

Fig. 34.

pera la *pala*, poichè queste esigono semplicemente il lavoro di paleggiamento. È la pala un ordigno consistente in un manico cilindrico di legno, lungo in media metri 1,10, alla cui estremità è fissato il piatto di ferro a spigolo tagliente, che è destinato a penetrare nel terreno per smuoverlo e sollevarlo. Il

piatto ha forma diversa secondo la consistenza delle terre, gli usi e le abitudini locali di lavorare la terra; nel Padovano si usa quella di forma rettangolare (fig. 32), perchè quivi le terre sono molto sciolte, e con

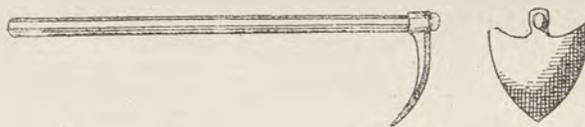


Fig. 35.

quella forma del piatto si solleva molta terra; per terre pesanti e un poco consistenti si adopera il piatto di forma trapezia (fig. 33) e per quelle più consistenti il piatto a punta, detto propriamente *vanga* o *marra* dagli agricoltori (figura 34). Il piatto è di solito delle dimensioni di metri 0,32 per 0,32 circa.

Se si hanno terre forti, mediamente compatte o compatte dure, da paleggiare, occorre prima un lavoro di sminuzzamento che si può fare con la *zappa* per le prime (fig. 35), col *picco* o *piccozza*

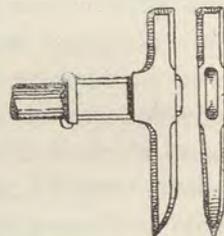


Fig. 36.

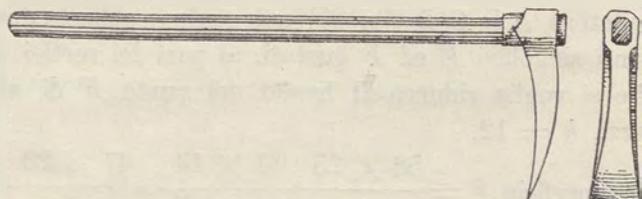


Fig. 37.

per le seconde (fig. 36, 37). Per il suo tenue peso il picco è però poco usato; meglio si presta il *piccone*

a *croce*, detto anche *gravina* (fig. 38), avente una estremità a punta e tagliente l'altra, perchè ad ogni colpo smuove maggior quantità di terra e può servire da zappa e da picco. La figura 39 ci rappresenta un *piccone a doppio fendente* noto anche col nome di *piccone inglese*, molto comodo nei terreni boschivi, dove occorre tagliare spesso radici e legno unitamente al cavo delle terre.

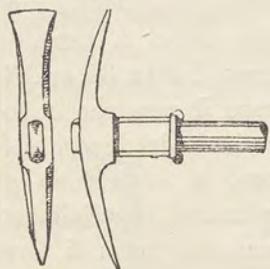


Fig. 38.

Per lo scasso delle rocce non dure e non compatte, che presentano delle fessure ed una stratificazione, a seconda della loro tenacità si adoperano diversi ordigni e cioè il piccone anzi descritto, i *cunei di ferro* che

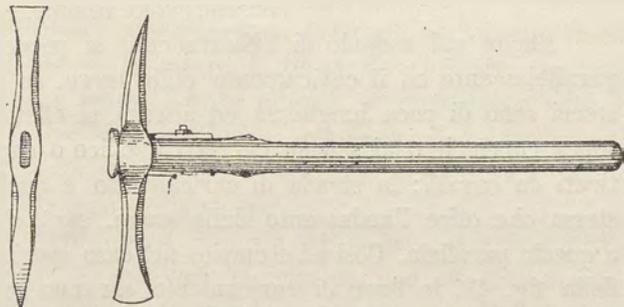


Fig. 39.

si cacciano a viva forza tra le fessure per allargarle ed il *paletto a leva chiusa ed aperta* o a *granchio* (fig. 40, 41), la cui estremità a punta serve per introdursi nelle fessure ed allargarle, per dar posto all'altra estremità piatta, con la quale le rocce vengono smantellate.

Il lavoro di demolizione delle rocce molto dure e compatte, eseguito con gli strumenti descritti, sarebbe lungo e faticoso, epperò riuscirebbe di costo molto elevato. Sin dall'epoca in cui si volgarizzò l'uso della polvere, questo sistema divenne sempre più raro e adesso con l'uso della dinamite può dirsi addirittura abbandonato. La cavatura delle rocce compatte si consegue economicamente altro che con l'impiego di sostanze esplosive, praticando i lavori da mina.

## § 2.

### I PROCEDIMENTI VARI DI ATTACCO DEGLI STERRI.

I lavori di scavo e di paleggiamento, in generale, praticamente si ordinano, dividendo il personale dispo-

nibile in egual numero di squadre di *rompitori* e di *palaiuoli*, assegnando a ciascuna coppia mista una determinata porzione dello scavo da compiersi.

Il lavoro generale viene così suddiviso in altrettanti compartimenti, quante sono le coppie delle squadre, ciascuno di ampiezza proporzionata al numero delle persone componenti le squadre.

Tracciato sul terreno i limiti dello scavo di ciascun compartimento, si dà mano al lavoro, rompendo il ter-



Fig. 40.

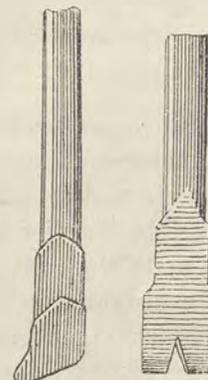


Fig. 41.

reno per strati orizzontali di 20 a 40 centimetri di spessore, procedendo in modo sempre parallela-

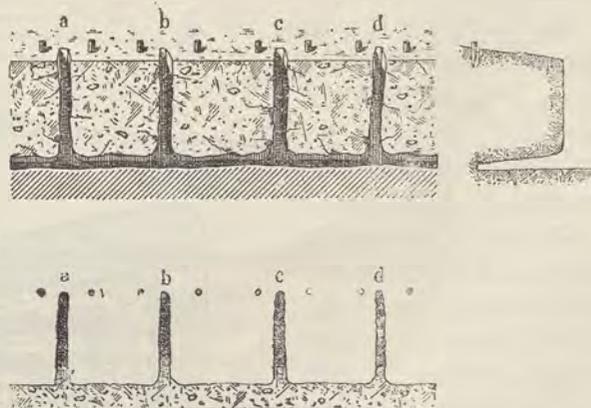


Fig. 42.

mente a se stesse e caricando le terre sopra i veicoli da trasporto. Se non che, se l'estensione del terreno è forte, e forte pure è lo spessore dello strato da smuovere (oltre i m. 1,50), converrà attaccarlo,

estendendo lo scavo per tutto lo spessore. In tal caso si agevola il lavoro di scavo col così detto *metodo di abbattimento*, il quale permette di staccare in un

stanti, qualora dall'apertura di linee eventuali si prevede prossimo il franamento. Con questo procedimento si possono far staccare e sminuzzare contemporanea-

mente masse di terra del volume di 20 a 30 mc. Nè è raro il caso che in sostituzione del lavoro dell'uomo si impieghino gli esplosivi, specialmente quando si tratti di terre compatte, bagnate e indurite dal gelo. Tale processo si impiega però per grandi masse, quando cioè con una o con poche mine si può provocare lo sfacelo di un materiale di considerevole volume.

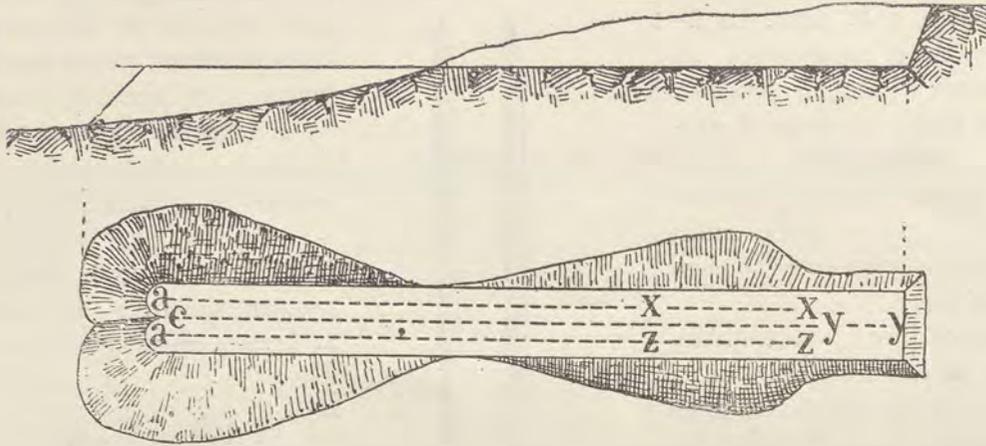


Fig. 43.

sol tratto, epperò in maniera molto economica e speditiva, masse considerevoli di terreno.

Questo metodo consiste nel praticare sulla fronte dei massi da demolire dei tagli *a, b, c, . . .* dello spessore di m. 0,30 a 0,50 (fig. 42) per tutta l'altezza dello strato e distanti fra loro di 3 a 5 metri. In seguito si pratica un taglio orizzontale al livello del piano di riduzione, per modo da dividere il terreno in tanti massi parziali, di forma parallelepipedica, ciascuno dei quali resta aderente alla massa principale per forza di coesione, lungo una faccia del parallelepipedo, secondo la quale si provoca il distacco mediante cunei di legno conficcati a viva forza nel terreno.

Questi massi non devono avere più di 3 metri di altezza e qualora lo strato da demolire ha uno spessore maggiore, si suddivide il lavoro per gradini di quella altezza. Si avrà cura, per evitare disgrazie, che la caduta di ciascuno ammasso non sia provocata

per effetto del taglio orizzontale, bensì sotto l'azione del percuotere i cunei di legno, e si collocherà un operaio in guardia alla sommità del masso, perchè avverta con sollecitudine i compagni di lavoro sotto-

Anche col metodo di abbattimento si procede parallelamente ed il caricamento delle terre, se gli sterri sono di poca lunghezza ed altezza, si effettua sopra carriuole o al più su carretti a bilico o carri tirati da cavalli; la strada di caricamento è quella stessa che offre l'andamento dello scavo, sarà cioè a questa parallela. Così ad esempio, nel caso speciale della fig. 43, le linee di caricamento saranno *xx, zz, yy*, parallele all'asse della trincea, laddove i carri

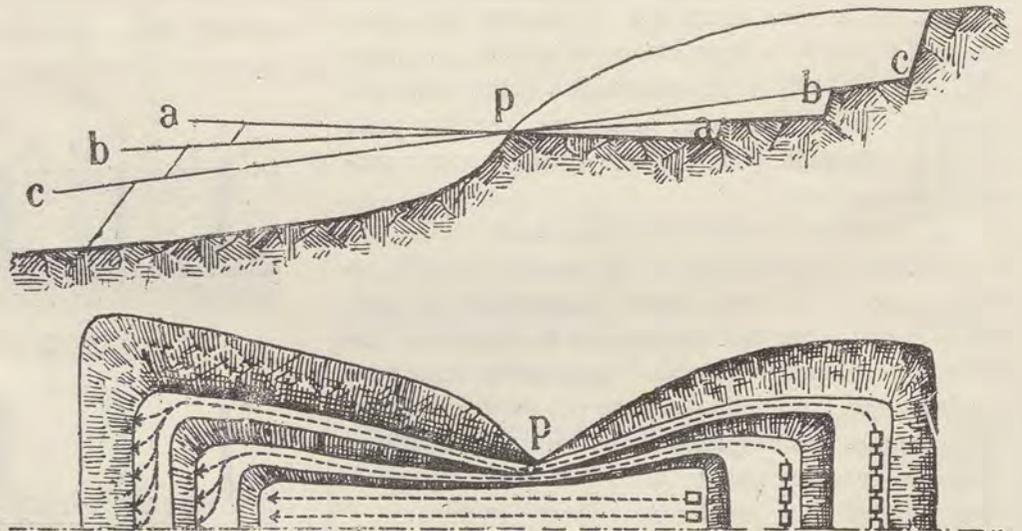


Fig. 44.

o le carriuole si avviano allo scarico per le vie *xa, za, yc*. Per uno scavo molto profondo (fig. 44) si può procedere cominciando dal punto *p* della superficie del suolo, con varie escavazioni parziali limitate alle

linee  $pc$ ,  $pb$ ,  $pa$ , a pendenza sempre minore, per modo che lo scavo complessivo viene suddiviso in più scavi di minor spessore, nei quali le linee di carico e di trasporto sono quelle punteggiate segnate in figura.

Più complesso riesce l'attacco dello sterro se per il trasporto si fa uso di carri scorrevoli sopra binari

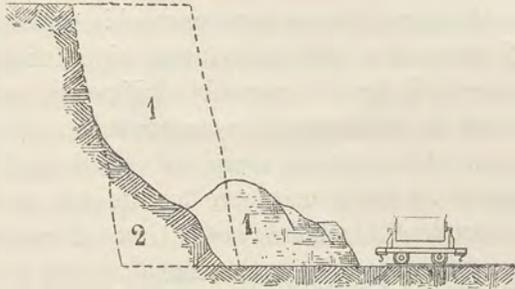


Fig. 45.

provvisori. Occorrerà da principio aprirsi un varco attraverso la massa di terra da sterrare con una trincea estesa a tutta altezza, se questa non supera 6 metri, per dar luogo, sul fondo della medesima, alla collocazione dei binari, e procedere tosto all'allargamento dello sterro.

Per aprirsi una via attraverso la massa dello sterro da escavare si impiega uno dei due metodi noti rispettivamente col nome di *attacco allo scoperto* ed *inglese*.

Il primo consiste nell'attaccare lo sterro di fronte, nella sua parte centrale (fig. 1, Tav. I), praticando

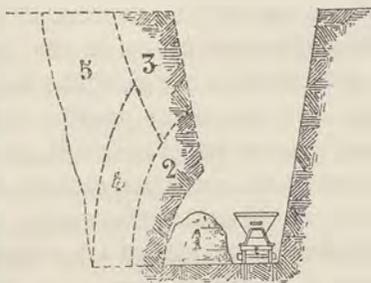


Fig. 46.

da principio un taglio  $s_1$ , detto *cunetta*, a tutta altezza, avente le pareti inclinate a seconda della coesione delle terre, di larghezza sufficiente per posarvi uno o al più due binari di carico, ed allargando successivamente il cavo, coll'asportare le porzioni laterali di terreno  $s_2$ ,  $s_3$ ,  $s_4$ ...; disponendo sul fondo di ciascuno di questi cavi un binario di carico, ed

avanzando contemporaneamente in tutti i cavi, si giunge ad effettuare l'intero sterro in maniera abbastanza spedita.

Però il secondo metodo di attacco, *metodo in-*

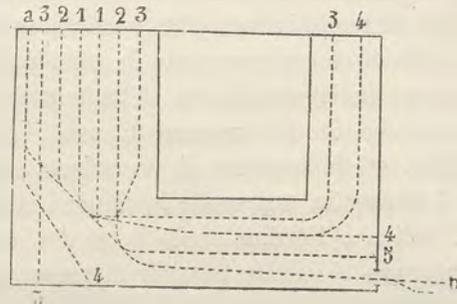


Fig. 47.

*glese*, è quello che più si preferisce, per la maggiore celerità con la quale si pratica lo sterro, an-

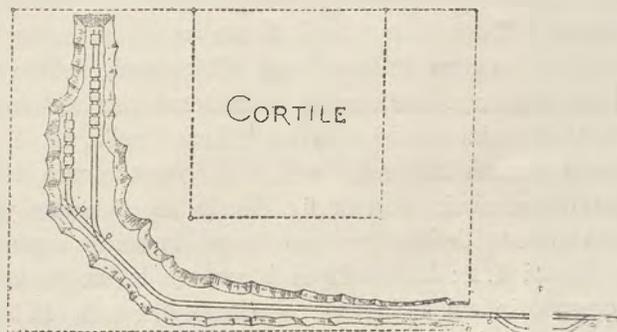


Fig. 48.

che se questo dovesse assumere una considerevole profondità. Consiste nell'attaccare il terreno nel suo

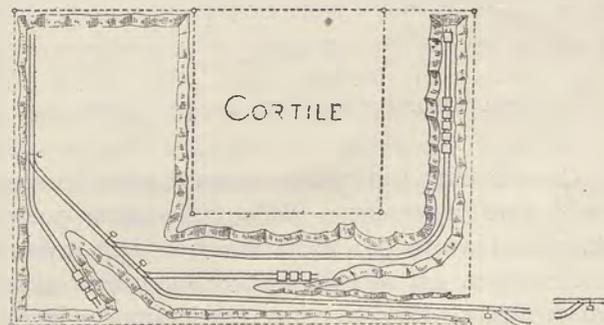


Fig. 49.

punto più basso, eseguendo una prima trincea  $s_1$  (fig. 3, Tav. II) e collo stabilire sul fondo di essa un primo binario di carico. Si scava tosto lateralmente la terra della porzione  $s_1$ , fino a che la sua pro-

fondità non riesca scomoda al caricamento dei carri, situati nel binario  $s_1$ ; allora sul fondo di questa seconda trincea si trasporta questo binario per dar luogo alla escavazione delle porzioni  $s_3$  ed  $s_4$  e così seguendo si può giungere a praticare lo scavo esteso comunque, sia orizzontalmente che verticalmente.

Nella fig. 45 è rappresentata la maniera di rompere la terra nell'avanzamento della cunetta di testa, e di caricamento sul vagone di coda dei convogli; nella fig. 46 la maniera di procedere nell'allargamento di fianco; in entrambe le figure i numeri 1, 2, 3, . . . indicano l'ordine secondo cui debbono smoversi e caricare le masse parziali di terra.

Come pur risulta dalla fig. 1, Tav. I, si possono impiegare più convogli, se si vuole accelerato il lavoro di sterro nell'allargamento delle trincee e come a rendere attivo ciascun convoglio occorre un binario per ogni convoglio che deve funzionare, poichè così soltanto si possono avere più punti di attacco frontale e laterale e quindi di carico.

Per un'area delle comuni dimensioni, relativa ad un'ordinaria fabbrica di abitazione, con un cortile, la disposizione dei binari è indicata nella fig. 47, dove i numeri indicano l'ordine di spostamento dei binari medesimi; così la fig. 48 dà un concetto di avanzamento dello sterro nel tempo in cui si lavora coi binari 1, 2; la fig. 49 ci fa vedere lo sterro nel momento in cui si lavora coi binari 4, 4 e 5. Il binario  $ab$  principale serve pel servizio dei convogli che debbono giungere nei binari di caricamento 1, 2, 3, 4 . . . ; questo binario perciò deve essere provvisto di scambi, per il regolare movimento dei convogli pieni e vuoti.

### § 3.

#### L'ESCAVAZIONE MECCANICA DELLE TERRE.

Quando oltre una grande massa di terra da rompere si deve tener conto della difficoltà di potere sviluppare il lavoro per mancanza di braccia, ovvero per elevatissima dei salari e si deve provvedere al lavoro di sterro entro un tempo relativamente breve, torna conveniente l'applicazione del lavoro meccanico per mezzo dei così detti *escavatori di terre* o *draghe a secco*, in quanto che funzionano in modo simile alle draghe impiegate per gli scavi sott'acqua, dove al veicolo acqua è sostituito un binario e allo scafo è sostituito un carro da trasporto.

Gli escavatori a secco si dividono in due grandi classi: Escavatori *a pala* o *a cucchiaio* ed escavatori *a noria di secchie*, od altrimenti escavatori *a lavoro intermittente* ed *a lavoro continuo*. Secondo alcuni autori sono classificati col nome di *tipo americano* e *tipo francese*. Differiscono fra loro dal recipiente o cucchiaio di sterro che è uno solo nelle draghe del primo tipo e sono parecchi nelle altre.

Gli escavatori del primo tipo riproducono in grande scala il lavoro manuale dell'uomo, quando questo con la pala rompe e paleggia o carica la terra sopra il veicolo da trasporto; l'abilità di questi escavatori è tanto maggiore quanto più semplice sono i movimenti e minori i contatti tra il recipiente di sterro ed il terreno; negli escavatori del secondo tipo si raccomanda semplicità di costruzione e regolarità di servizio. Al primo requisito corrisponde un numero piccolo di grandi cucchie, al secondo un numero grande di piccole secchie, laonde i due tipi principali di escavatori corrispondono rispettivamente ad ognuno di questi requisiti.

### § 4.

#### L'ESCAVATORE A CUCCHIAIA DI DUNBAR E RUSTON.

Riproduciamo questo tipo dei più usati tra gli escavatori a cucchiaia nella fig. 1 Tav. III. Esso è capace di produrre un lavoro di oltre 400 metri cubi di sterro al giorno ed è estensibile altresì a sterri subacquei, quando, in sostituzione del binario, la draga è portata da uno *scafo* o *pontone di servizio*.

L'estrazione della terra è fatta da una cucchiaia *a* di acciaio, con denti avvitati, che giungono fino al fondo della medesima, portata da un manico *b* in legno, articolato in vario senso per l'azione di una motrice a vapore. Il fondo della cucchiaia escavatrice si articola a cerniera a volontà dell'operaio che, collocato sulla piattaforma, ne dirige i movimenti, allo scopo di deporre il materiale sopra i veicoli da trasporto. Questo movimento di apertura viene impresso mediante una corda, e la chiusura ha luogo automaticamente per mezzo di leve e molla.

Un robusto telaio di ferro, sostenuto da due assi provvisti di ruote, porta una piattaforma, sulla cui parte anteriore sta collocata la caldaia con la motrice a vapore, ed alla parte posteriore una robusta gru a mensola mobile intorno un asse verticale. Il carro porta in ciascun angolo dei martinetti a vite,

coi quali si può fissare tutto l'apparecchio solidamente sul terreno o sopra traversine, per impedire qualsiasi movimento ondulatorio.

Perchè il cucchiaio della draga possa riempirsi di terra, scavandola, deve eseguire i due movimenti che un operaio imprimerebbe ad una pala. Il manico *b* cioè deve potersi allungare ed accorciare, abbassarsi e sollevarsi per attaccare il terreno. Il primo di questi movimenti è comandato a mano da un operaio situato sulla piattaforma, il quale per mezzo di volante al quale si aggira una catena senza fine smuove una ruota *r*, fissa sul dorso della gru. L'asse di questa ruota è provvista di una piccola ruota dentata che si innesta in una doppia cremagliera fissata al manico *b*, il quale alla sua volta è tenuto aderente contro l'asse della rotella dentata mediante un piccolo carrello a quattro rulli, ed in virtù di questo collegamento il manico *b* rota anche intorno all'asse della ruota *r*.

Questo movimento di rotazione del manico, e quindi di abbassamento e di sollevamento della cucchiaia dell'escavatore si effettua per mezzo di una catena che si avvolge attorno a un verricello mosso dalla motrice, e comandato dal macchinista.

Questa catena dopo avere attraversato un sistema di carrucole e una taglia finisce in una forchetta in ferro che abbraccia la cucchiaia (fig. 2 Tav. III), innalzandola nell'atto che essa deve escavare il terreno.

Per effettuare lo scarico si fa girare la gru attorno all'asse verticale, mediante una catena comandata da un manicotto che fa ruotare la gru intorno al suo asse verticale. L'unione della cucchiaia col manico è a cerniera, mentre due tenditori a vite consolidano tale collegamento. Pure a cerniera è il collegamento della forchetta che sostiene il cucchiaio, per modo che quando questo è ripieno può prendere l'inclinazione più conveniente.

Questo tipo di escavatore è dei più semplici: due soli operai lo manovrano, uno stando sulla piattaforma attaccato al volante a mano che comanda i movimenti di avanti e indietro del cucchiaio, l'altro sta alla direzione della macchina per fare compiere al cucchiaio il ciclo delle sue operazioni.

Sul lavoro utile di un tale meccanismo influisce direttamente il buon andamento del cantiere ed un regolare servizio dei carri o vagoni da trasporto.

Negli scavi di trincee suolsi aprire una cunetta e porvi sul centro il binario dell'escavatore e ai due

lati i binari *a* e *b* (fig. 3, Tav. III) per i vagoni da trasporto. L'escavatore carica a destra o a sinistra, tutto all'intorno, avanzandosi sempre, senza perdere tempo se i vagoni vuoti *a* e *b* sono sempre a posto. Il movimento di questi carri si effettua per lo più per forza animale. Il binario centrale, che è quello stesso della draga, serve per i vagoni vuoti, i due laterali per accumulare i vagoni carichi, fino a costituire il numero necessario per formare un treno.

La draga a secco ora descritta è utile per uno scavo fino alla profondità di 7 od 8 metri. Per pro-

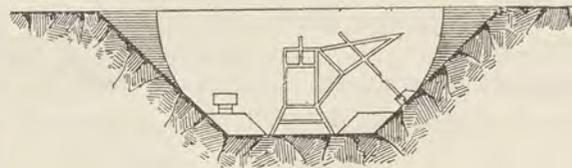


Fig. 50.

fondità maggiori conviene lavorare secondo strati di questo spessore. La fig. 50 ci fa vedere la disposizione schematica della draga nell'attacco dello sterro.

Per sterri molto estesi si possono applicare contemporaneamente più macchine. La macchina centrale agisce in avanzata aprendosi il varco con una cunetta nella maniera avanti descritta. Le altre macchine allora procedono in avanzamento nel modo indicato dalla fig. 4, Tav. III, dove si ha il binario dell'escavatore ed un unico binario per i vagoni carichi. I vagoni vuoti vengono condotti a portata della draga mediante uno spostamento del treno; l'impianto e il funzionamento sono perciò semplicissimi.

Poichè questo escavatore dà un maggior lavoro utile quanto più pronti sono i servizi, così, ad evitare perditempi, importa nel caso della fig. 3, Tav. III, che ai lati della draga si trovi sempre un vagone pronto al carico, laonde per ridurre al minimo il numero delle manovre nei due binari di carico conviene adoperare carri o vagoni di grande capacità (3 a 6 metri cubi); inoltre sarà necessario che lo scambio doppio del binario centrale stia, col progredire del lavoro, vicino sempre alla draga, perchè minima riesca la percorrenza del veicolo vuoto, onde è necessario che tale scambio sia di facile smontatura, perchè si possa spostare ad intervalli coll'avanzarsi della draga.

La capacità della cucchiaia nelle draghe ora descritte varia da mc. 0,600 a mc. 1,00; la forza della motrice a vapore da 8 a 10 cavalli, ed il peso

dell'apparecchio intero da 24 tonn. per i più piccoli a 32 tonn. per i più grandi. Nei terreni uniformi questo apparecchio impiega  $\frac{2}{3}$  di minuto per il carico e scarico di un cucchiaio; la sua produzione, se non si avessero perditempi intermedi, sarebbe perciò da 60 a 70 mc. di terra per ogni ora.

## § 5.

## L'ESCAVATORE A CUCCHIAIA DI JAMES.

Merita menzione questo tipo di escavatore perchè differisce essenzialmente da quelli *Ruston* ora descritti.

Lavora a pressione idraulica, la quale ha per effetto di semplificare sensibilmente i meccanismi, in

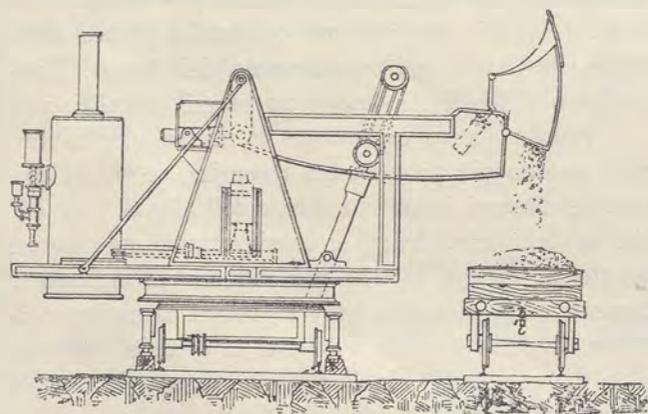
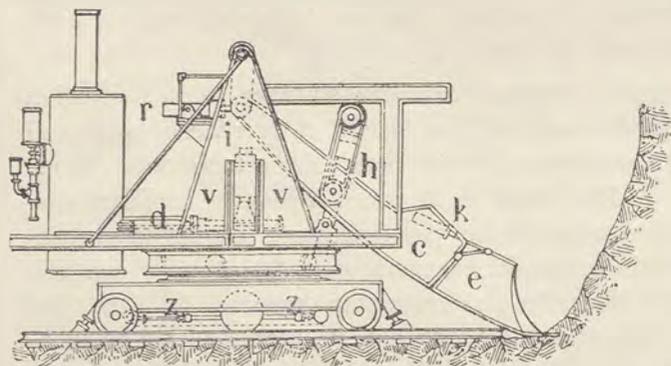


Fig. 51. — L'escavatore a cucchiaia di James.

quanto che vengono soppresse le puleggie e le catene di trasmissione. Presenta però l'inconveniente di non potere funzionare se la temperatura scende sotto lo zero. Il merito principale di tale apparecchio, riprodotto schematicamente nella fig. 51, sta nel cucchiaio che è potente per tagliare e sollevare

la terra, per cui questo tipo di macchina è molto appropriato.

Il cucchiaio *e* è legato all'albero *c* per mezzo di una cerniera, mentre l'albero gira pure a cerniera nella sua estremità *i* essendo legato alle pareti verticali *v* di sostegno mediante un gomito a due cerniere.

Contro la cerniera *i* si appoggia lo stantuffo di un piccolo cilindro idraulico *r*, il quale ha lo scopo di attutire gli urti che può ricevere il cucchiaio e quindi l'albero per forti resistenze incontrate, e per spostare di poco l'albero medesimo, quando occorra, evitando lo spostamento del carro intero.

L'albero viene sollevato dal torchio idraulico *h*, il cucchiaio dal torchio *k*. Tutto il sistema ruota intorno un asse verticale, sopra il carro, mediante il torchio idraulico *d*, che manovra con rulli e catene che avvolgono la piattaforma. Così i due torchi idraulici *z z* con catene e rulli, facendo girare l'asse centrale, provvedono agli spostamenti del carro, il quale è fermato sul terreno, durante l'operazione, da martinetti idraulici o a vite. Una caldaia a vapore comprime l'acqua motrice, con una pompa premente, alla pressione di 50 atmosfere.

## § 6.

## GLI ESCAVATORI A N R I A.

Gli escavatori a secco ad azione continua, conosciuti anche col nome di *escavatori francesi*, perchè furono fabbricati in Francia per la prima volta, vanno distinti secondo due tipi differenti, dei quali diamo la disposizione schematica nella fig. 52, e cioè: quelli in cui la draga è collocata ad una altezza superiore a quella del cavo, tipo *b*, che lavorano con elinde lunghe in *sottoescavazione*, rimanendo sul margine o ciglio superiore del taglio, e quelli del tipo *a* che lavorano a pie' piano del cavo con elinde corte, rimanendo sempre sul fondo del medesimo e che, come dicesi, lavorano in *trincea*.

Gli escavatori del tipo *b* reggono in falso un peso superiore a quelli del tipo *a*, epperò possono trasformarsi in escavatori di trincea, adoperando elinde corte ed accorciando opportunamente le catene dell'a noria.

Entrambi i due tipi di escavatori funzionano secondo un solo principio. Si immagini infatti una catena di ferro senza fine, a maglie articolate, la

quale porti un determinato numero di secchie, aventi forma e struttura adatta a scavare la terra ed a sollevare il materiale scavato, e si avvolga sopra due tamburi prismatici situati a differenti altezze, il superiore dei quali sia messo in moto per l'azione di una macchina a vapore, trasmettendo il movimento alla catena, l'inferiore serve unicamente a sopportare il peso della catena e a dirigerne il movimento, essendo raccomandata all'estremità inferiore di una trave, detta *elinda* o altrimenti *scala di guida*, capace di ricevere tutte le inclinazioni, a seconda del bisogno, mediante catena munita di paranco; negli escavatori del tipo *a* ad elinda corta le secchie ritornano cariche dalla parte superiore della noria e si vuotano naturalmente nel momento in cui passando per il tamburo superiore rovesciansi per ripigliare il cammino inverso sottostante; negli escavatori del tipo *b* le secchie lavorando con un movimento inverso, ritornano cariche dalla parte inferiore della noria e si scaricano prima di arrivare al tamburo superiore mediante l'automatica apertura del loro fondo e con un movimento di distacco della catena.

Spesso uno stesso escavatore può servire ai due usi, accorciando o allungando le elinde e quindi anche la catena, a seconda che si voglia lavorare in trincea, ovvero in sottoscavazione.

Si lavora quasi sempre in sottoscavazione quando i terreni sono umidi. Per terreni asciutti si comincia con lavorare facendo uso di elinde lunghe in sottoscavazione, finchè non si è aperta la trincea, preparando così il terreno al medesimo o ad altro escavatore, che, fatto scorrere sul fondo della trincea, lavori facendo uso di elinde corte, per tutta l'estensione del cavo da praticarsi, ripigliando tosto il lavoro di sottoscavazione con elinde lunghe e così via di seguito fino a raggiungere la profondità voluta nel cavo generale.

## § 7.

### L'ESCAVATORE COUVREUX.

Il tipo maggiormente in uso di escavatore ad elinde lunghe è quello noto sotto il nome di *escavatore Couvreux*, che è quello del suo inventore. Questo tipo di escavatore fu per la prima volta usato nella costruzione del canale di Suez. Adesso se ne fa uso in larga

scala, dopo che ha subito notevoli perfezionamenti, pur rimanendo inalterata la sua conformazione fondamentale, anche come draga marina. Nella fig. 53 trovasi rappresentato l'escavatore Couvreux quale si costruisce oggidi in Italia. Di recente si è fatto largo uso di questi escavatori nella bonifica di Burana presso Ferrara. Ne costruisce anche la Società di Lubecca in ferro, ed il carro montato sopra quattro assi, ciascuno a tre ruote, sopporta il generatore di vapore, i meccanismi motori e la catena con le secchie. La sua base è ampia 4 metri, e le tre ruote di ciascun asse sono situate due alla distanza di un metro, mentre la terza è alla distanza di 3 m. della prima; le tre rotaie destinate al servizio dell'escava-

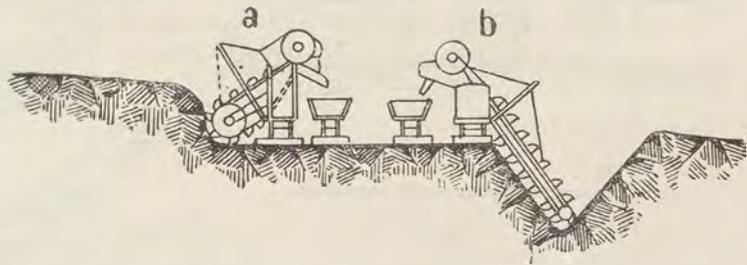


Fig. 52.

tore devono perciò conservare queste distanze. Tra le due rotaie distanti 3 m. si colloca un binario di servizio con lo scartamento di un metro circa per i treni di trasporto dei materiali scavati dalla draga. A tal'uopo il carro portante il macchinario è foggiato in modo da lasciar passare i carri da trasporto sotto di sé per essere disposti in corrispondenza della tramoggia di scarico. La caldaia orizzontale del sistema tubulare è disposta nella parte del carro opposta a quella del macchinario estrattore per fare equilibrio col suo peso a questo durante il funzionamento. Essa alimenta due motrici, una più potente che imprime il movimento alla catena con le secchie, l'altra più piccola, la quale serve ad imprimere i movimenti di traslazione al carro sulla via ferrata.

La noria delle secchie è messa in moto mediante un ingranaggio fissato sul tamburo superiore, il quale per mezzo di denti *f* (fig. 54), ingrananti con le maglie articolate della catena continua, la fa scorrere unitamente alle secchie; queste sono costruite in lamiera di acciaio e provviste di coltelli pure di acciaio (fig. 3, Tav. IV). Il versamento della materia ha luogo alla sommità, all'atto che esse cambiano direzione nel loro movimento sul tamburo superiore,

automaticamente, in quanto che il loro fondo essendo mobile attorno una cerniera, cade per effetto del movimento indietro della catena. Il materiale viene

raccolto in una tramoggia che lo versa nei carri da trasporto.

Il comando di questo escavatore durante la sua

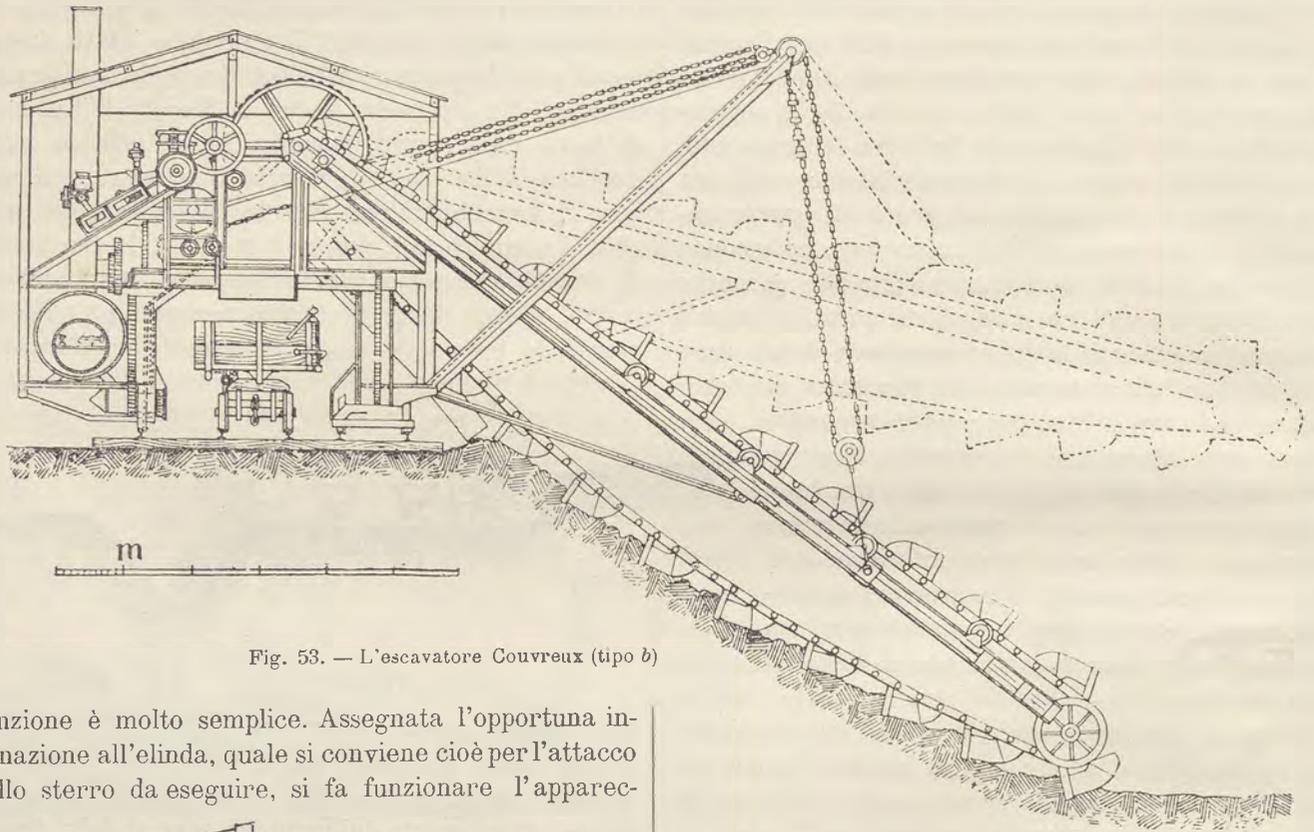


Fig. 53. — L'escavatore Couvreur (tipo b)

funzione è molto semplice. Assegnata l'opportuna inclinazione all'elinda, quale si conviene cioè per l'attacco dello sterro da eseguire, si fa funzionare l'apparec-

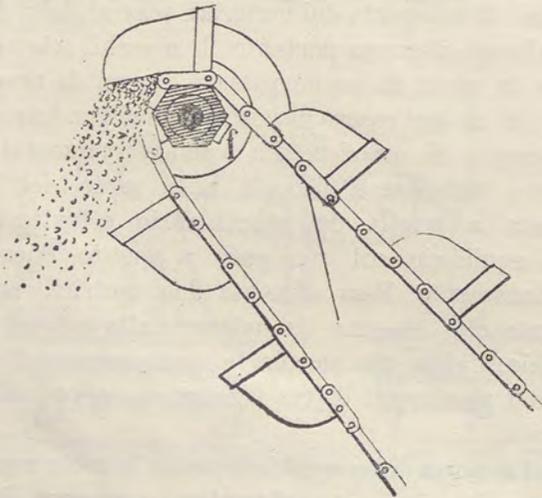


Fig. 54.

chio, spostandolo mano mano parallelamente al suo binario con una velocità corrispondente al lavoro delle secchie, che può raggiungere m. 1, a m. 1,50 al minuto, riempiendo l'un dopo l'altro i carri che stanno fermi sul binario di servizio posto tra le ruote dell'apparecchio.

Perchè la terra proveniente dalla tramoggia nello spostamento della draga non venga a cadere nello spazio tra un vagone e l'altro, la tramoggia porta alla sua bocca di uscita una cateratta mobile che si fa manovrare opportunamente da un operaio che assiste al caricamento del treno di trasporto.

Nella fig. 55 è rappresentato un escavatore Couvreur del tipo a, per lavoro in trincea a elinde corte. In questo il movimento della catena, alla quale sono unite le secchie, è diretto in senso inverso a quello del tipo precedente con lunghe elinde. Le secchie perciò pervengono al tamburo superiore dalla parte di sopra e differiscono nella forma dai precedenti, avendo il fondo fisso, come quello delle draghe marine (fig. 2. Tav. V), ed il loro scarico ha luogo naturalmente, all'altezza del tamburo superiore, in virtù del loro capovolgimento intorno al medesimo. Anche qui le terre vengono versate in una tramoggia e riposte nel sottostante carro da trasporto.

Riproduciamo alcuni dati della potenzialità di questi escavatori riportati in una memoria dello stesso inventore esposta nel 1878 a Parigi. In essa si legge che quattro di questi escavatori lavoranti a Vienna dal 1869 al 1875 per la rettificazione del Danubio diedero i risultati rappresentati nella seguente tabella:

Anni	Giorni di lavoro sommati dei 4 escavatori	Scavo effettuato in m. c.	Lavoro medio di un escavatore al giorno in mc.
1870	348	164,170	472
1871	880	892,010	1014
1872	885	1208,690	1340
1873	732	1099,030	1500
1874	80	97,935	1224
Tot.	2925	3461,835	1387

A Carrières sur Seine un escavatore Couvreur di 40 tonn. lavorò per le fondazioni di una conca di derivazione. L'ing. De Preaudau ne seguì l'andamento e ne fece una relazione dalla quale si estraggono i seguenti dati: Fronte di attacco dello scavo m. 4,50 a 5 per ora di lavoro effettivo, rendimento medio mc. 66, massimo mc. 89 per le fondazioni; nel canale di derivazione tali cifre raggiunsero rispettivamente 80 e 100 mc. Il motivo del rendimento relativamente piccolo si deve ricercare nel fatto che avendo lavorato in trincea con elinde corte, con terre argillose con acqua infiltrante, le secchie non erano provviste di alcun apparecchio per essere liberate dalla materia imbevuta che rimaneva attaccata alle medesime.

Il rendimento medio di questi escavatori adunque si può calcolare non inferiore ai 1000 mc. al giorno di 12 ore di lavoro; negli scavi subacquei si può ritenere corrispondente circa alla metà.

### § 8.

#### L'ESCAVATORE SATRE.

L'escavatore Couvreur è stato modificato in diversa guisa, a seconda delle officine che l'hanno fabbricato. Gli escavatori conosciuti sotto i nomi di Weyher e Richemond, a noria di Boulet, di Satre, di Bourdon, di De Ville-Chatel, di Figeo e De Kruiff,

di Smulders, di Bünger e Leyrer, di Yering (modello *a* della Società di Lubecca) e di Wollhering e Bernhardt (modello *b* della medesima Società) non sono che varianti dell'escavatore Couvreur, essendo identico il meccanismo fondamentale. Sembra pertanto maggiormente degno di illustrazione quello dell'ingegnere, E. Satre di Lione a doppio uso, da servire, cioè, tanto in trincea, quanto in sottoescavazione, mercè il cambiamento delle elinde e delle secchie con la catena.

Il carro contenente il generatore di vapore, le motrici e la catena, costruito intieramente in ferro, ha l'apparenza di una locomotiva tramviaria. La fig. 1 e la fig. 2, Tav. IV, danno la vista dell'escavatore Satre rispettivamente provvisto di lunghe e di corte elinde. Il carro, simile a quello ferroviario, è costruito con due travi lungheroni (m. 8 × 0,7) rinforzati da lungherine intermedie ed è largo m. 3; sopporta la caldaia tubulare, che contiene mq. 50 di superficie di scaldamento, è del diametro di m. 1,52, con

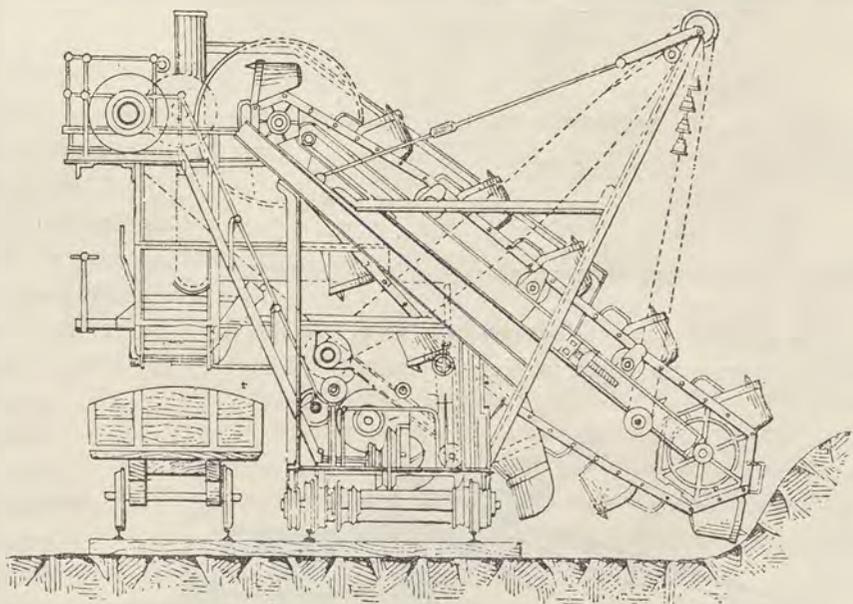


Fig. 55. — L'escavatore Couvreur (tipo *a*)

una lunghezza di m. 3,50, e che può produrre 1000 Kg. di vapore all'ora sotto pressione di 7 atmosfere. La motrice sviluppa 52 cavalli di forza. Il movimento al tamburo superiore è trasmesso mediante una catena di Gall, simile a quella che sostiene le secchie, evitando così gli ingranaggi. L'elinda si alza e si abbassa mediante una ruota dentata montata sull'asse che porta il rocchetto della catena di Gall e con disposizione tale che il movimento dell'elinda possa avere luogo indipendentemente dal movimento della catena della noria:

L'elinda che ha la forma di un solido di eguale resistenza è alta m. 0,312, e m. 0,50 nel suo mezzo ed è lunga m. 13, 30 per lavorare in sottoescavazione. Consta di tre parti, per modo che togliendo la parte centrale  $xy$  e riunendo le estreme, essa si adatta per i lavori in trincea. È costituita da due travi a doppio T con lamiera verticale traforata, collegate con contravventi, un po' convergenti dal basso verso l'alto. L'attacco superiore dell'elinda è fatto per mezzo di supposti quadrati  $d$  che si possono muovere lungo scanalature  $s$  portate dall'ossatura del carro, essendo attraversate da viti che si manovrano a volontà. Con questa disposizione si porta l'articolazione dell'e-

linda al punto voluto per dare alla catena con le secchie la necessaria tensione.

Una cassa di zavorra  $z$ , situata in alto dalla parte opposta dell'elinda, giustamente caricata, serve per fare equilibrio al peso dell'elinda ed alle secchie cariche di materiali.

Per lavorare in trincea, con elinde corte, si sposta di 10 centim. il tamburo superiore (fig 2, Tav. IV) per lasciar passare le secchie che sono di un diametro più grande di quelle precedenti. Ed essendo l'apparecchio più equilibrato rispetto alle rotaie di traslazione, la sua stabilità non viene menomata sopprimendo la terza ruota degli assi e quindi

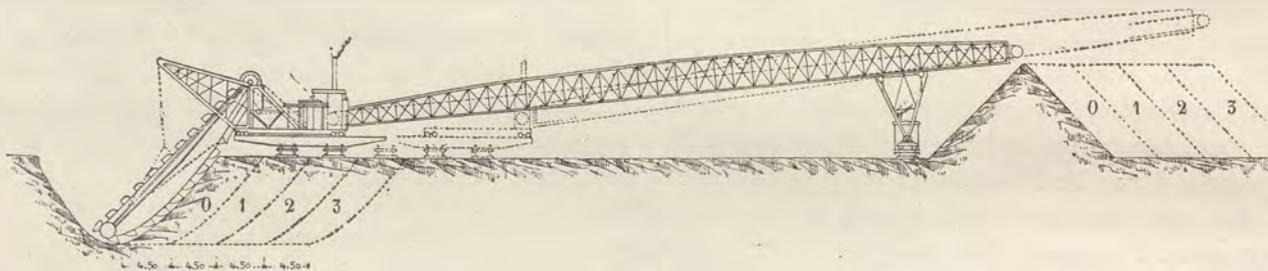


Fig. 56. — L'escavatore di Buette.

la terza rotaia, necessaria soltanto quando si debba lavorare in sottoescavazione.

### § 9.

#### L'ESCAVATORE DI BUETTE A PIATTAFORMA MOBILE.

Si è detto come gli escavatori a noria a lunghe elinde si muovano sopra un binario piantato sul ciglio

sicura maggiormente la stabilità della draga rispetto ai possibili scoscendimenti di terreno.

L'escavatore che rappresentiamo schematicamente nella fig. 56 e in particolare nella fig. 1 (Tav. V) si compone di due piattaforme, l'una inferiore, che è quella propriamente del carro, supportato da 12 assi con ruote ripartite sopra due binari distanti tra loro m. 4,50, e porta la caldaia con la motrice che serve a trasmettere all'escavatore il movimento di dislocazione sopra i due binari paralleli allo sterro e ad imprimere a una piattaforma superiore un movimento di traslazione normale al precedente; l'altro, la piattaforma superiore, riposa sull'inferiore per mezzo di rulli ed il suo movimento di traslazione si estende fino a una lunghezza di m. 4,50, quanto cioè la larghezza dei binari, come risulta chiaramente dagli sbalzi segnati con punteggiato in detta figura.

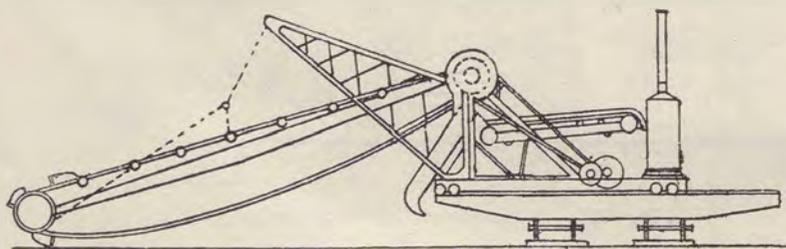


Fig. 57.

dello sterro e come questi escavatori nel loro movimento di traslazione sul binario asportino una zona di terreno variabile tra i 30 e i 40 centim., terminata la quale il binario si deve spostare di altrettanto verso il monte.

L'escavatore Buette evita questi frequenti spostamenti del binario, mantenendo anche tutto il meccanismo distante dall'orlo dello sterro, ciò che as-

La piattaforma superiore sopporta tutto il meccanismo effossorio, cioè un'altra caldaia con motrice, le elinde e la catena con le secchie, come negli escavatori Couvreur, a differenza che la terra scavata anziché essere versata nei vagoni da carico, viene versata sopra una tela senza fine e da questa nei vagoni, ovvero può essere versata per costituire ar-

gini o terrapieni. Quando si comincia lo scavo, la prima posizione dell'elinda è quella della fig. 57, avente la massima deviazione dalla verticale, mentre la piattaforma superiore è portata all'estremità della sua corsa, col minimo sbalzo verso lo sterro; col progredire del lavoro l'elinda va abbassandosi fino a raggiungere il massimo della sua corsa radiale. Da questo momento si fa retrocedere gradatamente la piattaforma superiore sulla inferiore, fino al limite della sua corsa, cioè fino a che pervenga col minimo sbalzo verso lo sterro. Durante questo tempo l'apparecchio ha praticato uno sterro, che nella fig. 56 è indicato con 0, ed un terrapieno che nella figura è pure segnato con 0.

Preparato in tempo il binario 1, distante m. 4,50 dal precedente, si farà passare l'escavatore sui binari 0 e 1 e si ricomincia l'operazione eseguendo lo sterro 1 e così di seguito si potranno scavare le zone 2, 3, . . . . e compiere gli interri 2, 3, . . . . Il trasportatore, tipo Allard, rappresentato schematicamente nella fig. 56, è costituito da una trave che può raggiungere una lunghezza di 54 m. e una larghezza di 2 m. e da una tela continua in caoutchouc dello spessore di 8 mm. nella quale sono contenute due strisce di tela di cotone. Questa tela si avvolge attorno a due tamburi situati alle due estremità della trave, poggiandosi con una estremità sul carro dell'escavatore, dal quale il tamburo riceve anche movimento girevole, con l'altra estremità si poggia sopra un carrello scorrevole sopra un binario parallelo a quelli dell'escavatore e portante un'altra macchina a vapore (caldaia e motrice) della forza di 12 cavalli, la quale trascina il carrello e quindi l'estremità lontana del trasportatore. Nè occorre che il binario di questo carrello si sposti, quando l'escavatore si sposta di m. 4,50 alla volta, in quanto che la trave dell'espertatore è fatta in modo che essa potrà scorrere sul

carrello e può aggettare con uno sbalzo di 24 m., come appunto è indicato con punteggiate nella fig. 56.

### § 10.

#### L'ESCAVATORE A NORIA GIREVOLE DI BOURDON,

Se la noria di un escavatore a secco avesse la possibilità di potere rotare attorno un asse verticale, l'escavatore, fosse a lunghe che a corte elinde, potrebbe lavorare a destra ed a sinistra del binario in maniera simile come suol praticarsi con gli escavatori a cucchiaio di Ruston e di James anteriormente descritti.

Con questo principio dai signori Frey e Sayn

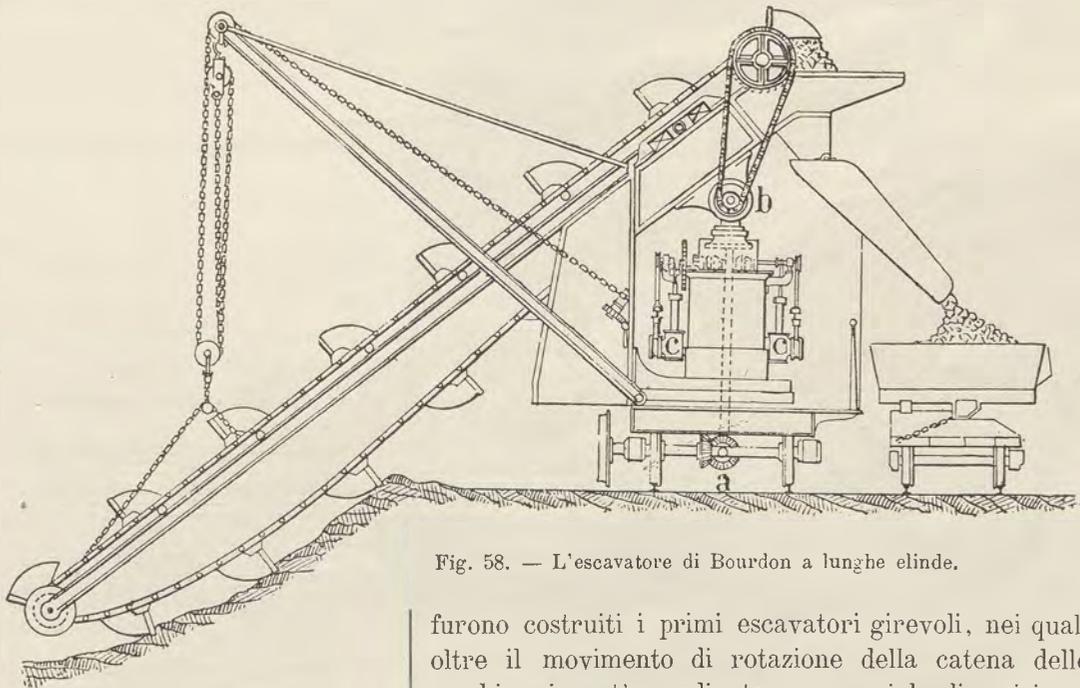


Fig. 58. — L'escavatore di Bourdon a lunghe elinde.

furono costruiti i primi escavatori girevoli, nei quali oltre il movimento di rotazione della catena delle secchie, si portò, mediante una speciale disposizione, la novità di far tenere aderente alla scarpa nel tipo che lavora in trincea, non una sola, ma più secchie, come vedremo anche effettuato nel tipo più perfetto di Iacquelin e Bourdon, che vogliamo particolarmente descrivere, e ciò per ottenere con un maggior numero di secchie, un lavoro utile superiore, come si ottiene negli escavatori a lunghe elinde.

Il Bourdon ha immaginato e costruito un escavatore a noria avente girevole l'insieme del castello con la noria e l'elinda. Questo escavatore, rappresentato nella fig. 58 con lunghe elinde e nella fig. 59 a corte elinde, ha l'asse di rotazione del meccanismo effossorio concentrico con la caldaia verticale della motrice, la quale è posata sopra una robusta piastra sopportata dal carro. La caldaia alimenta due mac-

chine *c*, ognuna delle quali ingrana con una ruota conica sopra una comune ruota dentata fissata all'asse verticale *a* del meccanismo effossorio. Questa ruota comunica il suo movimento alle ruote dentate *b* calettate sopra un asse orizzontale, il quale, mediante una catena di Gall, comunica il movimento al tamburo superiore della noria. Con tale disposizione la noria funziona qualunque rotazione questa facesse attorno al suo asse verticale. A muovere orizzontalmente sulle rotaie tutto l'apparecchio si provvede mediante opportuni ingranaggi. Le secchie versano il loro materiale in una tramoggia fissa col castello girevole, e di dove la terra cade in una doccia fissa,

recchio noto col nome di escavatore Jacquelin-Bourdon. Come si rileva, si hanno in questo quattro tamburi *v*, *x*, *y*, *z* anzichè due fra l'elinde. Giunte le secchie al tamburo superiore *v*, alla sommità della scarpa della trincea, per rovesciare il materiale nella tramoggia percorrono ancora il tratto quasi orizzontale *v x*, durante il quale esse si mantengono con la bocca in su, epperò non versano materiale, in virtù del proprio peso, essendo girevoli intorno a un proprio perno orizzontale. In questo tipo di escavatore l'apparecchio effossorio ed il macchinario motore sono girevoli intorno ad un asse verticale. Il materiale versato nella tramoggia si riversa in una tela senza

fine per essere versata a forma di argine a determinata distanza dallo scavo ovvero sui carri da trasporto. Sopra 19 secchie portate dalla catena, sette partecipano contemporaneamente al lavoro di scavo.

### § 12.

SCAMBIO SCORREVOLE PER ESCAVATORE GIREVOLE.

Condizione indispensabile per avere un massimo utile con gli escavatori, in genere, è quella di farli

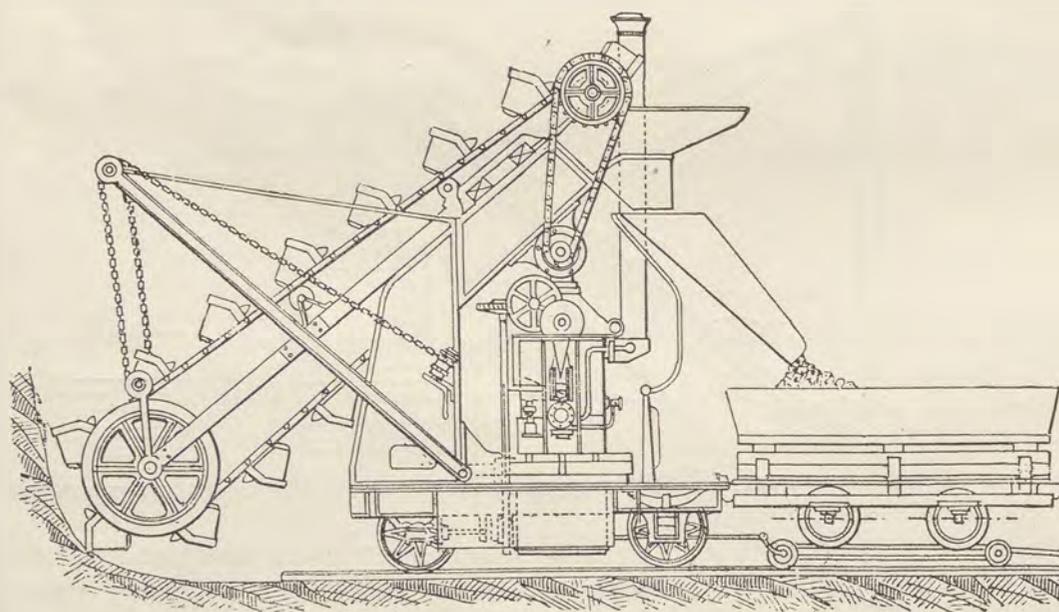


Fig. 59. — L'escavatore di Bourdon a corte elinde.

ma che può raccogliere le materie anche sotto un angolo di  $60^\circ$  di deviazione della noria.

### § 11.

L' ESCAVATORE GIREVOLE DI IACQUELIN  
MODIFICATO DA BOURDON.

Gli escavatori che lavorano in trincea portano il loro sforzo sopra una sola secchia per volta (tipo Couvreux), mentre maggiore effetto utile si ricaverebbe se non ad una secchia, ma a più secchie potesse portarsi lo sforzo del motore, come si pratica negli escavatori con elinde lunghe, dove molte secchie partecipano contemporaneamente allo scavo.

Nella fig. 60 si ha la rappresentazione dell'appa-

lavorare con continuità, procurando che il servizio di trasporto sia fatto sollecitamente, perchè si abbiano ad eliminare i dannosi perditempi.

Con gli escavatori girevoli lavorando a destra ed a sinistra, si pratica uno sterro a forma di cunetta, della larghezza di 9 m. circa, sulla quale non possono installarsi che tre binarii, quello dell'escavatore centrale e due laterali per il servizio e caricamento dei carri. I vagoni non possono giungere perciò che di testa, ed occorre ritirarli uno ad uno tosto che sono carichi, prima di potere sostituire i vuoti. Ciò si faceva per forza animale a mezzo di scambi opportuni tra i tre binari, che, coll'avanzare dell'escavatore, occorreva spostare di pari passo, smontandoli e rimontandoli.

Per vincere questa difficoltà che produceva non lieve perditempo e impiego di mano d'opera, si è immaginata una disposizione di scambio dei binari, rappresentato a linee forti nella fig. 61, così detto a *sampa d'oca*, costituito dai binari di carico e dai

raccordamenti dei binari di corsa, formanti un solo apparecchio montato sopra rulli che scorrono sopra i tre binari *x, x, y*.

I binari dell'apparecchio mobile presentando una pendenza dall'escavatore ai raccordi, i vagoni

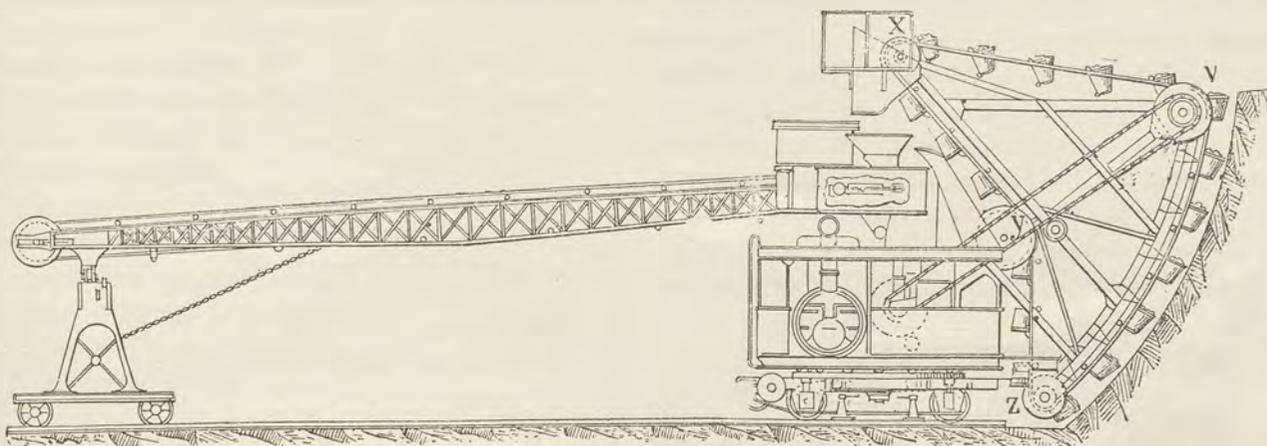


Fig. 60. — L'escavatore Jacquelin-Bourdon.

vuoti sono condotti al posto di caricamento, mediante una fune manovrata dallo stesso escavatore; ed allorchè sono carichi, discendono naturalmente abbandonati a loro stessi. Sono rimossi i cavalli e basta un solo operaio per sostituire i vagoni. Coll'avanzarsi dell'escavatore, non si deve fare altro che preparare

trito che le medesime esercitano contro il terreno destinato ad essere smosso. Nella fig. 3 a Tav. IV

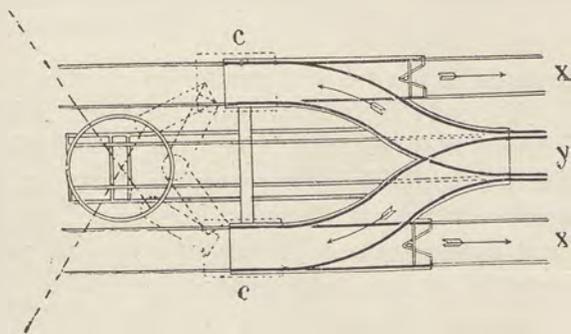


Fig. 61. — Lo scambio scorrevole.

i tre binari fissi *x, y, z* sui quali l'escavatore trascina seco l'apparecchio degli scambi a zampa d'oca.

### § 13.

#### LE SECCHIE DEGLI ESCAVATORI.

Si è accennato alla necessità di uno studio accurato ed intelligente da riporsi sulla costruzione delle secchie per gli escavatori, onde si evitino o si riducano al minimo le resistenze passive dovute all'at-

trito che le medesime esercitano contro il terreno destinato ad essere smosso. Nella fig. 3 a Tav. IV

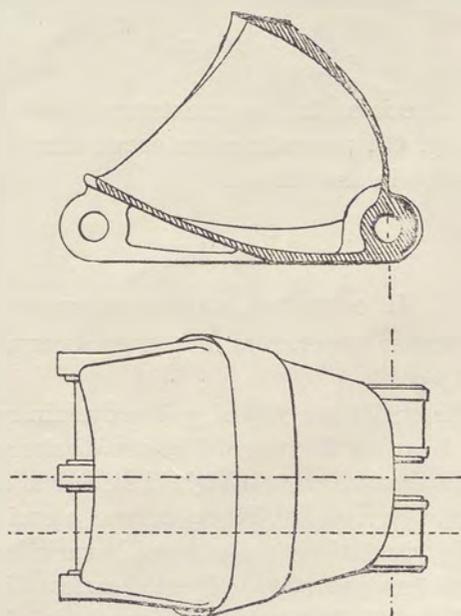


Fig. 62.

chione di rinforzo, di acciaio, bullonato lungo l'orlo, serve di coltello taglia-terra.

Nella fig. 2 a Tav. V è pure dato il disegno di un tipo di secchie per escavatore lavorante in trincea; è simile alle secchie delle draghe marine, costruite col fondo fisso e rinforzate nell'orlo da quattro cerchioni costituenti un solo coltello taglia terra, che tavola è massiccio, di un sol pezzo di acciaio.

Migliore forma e maggiore resistenza offrono le secchie del modello Simons, rappresentate nella fig. 62, dove tutta la secchia con i cerchioni è di un sol

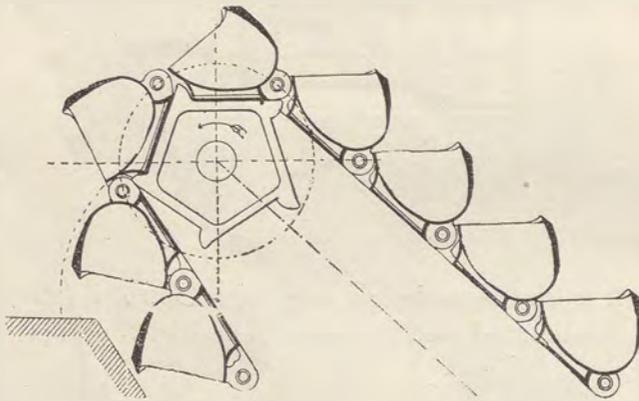


Fig. 63.

pezzo d'acciaio. La loro montatura a noria, indicata nella fig. 63, presenta robustezza e durata superiore alle altre in uso fin'ora.

#### § 14.

##### IL COSTO DEL LAVORO DI STERRO COGLI ESCAVATORI DEL TIPO COUVREUX.

Naturalmente non si può preventivare in maniera tassativa il costo del lavoro di sterro prodotto con un escavatore, variando il medesimo col variare di molte circostanze. Riproduciamo alcuni dati, raccolti da risultati pratici ottenuti in varie località, che possono fornire una sufficiente indicazione di tale costo.

L'ing. E. De Sanctis nel giornale del *G. C.* (1879) dà il seguente costo giornaliero di un escavatore di 24 cavalli di forza, capace di estrarre 1000 mc. di materie al giorno:

Legna bruciata 17 quintali a L. 2 . . . . .	L. 34,00
Olio, grasso, sego, stoppa, ecc. . . . .	» 5,50
Meccanico e fuochista . . . . .	» 10,50

Due operai per le manovre . . . . .	L. 5,00
Dieci operai per il binario e relativo spostamento. . . . .	» 30,00
Manutenzione del macchinario . . . . .	» 15,00
Tot.	L. 100,00

laonde secondo questi dati raccolti a Parigi, come egli asserisce, il costo di un m.c. di scavo, compreso il caricamento nei vagoni, è di L. 0,10.

L'ing. Debauxe (*Procedés généraux de construction*. Parigi 1886) fa il seguente calcolo per una giornata di lavoro con escavatore Couvreux da 1200 mc. al giorno, del prezzo di 20 mila franchi:

Capo operai . . . . .	fr. 10,00
Macchinista e sottomacchinista . . . . .	» 11,00
Capodraga . . . . .	» 5,00
Due manovali per le manovre . . . . .	» 7,00
Garzone . . . . .	» 2,00
Due manovali per la manutenzione. . . . .	» 8,00
Due armatori di binario . . . . .	» 14,00
Kg. 600 di Carbone a fr. 4 . . . . .	» 24,00
Olio . . . . .	» 3,00
Stoppa, ecc. . . . .	» 8,00
Ammortizzazione al 25 % per anno, per 200 giorni di lavoro . . . . .	» 25,00
Tot.	L. 117,00

corrispondenti a fr. 0,10 per metro cubo.

Il Neyt (*Tijdschrift* degli Ingegneri dell'Aia, 1880-81) fa la seguente analisi del costo degli scavi delle trincee di Hellendoorn coi tipi Couvreux, e l'estende partitamente alle spese di esercizio, alle spese per il cambiamento dell'elinda ed alle spese per impianto ed interessi, ed ottiene:

a) Spese di esercizio al mc. . . . .	L. 0,005 al giorno
b) Spese per il cambiamento della elinda e disposizioni relative al mc. . . . .	» 0,005 »
c) Spese di impianto ed interessi al mc. . . . .	» 0,065 »
Tot.	L. 0,125 al giorno

Anche l'ing. E. Satre fa il seguente calcolo del costo di un mc. di terra escavato con la sua draga, Ritenendo di estrarre 40,000 mc. di terra al mese.

ciò che corrisponde a 2000 mc. per 20 giorni utilizzati su trenta:

Costo dell'escavatore completo 62000 fr.  
300 m. di binario a fr. 40 12000 » } tol. fr. 74000.

Interessi al 6 % per un mese . . .	fr. 370,00
Ammortamento in 5 anni, per un mese »	1233,35
Consumo carbone . . . . .	» 720,00
Olio, grasso, mastice, pittura, ecc. »	320,00
Manutenzione e riparazione . . .	» 750,00
Un capo meccanico. . . . .	» 300,00
Un macchinista . . . . .	» 200,00
Un fuochista . . . . .	» 150,00
Guardia notturna, fuochista, oliatore »	130,00
Un manovale alla tramoggia . . .	» 120,00
Otto manovali per il binario . . .	» 1080,00
Un capo squadra armatore . . .	» 220,00
Due manovali per acqua e carbone »	240,00

Tot. fr. 5833,35

Spesa generale 30 % . . . . . » 1750,00

Spesa totale fr. 7583,35

Prezzo di costo al mc.  $\frac{7583,35}{40,000} =$  fr. 0,19

### § 15.

#### LE SCARPE DEI CAVI E LE SBADACCHIATURE.

Agli sterri generali si assegnano ordinariamente pareti inclinate secondo un angolo che varia col variare della natura del terreno. Questo angolo, che è quello d'equilibrio delle terre, fu sperimentalmente riconosciuto di

30°, 31'	nelle terre sabbiose,
39°	» » leggiere ed asciutte,
45°	» » ordinarie,
55°	» » argillose asciutte,
31°	» » » umide.

Siccome però le scarpe aumentano il volume degli sterri quanto più queste si presentano inclinate, obbligando anche ad un lavoro di ricolmo, allorchè sono stati costruiti i muramenti, tra questi e la superficie inclinata dello sterro; siccome spesso, per la vicinanza di altre costruzioni, canali, ferrovie, ecc., non si possono prolungare le scarpe, che pure sono necessarie per l'equilibrio del terreno circostante,

così, anche quando il terreno non sia molto compatto, si sogliono praticare i tagli verticalmente, armandone le fronti con apposite puntellature, che si chiamano propriamente *puntellature di sostegno* o *sbadacchiature*.

Le puntellature di sostegno hanno un carattere paramente provvisorio, in quanto che queste hanno luogo fino a che il cavo praticato non sia riempito di muratura, se esso è destinato a contenere le fondazioni, ovvero se, trattandosi di cavo generale, è destinato a contenere le costruzioni del piano che deve rimanere sottoterra.

Se si tratta di uno sterro generale, la fronte verticale, che ne limita il cavo, si mantiene in equi-

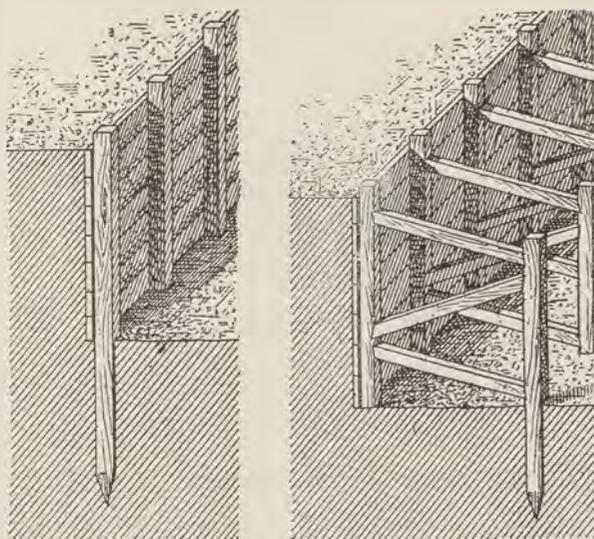


Fig. 64.

Fig. 65.

librio mediante una parete di tavole. Consiste questa puntellatura nel piantare, lungo la parete da sostenersi, una schiera di pali di legno, verticali, con la punta infissa nel terreno, per metà circa della loro lunghezza (fig. 64), disposti a distanza di m. 1,50 circa l'uno dall'altro e coll'intercalare una parete di grosse tavole (0,05 a 0,075 di spessore) tra i pali e la parete dello sterro, disponendole orizzontalmente ed a contatto se si tratta di terreni sciolti, distanziate se si tratta di terreni più consistenti. Tal'altra volta la schiera dei pali si dispone a distanza di m. 1,50 circa dalla parete (fig. 65) e (fig. 1, Tav. VI) in tal caso le tavole applicate alla parete dello sterro sono trattenute da ritti puntellati ai pali, mediante un conveniente numero di sbadacchi trasversali, fortemente incastrati a contrasto tra i pali e i ritti. Que-

sto secondo sistema di puntellare le pareti degli sterri generali si presenta più resistente: però esige l'impiego d'una maggior quantità di legname. Offre invece il vantaggio di una facile smontatura dei puntelli, allorchè lungo le pareti dello sterro vadano elevandosi i muri. I cavi ristretti per fondazioni vanno pure praticati con pareti leggermente inclinate o verticali e la loro ampiezza si fa tale da contenere esattamente le fondazioni. Se la loro profondità supera i m. 1,50 o 2 m. al più, bisognerà sostenere le pareti con puntellature che sono condotte in due ma-

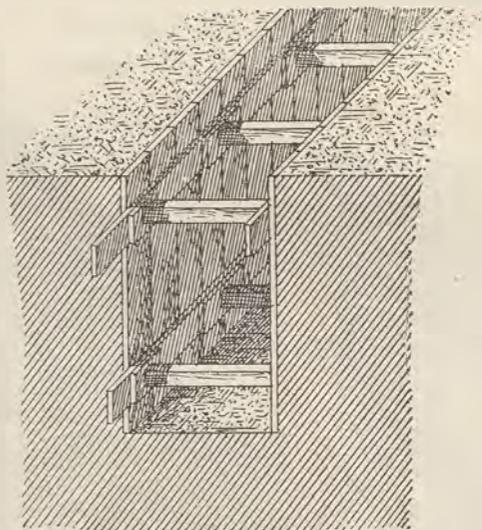


Fig. 66.

nere a seconda dello stato più o meno sciolto delle terre. Così per terre più consistenti basterà applicare contro le due pareti alcune tavole costituenti una parete discontinua (fig. 2 e 3, Tav. VI) e sbadacchiarle tra di loro mediante ordinari sbadacchi della grossezza di circa m. 0,12. Se il terreno è piuttosto sciolto, si impiega il rivestimento continuo di tavole, disponendole verticalmente (fig. 66) ovvero orizzontalmente (fig. 4 e 5, Tav. VI), sostenute da palanche o da ritti che si contrastano tra di loro con una o due serie di sbadacchi. Se il cavo è talmente largo da non permettere la sbadacchiatura a contrasto tra le due pareti di rivestimento, si ricorre a puntellature speciali per ogni faccia, affatto indipendenti tra di loro, della specie di quelle già indicate nelle fig. 1, 4, Tav. VI e fig. 64, 65.

Le fondazioni per piloni esigono cavi ristretti, ossia di limitate dimensioni orizzontali, mentre la loro profondità talvolta può raggiungere una grande di-

mensione. Naturalmente in questi casi le puntellature si estendono a tutte le faccie del cavo e la loro fattura è del tutto simile a quella che si pratica nel cavo dei pozzi.

## § 16.

## LE GENERALITÀ DELLO SCAVO DEI POZZI.

Col nome di *pozzo* si chiama qualunque escavazione fatta verticalmente allo scopo di raggiungere una certa profondità per un fine determinato. Talvolta si praticano dei pozzi anche con direzione diversa dalla verticale, e prendono il nome di *pozzi obliqui*. Servono sovente i pozzi a stabilire le fondazioni di un edificio sopra un terreno sodo, talvolta servono per raggiungere una vena d'acqua da estrarsi alla superficie, tal'altra per giungere fino a strati minerali delle viscere della terra, di natura preziosa e quindi coltivabili.

Negli scavi dei pozzi si comprendono tre distinte operazioni: lo scasso della terra o della roccia attraversata, il sollevamento del materiale sminuzzato, che si deve espellere pria di procedere oltre nell'approfondimento, ed il rivestimento delle pareti reso necessario allorchè si raggiunge la profondità con la quale le terre cominciano a manifestare pericolo di scoscendimento.

Per l'escavazione delle terre ed il rompimento delle rocce le norme da seguirsi ed i mezzi da mettere in uso sono quelli comuni ai cavi aventi sezioni ristrette. Anche del sollevamento delle materie provenienti dallo smovimento delle terre e del rompimento delle rocce si dirà altrove, allorchè si tratta del trasporto delle terre.

Quel che in questo paragrafo preme di menzionare è il rivestimento di questi cavi che soventi si impiegano per le fondazioni a piloni o per pozzi e che talvolta servono per aprire vie verticali stabili tra la superficie della terra e il sottosuolo, a scopo determinato.

Nel primo caso, evidentemente, il rivestimento ha carattere provvisorio, come provvisorio è il cavo, che esiste finchè non ha luogo la costruzione della struttura fondamentale, che quasi sempre l'occupa per intero. Nel secondo dei casi, il rivestimento ha carattere duraturo, epperò va fatto quasi sempre in muratura.

La forma che si assegna ai pozzi è varia a seconda lo scopo al quale deve servire il pozzo. Pei

pozzi stabili e molto profondi la forma ordinaria è quella a sezione orizzontale circolare ovvero ellittica, siccome quelle che meglio si prestano sia per le operazioni di scavo, sia perchè le incorniciature in muratura si trovano in migliori condizioni di stabilità contro le pressioni esterne della terra che le circonda. Pei pozzi provvisori che si fanno per la stabilitura delle fondazioni i cavi hanno la forma per lo più rettangolare e le dimensioni medesime che deve avere la struttura fondamentale.

## § 17.

## LO SCAVO DI UN POZZO CON SBADACCHIATURE DI LEGNAME.

Lo scavo del pozzo si fa per strati di profondità compatibile con la coesione delle terre, si approfondisce, cioè, lo scavo fino a che la terra non dia segni di scorrimento; da allora si procede al rivestimento della parte scavata prima di proseguire nello sterro per altrettanta profondità. Nella fig. 1, Tavola VII, è rappresentata la sezione verticale di un pozzo rivestito di tavole. Si intende a sezione orizzontale quadrata, ma ciò, che si dice per questo, vale anche per le sezioni rettangolari, quando il rapporto dei due lati non raggiunge quello di 1 a 2. L'incamiciatura è di tavole lunghe un metro circa, disposte verticalmente, tenute aderenti alle pareti dello sterro mediante intelaiature collocate a distanza di tavola, sostenute le une alle altre mediante coppie di listelli di legname inchiodati o per mezzo di grappe di ferro. Se la terra in virtù della forza di coesione si sostiene per l'altezza di una tavola corta ed allora è facile la montatura dell'incamiciatura, si procederà per strati, avendo cura di introdurre a viva forza, coll' aiuto di cunei, le tavole del secondo strato, ad esempio, attraverso lo spazio fra le tavole del primo strato e il relativo telaio inferiore, finchè queste non arrivino al fondo del cavo del secondo strato, allorchè si monta la intelaiatura che sarà la terza a partire dall' orlo del pozzo. Il collegamento delle travi del telaio va fatto a mezza grossezza (fig. 67).

Se la terra è molto sciolta da non permettere uno sterro profondo di un metro, cioè della lunghezza delle tavole, queste si introducono come avanti si è detto, e si vanno abbassando mano mano che si ab-

bassa lo scavo, facendo uso a seconda che occorra di un telaio di aiuto come nella fig. 67.

La maniera più comune di puntellare scavi per pozzi è quella indicata nella fig. 2, Tav. VII, secondo la quale le tavole disposte a contatto verticalmente sono sbadacchiate da telai simili ai precedenti, sostenuti a distanza mediante ritti, a sezione naturale, situati agli angoli, e quivi trattiene mediante caviglie di ferro (fig. 3, Tav. VII), ovvero mediante cunei di legno inchiodati sopra e sotto le travi del telaio, come è praticato nella fig. 4, Tav. VII. Le tavole possono essere lunghe m. 1,80, se la terra a quella profondità si sostiene senza minaccia di pericolo.

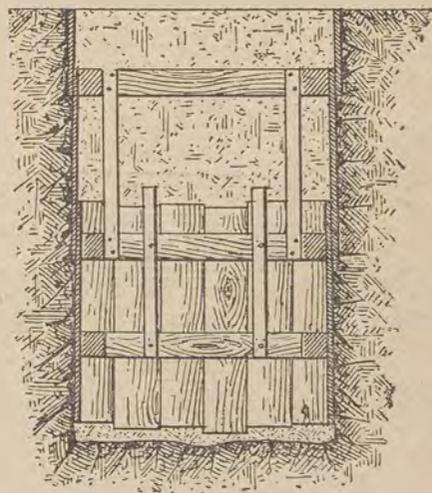
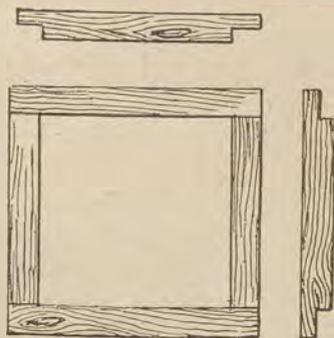


Fig. 67.

Per lo scavo del secondo strato conviene sostenere la puntellatura nella sua posizione; bisogno questo che non avea luogo nella maniera di rivestire avanti cennata, perchè quivi l'incamiciatura si sostiene in virtù della forte adesione procacciata dall' avere introdotto lo strato di tavole a viva forza tra ciascun telaio e le rispettive tavole dello strato superiore.

Per far questo, sul fondo del primo cavo si scava nel suo centro un pozzetto profondo circa m. 1,80; sul fondo di questo si appoggia una piattaforma di legno, e praticati quattro intagli, ortogonali due a due, sulle pareti del pozzetto, si puntella la soprastante armatura con travi oblique, come è indicato in figura, e che si tolgono, per ripetere la medesima operazione, qualora sia praticato lo sterro rimanente e compiuta la incamiciatura delle pareti dello scavo ultimo praticato.

Quando la lunghezza del lato più lungo dello

scavo supera non solo il doppio dell'altro lato, ma supera in misura assoluta i quattro metri, allora le travi che compongono l'intelaiatura vanno rinforzate mediante ritti intermedi ed occorrendo anche con saetoni inclinati (fig. 4, Tav. VII). Se i terreni sono piuttosto consistenti, l'armatura di tavole, invece, si può limitare ed eseguire semplicemente come in fig. 5, Tav. VII.

### § 18.

#### LO SCAVO DI UN POZZO CON RIVESTIMENTO IN MURATURA.

Pei pozzi di carattere stabile il rivestimento in muratura si può far procedere in due maniere diverse a seconda della consistenza del terreno che il pozzo

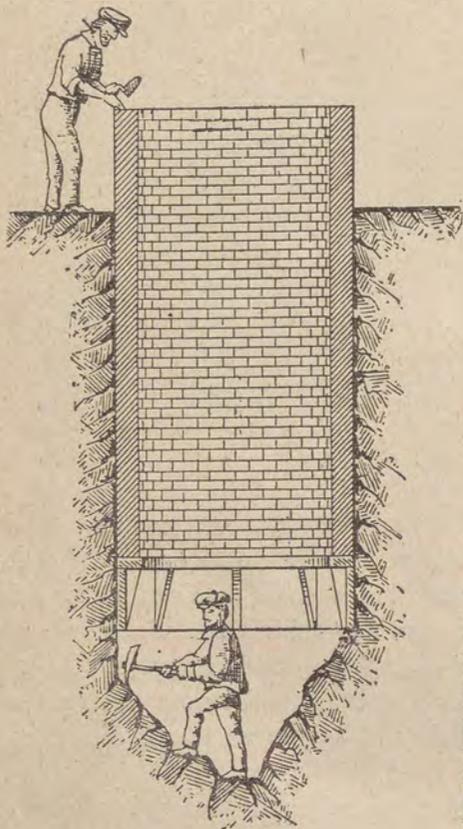


Fig. 68.

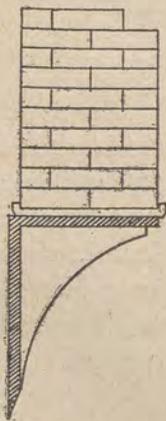


Fig. 69.

attraversa. Così se il terreno è piuttosto sciolto, si può profittare di questa condizione per adottare il sistema così detto *a tamburo* (fig. 68), consistente nel costruire e adattare sul fondo del cavo, praticato sino al limite di tolleranza della terra, un anello piatto di legno o di ferro (fig. 69), secondo il diametro, della forma e dimensione della incamiciatura in muratura da costruirsi, unito a un tamburo cavo dello

stesso materiale al quale è rafforzato per mezzo di mensole.

L'orlo inferiore del tamburo è tagliato a scalpello, mentre l'orlo superiore sostiene l'anello sul quale si comincia la costruzione del cilindro in muratura, avendo cura di completare ogni corso di mattoni prima di sovrapporne un altro, cosicchè l'anello riesca caricato uniformemente tutto all'ingiro. Continuando lo scavo intorno, al di sotto del tamburo, in maniera pure uniforme, questo è obbligato, in virtù del peso della muratura, ad abbassarsi con essa, mentre un operaio continua la costruzione della incamiciatura sull'orlo superiore. Così che tanto il lavoro di scavo, quanto quello dell'abbassamento della muratura e la costruzione della nuova muratura procedono contemporaneamente. In questa operazione si avrà speciale cura acciocchè tutto il cilindro cavo di muratura si approfondisca senza deviare dalla direzione verticale, nel qual caso, aumentando enormemente l'attrito tra la terra e le pareti esterne del cilindro in muratura, questo può essere obbligato a non più discendere.

Qualora l'attrito tra la terra e la muratura diventasse davvero sì grande da impedire una ulteriore discesa del cilindro murale senza potere raggiungere la profondità del cavo, potrebbesi seguitare la costruzione, procedendo a un lavoro di puntellamento provvisorio della muratura e seguitando lo scavo del pozzo e l'incamiciatura con lo stesso metodo, come se fosse un nuovo pozzo, in maniera indipendente dall'incamiciatura già costruita, la quale si collegherebbe alla nuova a lavoro compiuto, con muratura intermedia in sottomurazione.

Se il terreno che si attraversa non è molto sciolto da permettere una certa profondità dello scavo senza provvisoria puntellatura, si può procedere al lavoro di scavo e di muratura col metodo, così detto di *sottomurazio e*. Anche qui occorre un anello abbastanza robusto, in legno o in ferro, delle identiche dimensioni della muratura da assegnarsi al rivestimento del pozzo. Per lo più questo anello è fatto di tavole grosse di larice, a strati sovrapposti (fig. 1, Tav. VIII) e commessure alternate.

Eseguito il cavo fino alla tolleranza del terreno, nel fondo del medesimo, orizzontalmente, si dispone l'anello di tavole e su di esso si costruisce l'incamiciatura in muratura, elevandola fino all'orlo superiore del pozzo. Indi si procede all'ulteriore escavazione, seguendo il metodo già accennato nella fig. 2,

Tav. VII, scavando cioè prima un cilindro di terra di più piccolo diametro, puntellando la colonna di muratura già costruita per completare tosto lo scavo e quindi eseguendo la costruzione di un anello di muratura in sottomurazione della prima, avendo cura di disporre in precedenza sul fondo del cavo un anello di legname.

Talvolta più semplicemente fu adottato il sistema di scavare il pozzetto interno e quindi due incastri, diagonalmente opposti, nelle pareti del pozzetto e sotto fondare lungo questi incastri la colonna di muratura con muratura stabile della stessa natura; praticare quindi altri due incastri secondo il diametro normale al precedente, e sotto fondare di nuovo lungo questi, per indi completare lo scavo delle pareti e la costruzione della rimanente parte di muratura

(fig. 2, Tav. VIII). Questo sistema, evidentemente, può applicarsi quando il terreno attraversato è abbastanza resistente contro la pressione prodotta sopra di questo dalla colonna in muratura sopraelevata.

## § 19.

## GLI STERRI SUBACQUEI.

Per sterri subacquei si intendono gli scavi nei terreni coperti dalle acque, *scavi sott'acqua* propriamente detti, ossia quelli praticati nei terreni attraversati o rammolliti dalle acque. Negli scavi sott'acqua distingueremo il cavo dei terreni sciolti da quello delle rocce, che rimandiamo a quando si tratterà del cavo delle rocce allo scoperto.

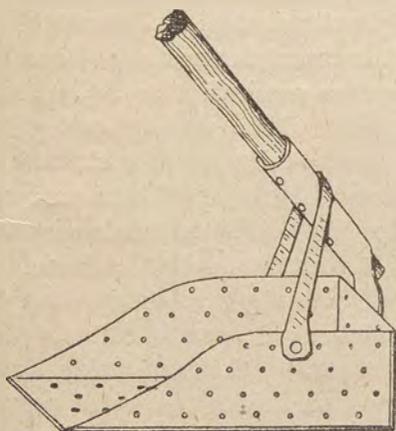


Fig. 70. — Il badilone comune



Fig. 71. — Il badilone veneto.

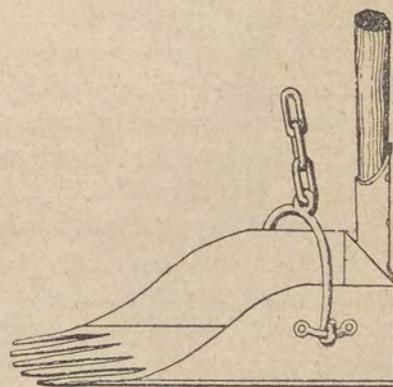


Fig. 72. — Il badilone per terre consistenti.

## § 20.

## GLI SCAVI DEI TERRENI SCIOLTI SUBACQUEI.

Per lo scavo di terre sciolte e melmose si adoperano strumenti e macchine effossorie simili a quelle descritte per gli scavi a cielo aperto. Non di rado gli scavi sott'acqua si eseguiscono prosciugando e separando preventivamente il terreno da escavare dalle acque circostanti per mezzo di opportune opere di difesa. Tal'altra si coprono i terreni con cassoni metallici aperti dalla parte di sotto, nei quali, introducendo dell'aria compressa, l'acqua viene schiacciata e gli operai possono lavorarvi dentro all'asciutto. Per maggiori nozioni di questi metodi speciali di praticare gli scavi nei terreni sott'acqua, ci riferiremo alle *fondazioni idrauliche*.

L'esecuzione degli sterri nei terreni sciolti con

carico d'acqua, che non supera i m. 1,50, si effettua convenientemente a braccia d'uomo, adoperando i *badiloni*, consistenti in cucchiaie di ferro a lungo manico di legno, aventi forme svariate a seconda della natura dei terreni da scavare e della maniera di usarle.

Se i terreni sono sabbiosi serve il *badilone comune* (fig. 70), avente la cucchiaia costituita da una cassetta di lamiera di ferro bucherellata ed aperta superiormente ed anteriormente ed al cui lato posteriore è innestato un lungo manico di legno. Se i terreni sono melmosi si impiegano con vantaggio i badiloni veneti (fig. 71) i quali hanno soltanto il contorno in ferro, provvisto di taglio per penetrare facilmente nella terra, al quale è unito un sacco di grossa tela che ne costituisce il fondo. Per terreni più consistenti il badilone è munito di denti (fig. 72)

ed è aiutato nella sua azione demolitrice da una catena che lo sostiene e lo solleva. Il maneggio dei badiloni si fa da uomini collocati sopra barche ovvero sopra stretti tavolati sostenuti da pali conficcati nel terreno; il materiale scavato viene depositato sopra la medesima barca o altro veicolo da trasporto. Un uomo, in una giornata di lavoro, può scavare 4 a 5 mc. di terra col badilone comune, e da 10 a 12 mc. di fango con la cucchiara veneziana.

Da che il vapore si applicò come forza motrice si ebbero però i primi tentativi di applicazione di questa forza per la scavatura dei terreni nel fondo dei laghi, dei fiumi e dei mari, per dare libero passaggio alle navi.

I meccanismi coi quali si ottenne e si ottiene tuttavia questo lavoro, simili assai a quelli che abbiamo descritto per la cavatura delle terre all'asciutto (*escavatori meccanici*), prendono il nome di *draghe* o *escava'ori marini*.

Le draghe marine sono disposte per la massima parte sopra galleggianti o bastimenti adatti per contenerle. L'apparecchio scavatore è costituito, come in tutti gli escavatori meccanici, da una catena senza fine, a lunghe maglie, alla quale sono sostenute le secchie. La catena si avvolge attorno a due tamburi, uno superiore portato dalla intelaiatura della draga, che trasmette alla catena il movimento che esso riceve da una motrice a vapore e l'altro sopportato dalla estremità inferiore di una elinda, la quale ne dirige il movimento.

Si hanno *bastimenti a dragare* nei quali la draga è disposta con l'elinda diretta secondo il loro asse longitudinale, se ne hanno di quelli in cui la draga occupa una posizione normale all'asse longitudinale ed altri infine in cui l'elinda con le secchie è situata tutta sporgente sopra un fianco del bastimento. Tutte queste draghe sono mosse dal vapore, però non ne mancano di quelle nelle quali, agendo nei fiumi a rapida corrente, per forza motrice si utilizza la corrente medesima fluviale per mezzo di grandi ruote a palette. Nè sono mancati i tentativi di draghe agenti con aspirazione del materiale fangoso o sabbioso entro tubi di ghisa, che servono anche a depositare il materiale nei veicoli da trasporto. Però le draghe che hanno avuto veramente una utile applicazione sono quelle a *secchie* e fra queste i tipi più comuni sono la *draga Gouin* e la *draga Couvreux*, entrambe avendo funzionato su

vasta scala nella escavazione del canale di Suez, e la *draga Brisse*.

### § 21.

#### LA DRAGA GOUIN.

Di questa draga galleggiante è data la vista nella fig. 1, Tav. IX. L'apparecchio escavatore è situato verso la parte posteriore del bastimento, il quale per lasciar campo al movimento libero della catena con le secchie è diviso longitudinalmente in due compartimenti A. Quasi nel centro del bastimento si ha l'intelaiatura principale della draga con la motrice *m* a vapore (25 cavalli); le caldaie generatrici del vapore e i bollitori a maggiore equilibrio del bastimento sono situati nella sua parte anteriore. La motrice *m* comunica il movimento al tamburo principale più alto e quindi alla catena con le secchie. Una seconda motrice più piccola *m'* (4 cavalli) serve a muovere quattro verricelli  $v_1, v_2, v_3, v_4$ , uno dei quali, il primo  $v_1$  è adibito alla manovra della elinda, agendo per mezzo della catena *c* che unisce la gru *x* al sopporto *y* dell'elinda; gli altri tre verricelli servono ad imprimere il necessario movimento di traslazione al bastimento, perchè il lavoro di scavo riesca uniforme e diretto regolarmente in ogni senso. Il materiale scavato è versato dalle secchie quando pervengono al punto culminante del loro movimento e raccolto da una tramoggia viene depositato nei veicoli da trasporto, costituiti per lo più da grossi barconi, per mezzo di due doccie situate l'una alla destra, l'altra alla sinistra del bastimento. Queste doccie sono articolate verticalmente per meglio dirigere il materiale nelle barche e poterle ripiegare in su, sopra loro stesse, quando il meccanismo più non funziona.

Le secchie sono di lamiera di ferro, rinforzate da un cerchione nel loro orlo superiore e bucherellate nelle pareti, allo scopo di eliminare l'acqua che viene sollevata unitamente ai materiali.

### § 22.

#### LA DRAGA COUVREUX.

Questa draga è identica a quella che porta lo stesso nome fra gli escavatori meccanici che lavorano a secco, dal lato costruttivo, nulla presentando di eccezionalmente diverso (fig. 2, Tav. IX). Questa draga è scorrevole sopra tre rotaie, essendo il suo

carro munito di due assi, ciascuno con tre ruote e lavora dalla riva in sottoescavazione. La sua disposizione emana chiara dalla figura. Una piccola motrice (4 cavalli) serve ad imprimerle un movimento di rotazione sopra le rotaie; il suo movimento è trasmesso a un asse delle ruote per mezzo di ruote dentate *r*. Una motrice più grande *m* (20 cavalli) è impiegata a far funzionare la draga propriamente detta. Il materiale versato dalle secchie sulla doccia viene deposto sopra i carri da trasporto. Talvolta questa draga porta una seconda elinda con secchie dalla parte opposta alla prima, la quale, funzionando con la stessa motrice, serve ad aggiustare la scarpa della strada sulla quale la draga scorre lungo la riva.

## § 23.

## LA DRAGA BRISSE.

Differisce dalle precedenti perchè consta di due apparecchi separati, ma dipendenti. L'uno comprende la draga *D* (fig. 73) propriamente detta, del tipo Gouin, avanti descritto, e una catena senza fine *C* portante dei piccoli carrelli, i quali ricevono il materiale scavato dalla draga e lo versano in una doccia *L*; il tutto è situato sopra un unico bastimento *B*. L'altro comprende una catena senza fine *C'*, munita di carrelli come la prima, i quali ricevono i materiali della doccia *L* e lo versano nella sponda sopra i carri da trasporto. Questo meccanismo è installato sopra un secondo galleggiante *B'*, costituito propriamente da due barconi collegati tra loro parallelamente da intelaiature in ferro (fig. 74), le quali sostengono anche il meccanismo. Questo doppio galleggiante è unito al primo *B* mediante un pernio *a* che agendo da cerniera permette al bastimento *B* di potere oscillare nel senso orizzontale se convenientemente spinto. Con questo sistema, anzi, l'elinda della draga può ricevere due movimenti, l'uno verticale proprio, l'altro orizzontale come negli escavatori a secco girovoli. Una caldaia generatrice di vapore si trova nel bastimento *B* e un'altra in uno dei barconi *B'*; entrambe forniscono la forza motrice per i rispettivi meccanismi. Al bastimento *B* si imprime il movimento oscillatorio orizzontale per mezzo di due catene *x*, le quali hanno una estremità fissa nella sponda e l'altra avvolgentesi attorno due verricelli *v*, aventi unico asse, l'una in un senso, l'altra nel

senso opposto, di modo che mentre una si avvolge

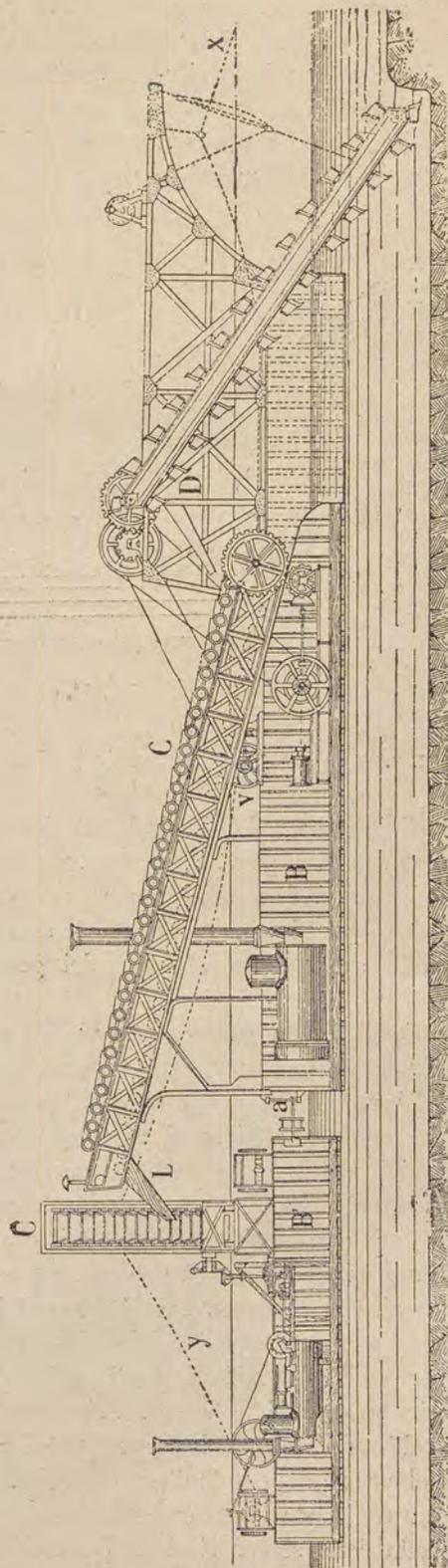


Fig. 73. — La draga Brisse.

col girare dell'asse, l'altra si svolge e viceversa.

Tutta la draga riceve un movimento di traslazione per mezzo di due catene  $yy$ , le quali sono fisse alla sponda con una estremità, mentre con l'altra si avvolgono in un meccanismo situato su ciascuno dei barconi B'.

Le draghe dei tipi descritti sono capaci di produrre dai 2000 ai 2500 mc. di sterro al giorno. Il

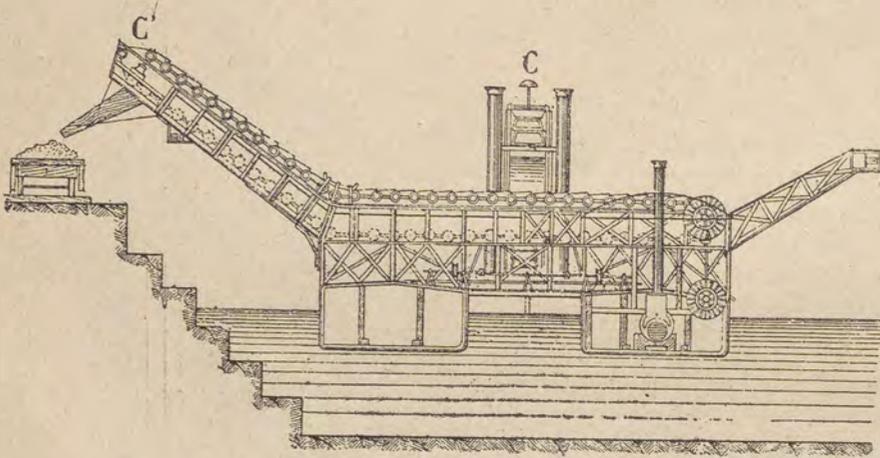


Fig. 74.

costo di 1 mc. di sterro si deve valutare tenendo conto:

- a) dell'interesse del capitale impiegato nei meccanismi e relativa quota di ammortizzazione;
- b) della spesa di manutenzione;
- c) della mercede del personale di servizio;
- d) della spesa del carbone e dei grassi lubrificanti.

Gli scavi sott'acqua non essendo visibili con facilità, richiedono molta accuratezza e regolarità nella condotta del lavoro. Qualunque siano i meccanismi coi quali si eseguono gli scavi, si praticano tanti solchi successivi, paralleli e di costante grossezza per tutto il terreno che si vuole scavare; di maniera che si pervenga allo scavo di uno strato di grossezza uniforme. Lo scavo perciò si fa procedere per strati paralleli e di piccolo spessore. Per dirigere il lavoro si dispongono preventivamente dei capisaldi e dei picchetti per modo di stabilire degli assi di riferimento per le operazioni di scavo. Solamente si fa eccezione nell'andamento dello scavo per i terreni sabbiosi e melmosi: quivi non fa d'uopo procedere nello scavo per strati, bastando scavare in un sol punto perchè il livello dello sterro si abbassi per la facilità con cui questo cede in virtù della propria fluidità, e riempia il solco praticato.

## § 24.

GLI STERRI NEI TERRENI RAMMOLLITI O  
ATTRAVERSATI DALLE ACQUE.

Gli scavi eseguiti in simili terreni facilmente generano le frane delle parti non scavate. Ad evitare questi avvallamenti spesso dannosi si provvede col prosciugamento temporaneo della zona di terreno nella quale deve praticarsi lo scavo, fognando il terreno per mezzo dei pozzi e dei fossi di prosciugamento.

I pozzi a sezione per lo più quadrata (m. 1,5 di lato) sogliono disporsi alla distanza di 60 a 80 m. l'un dell'altro, possibilmente sull'asse medesimo degli scavi, se questi hanno direzioni longitudinali. Col procedere dello scavo dei pozzi, operazione che si suol fare coi badiloni, si

provvede ad una opportuna sbadacchiatura nella quale le tavole non si mettono a contatto per lasciar passare l'acqua; ed allorchè l'acqua si accumula nel pozzo si procede all'esaurimento con pompe, perchè non venga imbarazzata la operazione di scavo; così lo scavo del pozzo può progredire all'asciutto senza difficoltà. Per pozzi profondi si può far uso di cilindri di lamiera di ferro aventi le pareti bucate, che si affondano a viva forza nel terreno, innestandoli l'uno sopra l'altro e praticando

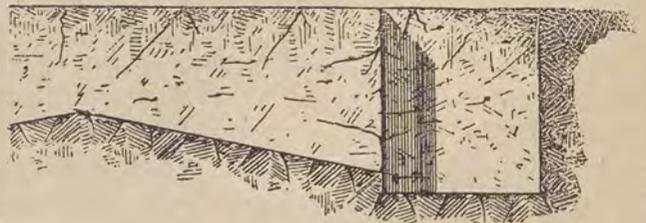


Fig. 75. — Il fosso di prosciugamento.

lo scavo coi soliti ordigni nel loro interno, laddove si applicano anche le pompe per sbarazzarsi dell'acqua.

La costruzione preventiva di questi pozzi ha per effetto il prosciugamento di una zona circolare di terreno, avente per centro il pozzo e fino a un livello di poco superiore a quello del fondo del pozzo, onde

la profondità che deve avere il pozzo sarà di poco superiore a quella del cavo da praticarsi.

Quando gli scavi sono molto estesi in un senso e poco nel senso trasversale, i pozzi di prosciugamento che hanno un'azione radiale, riuscirebbero insufficienti se non fossero collocati piuttosto vicini, e certamente costoso così diverrebbe il prosciugamento del terreno. In detti casi torna conveniente stabilire i pozzi alla distanza massima possibile (80 m.) e praticare, fra i pozzi, i *fossi di prosciugamento* in cui colano le acque per essere depositate nei pozzi

dai quali poi si estraggono con le pompe. Questi fossati sono diretti nel medesimo senso della maggiore dimensione del terreno da scavare, hanno di solito una larghezza di m. 0,80 e col loro fondo pendono verso il pozzo più vicino (fig. 75). La loro esecuzione ha luogo senza difficoltà, in quanto che si avrà soltanto la cura di puntellare lo scavo là dove riesce più profondo; si praticano questi cavi col badile a mano per strati consecutivi di m. 0,25 di altezza per volta, estesi per tutta la loro lunghezza.

### CAPITOLO III.

## IL CAVO DELLE ROCCIE

### § 1.

#### LE GENERALITÀ SUL CAVO DELLE ROCCIE E DELLE MINE.

Come si è accennato innanzi, il cavo delle rocce, quando queste si presentano stratiformi, alternantisi, ovvero no, con materiali di diversa natura facilmente cedevoli, ovvero presentano commessure di facile allargamento, si eseguisce a mano d'uomo, facendo uso di picconi, o di cunei in ferro conficcati a viva forza, sotto l'azione di colpi di mazza,

Se le rocce si presentano compatte o sotto forma di strati di forte spessore, per romperle si ricorre all'azione degli esplosivi, praticando le *mine*, le quali a seconda della loro importanza, si suddividono in *mine grandi* e *mine ordinarie*.

Mentre l'uso delle mine risale al secolo XV, allorchè si applicavano solamente all'arte militare, nel seguente secolo le mine cominciarono a sostituire la mano dell'uomo, sicchè nel 1627 vediamo l'applicazione delle mine ai lavori di miniera, conseguito per la prima volta da Gaspare Weindl in Ungheria, e solo dopo quell'anno questa forza esplosiva si diffuse per essere impiegata anche a cielo aperto.

Gli esplosivi moderni, più potenti della polvere, contribuirono non poco all'odierno progresso dell'arte delle mine, unitamente al generale perfezionamento dei metodi di lavoro.

L'accensione di una quantità di polvere dentro una massa rocciosa, che per semplicità supponiamo concentrata in un sol punto, produce uno scuotimento

le cui onde si propagano nella massa della roccia in forma concentrica a quella della carica, epperò delineate secondo superficie sferiche, l'ultima delle quali, dove il movimento ondulatorio si arresta, prende il nome di *sfera di azione* o di *scuotimento*.

Nell'interno di questa vi sarà una sfera più piccola, limite, fino alla quale l'energia dell'esplosione sarebbe capace a vincere la coesione della roccia e quindi a provocarne la rottura; questa sfera, in arte mineraria, si chiama *sfera di rottura*.

Internamente a questa sfera ve ne sarà un'altra

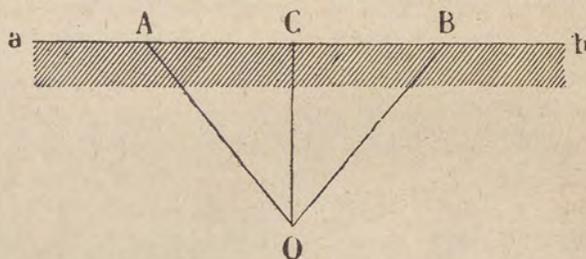


Fig. 76.

di diametro ancor più piccolo, limite, fino alla quale non solo la coesione della roccia, ma anche il peso sarebbe vinto dall'energia dell'esplosione, per cui la roccia sarebbe sconquassata e slanciata in aria per una certa altezza; questa terza sfera prende il nome di *sfera di esplosione*. Se in prossimità della sfera di rottura si ha la superficie *ab* naturale del terreno (fig. 76), per modo da riuscirne intersecata la sfera di rottura nei punti *A* e *B*, si avrà una massa di roccia determinata dal cono *A O B* col vertice in *O* centro dell'esplosione. Questo cono che si stacca

dalla massa rocciosa per effetto dell'esplosione si chiama *imbuto della mina*: naturalmente se la superficie *ab* del terreno, attraversa anche la sfera di esplosione, l'imbuto verrebbe anche lanciato a distanza. La distanza *OC*, misurata secondo la normale, fra il centro dell'esplosione e la superficie naturale del terreno, prende il nome di *linea di minima resistenza*.

§ 2.

I FORI DA MINA E LA LORO DISTRIBUZIONE.

Per eseguire una mina occorrono tre distinti lavori: *l'esecuzione del foro o della cavità*, se si tratta di una grande mina, il *caricamento* e *l'accensione*.

Nelle mine ordinarie il foro per lo più vien eseguito col semplice mezzo di scalpelli di ferro acciati o di acciaio, adoperati a mano. Il foro va eseguito di forma cilindrica col diametro variabile fra i 3 ed i 6 centimetri. La carica di queste mine, consistendo nel riempire di polvere o di altro esplosivo parte del foro, viene disposta in forma allungata: questa perciò non si può considerare come concentrata in un punto per ottenere un determinato cono di rottura; il cono di rottura in questo caso è diverso.

Per aumentare e concentrare la carica di un foro di mina, si pratica talvolta, all'estremità inferiore di questo, un ingrandimento, che si chiama *camera*.

Nelle mine ordinarie la camera si eseguisce in diversi modi: sia facendo scoppiare nel fondo del foro una piccolissima cartuccia di dinamite: questa frantumando localmente la roccia, della quale se ne cavano fuori i detriti, mediante un forte getto di acqua; sia eseguendo due fori paralleli tra loro, molto vicini, del medesimo diametro e facendo scoppiare sul fondo di uno di essi una piccola cartuccia di dinamite: si rompe facilmente la parete che divide i due fori, dando luogo ad un spazio più grande e quindi ad una incamerazione.

Talvolta nelle roccie dolomitiche e nelle calcari si suole versare nel fondo dei fori cilindrici dell'acido cloridrico, il quale ha per effetto di attaccare e di sciogliere la roccia nel fondo del cavo, dando luogo ad un allargamento del medesimo.

Col variare delle profondità del foro suolsi in pratica variare anche il diametro, il quale alla sua volta è diverso anche secondo che si adopera della polvere pirica, ovvero esplosivi più energici.

Nella seguente tabella si hanno i rapporti riconosciuti più convenienti per le dimensioni di un foro:

Per profondità del foro da metri	Diametro per polvere pirica metri	Diametro per dinamite, metri
0,30 a 0,50	0,03	0,023
0,50 » 0,80	0,04	0,030
0,80 » 1,20	0,055	0,040
1,20 » 2,00	0,06	0,050

Gli strumenti comunemente usati, per preparare i fori delle ordinarie mine, sono i seguenti:

a) Il *palo da mina* detto anche *ago*, *stampo*, *fioretto* o *pistoletto*, consistente in un'asta cilindrica di acciaio o di ferro, con estremità inferiore di acciaio terminata a tagliente retto, ad angolo o curvo

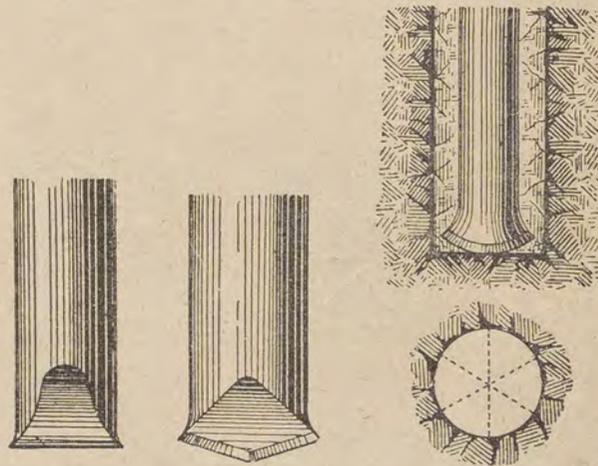


Fig. 77. — Il palo da mina.

come nelle scuri (fig. 77); b) Il *nettamina* o *raspino da minatore* che è costituito da un cucchiaio di ferro provvisto da lungo e sottile manico dello stesso metallo (fig. 78).

Per eseguire un foro da mina ad un minatore si assegna l'ufficio di tenere impugnato il palo da mina sul quale due altri battono alternativamente dei colpi di mazza, girandolo di un piccolo angolo ad ogni colpo di mazza che il palo riceve. Si producono in questo modo dei detriti di roccia che si estraggono ad intervalli mediante il nettamine, mentre si genera un foro di forma cilindrica. Le dimensioni del palo da mina sono quelle che debbono avere i fori, cioè il diametro da 3 a 6 centim. misurato in basso, nel tagliente e la lunghezza di m. 0,50 a 2,20.

Per gran tempo l'esecuzione dei fori da mina si fece esclusivamente a mano; oggidì però i sistemi meccanici hanno sostituito in gran parte, in questo genere di lavori, la mano dell'uomo, la quale tuttavia laddove non siano forti i salari, eseguisce i fori da mina ordinaria nelle cave a cielo aperto, nei lavori stradali ed in quelli di terra. Quando il minatore si trova in condizioni cattive di lavori per lo spazio limitato, ond'è costretto a manovrare, o per l'aereazione insufficiente dell'ambiente, come sarebbe nelle gallerie e nelle miniere, mentre è necessario che i lavori procedano con una certa sollecitudine, oggidì questo lavoro è riservato esclusivamente alle perforatrici meccaniche, di cui è fatto cenno nei seguenti paragrafi.



Fig. 78. — Il nettamine.

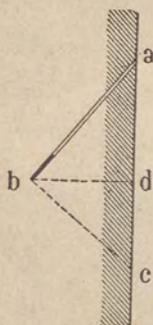


Fig. 79.

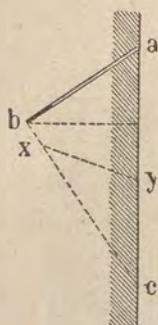


Fig. 80.

Occorre intanto indicare quali norme si devono seguire nella distribuzione dei fori da mina per rispetto alla forma ed alla struttura della roccia sulla quale i fori si devono eseguire. La maniera di perforare una roccia ha evidentemente una grande influenza sull'economia del lavoro; il minatore perciò deve regolare la disposizione dei fori in modo da ottenere il massimo effetto utile in corrispondenza del minimo costo del lavoro necessario per l'abbattimento. E perchè tale riesca occorrerà che ciascun colpo di mina sia disposto in modo tale da produrre il massimo lavoro di cui è suscettibile ed in pari tempo deve preparare l'opera del colpo successivo.

Non si hanno in proposito regole fisse da seguire, la pratica soltanto del minatore potrà per ogni singolo caso dettare quella disposizione di foro che

riterrà, secondo suo apprezzamento, probabile di maggiore effetto utile.

Ad evitare che con l'accensione della mina, la borra o tappatura del foro venga proiettata fuori, si suole assegnare al foro da mina un percorso più lungo della linea di minima resistenza. Il foro viene disposto inclinato rispetto questa linea, epperò anche rispetto le pareti. Questa disposizione non va osservata quando si adoperano esplosivi energici, come la dinamite, con la quale, per la sua rapida azione esplosiva, non è a temere che la borra venga proiettata, specialmente se questa è eseguita con accuratezza; il foro perciò con questi esplosivi va fatto in posizione molto vicina alla linea di minima resistenza, anzi spesso coincidente.

I minatori ritengono in pratica che per attaccare una parete  $ac$  verticale (fig. 79) il foro da mina deve avere una disposizione  $ab$  inclinata a  $45^\circ$  circa rispetto alla parete e quindi rispetto la linea di minima resistenza  $bd$ . Quasi sempre il cono di rottura in tal caso viene determinato dal foro  $ab$  e dalla perpendicolare  $bc$  ad esso.

Se il foro fa un angolo maggiore di  $45^\circ$  con la parete (fig. 80), anzichè il blocco  $abc$  se ne staccherà uno più piccolo, probabilmente seguendo presso a poco la spezzata  $abxy$ .

La probabilità del distacco di un blocco maggiore aumenta quando l'angolo che fa il foro è minore di  $45^\circ$ ; in tal caso concorre al buon effetto la forma allungata della carica, che occupa sovente una buona parte del foro e fa staccare per intero il blocco  $abc$ . È buona regola perciò inclinare un po' meno di  $45^\circ$  il foro da mina anche perchè esso risulti lungo abbastanza per non essere in massima parte occupato dalla carica. Tale disposizione cambia se la roccia da abbattere non presenta una sola faccia. Così se la roccia ha due faccie libere come nel caso della fig. 81, ovvero tre come nel caso della fig. 82, la disposizione del foro sarà normale ad una faccia, pur sempre assegnandogli una lunghezza maggiore della linea  $xy$  di minima resistenza. La disposizione del foro è segnata secondo la linea  $xv$  nei due casi e la rottura avverrà secondo una linea  $xz$  inclinata più o meno rispetto all'orizzonte. Se la roccia non è compatta in tutta la sua massa, ma presenta dei piani di sfaldo, ovvero è stratiforme, i giunti, rappresentando un piano di minore resistenza, operano quasi come una faccia libera, della quale perciò si terrà conto nella disposizione dei fori da mina, i quali saranno eseguiti

perpendicolarmente ai piani di divisione della roccia, ponendo mente che la carica debba trovarsi tutta

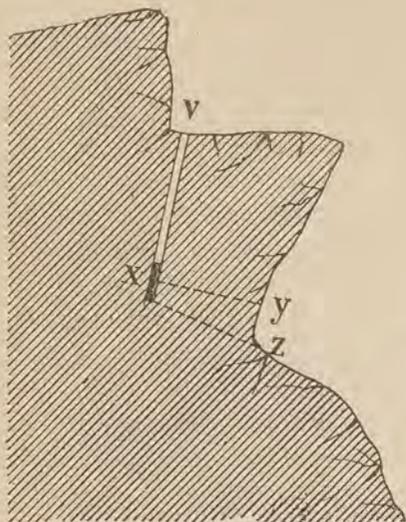


Fig. 81.

compresa in un solo strato, come nella fig. 83. In questo caso la linea probabile di rottura sarà determinata dal piano  $x y$  di sfaldo.

Se la roccia, più che stratificata, si presenta schistosa, consta cioè di strati molto sottili, questa mal si presta alla escavazione per mezzo delle mine; molto probabilmente essa cede all'azione dei comuni strumenti da sterro; e se i suoi piani di sfaldo sono molto vi-

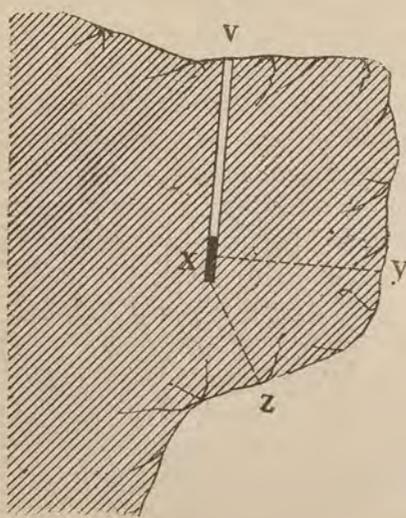


Fig. 82.

cini e presentano poca resistenza, l'effetto della carica diminuisce, perchè i gas dell'esplosione si perdono at-

traverso i piani di divisione, comunque sia l'inclinazione del foro rispetto agli strati.

Nei lavori di sterro finalmente si suole far brillare contemporaneamente diverse mine. Questa operazione ha lo scopo, oltre quello dell'economia nella mano d'opera, perchè gli operai sono costretti a rimanere inoperosi, tutte le volte si accende una sola mina, allontanandosi dal luogo finchè non avvenga lo scoppio, di aumentare l'effetto utile dei colpi di mina.

Infatti avviene che se due mine con centri in  $b$

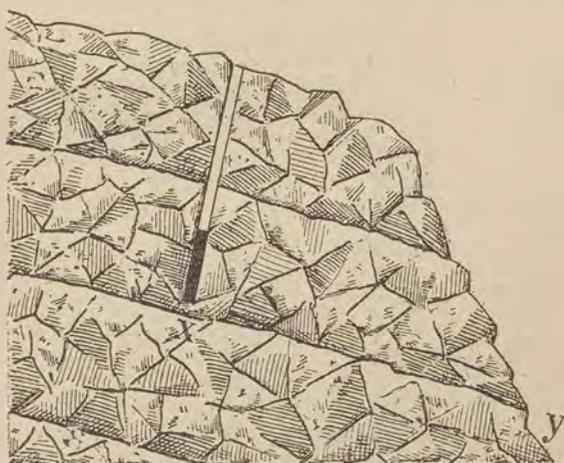


Fig. 83.

e  $d$  (fig. 84) si fanno scoppiare separatamente, esse produrranno rispettivamente i coni di rottura  $abo$ ,  $ode$ ;

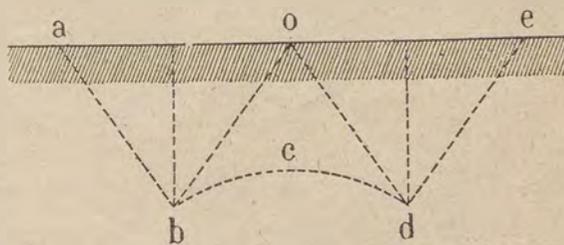


Fig. 84.

ma se si fanno scoppiare contemporaneamente, la massa  $o'd$  intermedia, forse ad effetto del contrasto delle onde di scuotimento, cede all'atto dello scoppio, provocando l'imbuto più voluminoso  $abcde$ .

Ritengono perciò i minatori che effettivamente il raggio di imbuto delle mine, fatte scoppiare simultaneamente aumenti, epperò questi fori di mina possono agevolmente praticarsi a distanza maggiore e fino a una volta e mezza di quella che dovrebbe avere se le mine si facessero scoppiare isolatamente.

## § 3.

## LA PERFORAZIONE MECCANICA DELLE ROCCIE.

Sul principio furono studiate e messe in pratica alcune macchine perforatrici delle roccie, nelle quali la forza motrice per mettere in azione l'apparecchio era fornita esclusivamente dalla mano dell'uomo. La perforatrice a mano della Ditta Stanek e Reska, ad esempio, consistente (fig. 85) in una colonna metallica fissantesi contro le pareti dello scavo, e di un per-

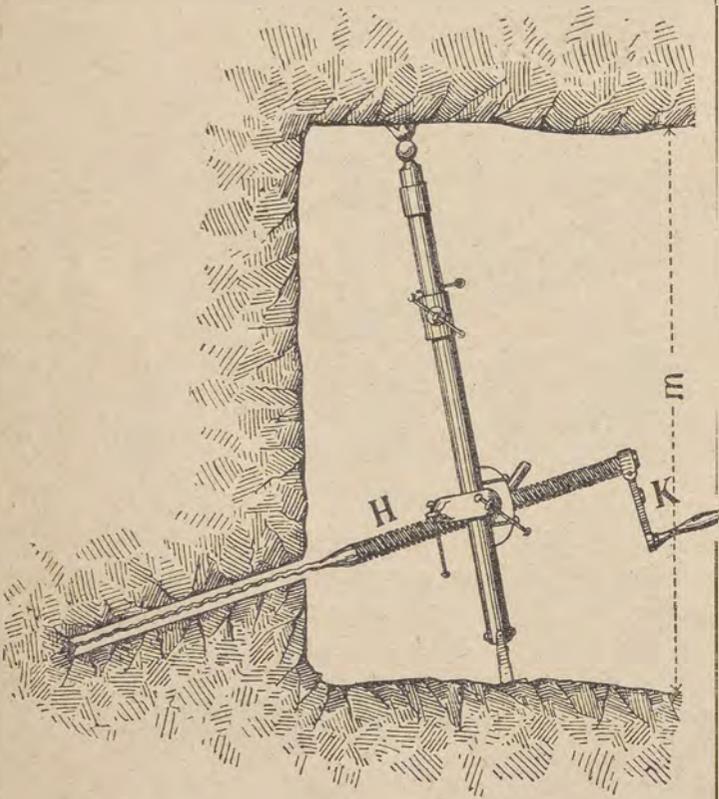


Fig. 85. — La perforatrice a mano della Ditta Stanek e Reska.

foratore ad elica di acciaio temperato, messo in azione per mezzo della vite *H* e della manovella *K*, l'altra dell'ing. C. Gronert, rappresentata nella fig. 86, nella quale si ha una doppia colonna, fissantesi contro le pareti dello scavo, e fra queste un perforatore a percussione, messo in azione da una doppia ruota-manovella *KK* (il perforatore è spinto indietro dai denti ad eccentrico *cc* fissi all'asse delle ruote manovelle, e scatta, in avanti, percuotendo, per effetto delle due molle *nn*; inoltre compie un arco di rotazione ad ogni giro di ruote manovelle, all'asse delle quali sta unito un appendice che spinge i denti della ruota *r* infissa all'asse del perforatore),

quella di Jordan Son el Meihe di Londra, quella di Chester Country di Pensilvania, ecc., non risolvevano che il problema di una migliore utilizzazione della forza dell'uomo ed in minimo grado quello che forma lo scopo della perforazione meccanica, vale a dire quello della celerità del lavoro.

Ben presto perciò a queste prime perforatrici ne seguirono altre sempre più perfezionate, nelle quali la mano dell'uomo non intervenne se non per regolare l'azione del fluido motore (vapore, aria od acqua compressa) risolvendo in modo più soddisfacente il problema della celerità del lavoro.

Si distinguono le perforatrici meccaniche a seconda della natura della forza che le mette in movimento in

- a) *perforatrici a vapore* quasi esclusivamente usate per la perforazione all'aperto;
- b) *perforatrici ad aria compressa*, le più usate nelle gallerie, nei pozzi, ecc.;
- c) *perforatrici idrauliche*.

Oggidi si aggiungono anche le *perforatrici elettriche* in quanto che l'elettricità va ricevendo sempre più larga applicazione.

A seconda poi del modo come le perforatrici funzionano si possono distinguere in due categorie, e cioè in quelle a *percussione* e nelle *perforatrici rotative*.

Molteplici e svariate sono le perforatrici appartenenti all'una ed all'altra categoria, che hanno avuto fin'ora una più o meno utile applicazione. Citeremo a titolo cronologico: La perforatrice *Cavé* (1851), *Jenksz* (presentata all'Esposizione di Parigi nel 1853), *Colladon*, *Bartlett* (1855), quest'ultima presentata fra i meccanismi proposti per la perforazione del Freius fu in seguito riconosciuta come quella che, prima di ogni altra, possedesse quel genere di composizione meccanica, alla quale si attennero quasi tutti i costruttori che seguirono dopo.

L'ing. Sommeiller fu il primo a costruire una perforatrice la quale desse utili risultati pratici, ed infatti la sua perforatrice entrava per la prima volta nella galleria di traforo suddetta nel 1861 e nel 1868 veniva adibita, leggermente modificata dal Dubois e del Francois, nelle miniere francesi.

A queste prime perforatrici ben tosto ne tennero dietro altre in numero ancor crescente, tanto che riuscirebbe difficile poterle enumerare tutte senza fare omissioni. Citeremo perciò di preferenza il nome di quelle che ricevettero utili applicazioni nei lavori e che

sono tuttavia adoperate in lavori d'importanza. Tali sono le perforatrici: *Burleigh*, *Kainotomon*, *Ferroux*, *Dubois-François*, *Mac Kean*, *Ingersoll*, *Darlington*, *Sachs*, *Schramm*, *Doëring*, *Bergstroëm*, *Schwartzkopf-Philippson*, *Braidon Davidson e Warrington*, *Haupt* (a vapore), *Meyer*, *Frölich*, *Allison*, *Blanchod*, *Wood*, *Schulz*, *Union Roch-drill*, ecc., tutte a percussione; e fra quelle a rotazione la *Taverdon* e la perforatrice idraulica *Brandt*, che è una delle

migliori che si conoscano, e che insieme alle *Ferroux* venne adoperata negli scavi del Gottardo.

In una perforatrice meccanica si riscontrano tre parti essenziali: il *meccanismo* destinato a metterla in movimento, il *fioretto* o *scalpello* e l'*affusto* destinato a portare la perforatrice.

Del meccanismo diremo partitamente per ogni singolo tipo di perforatrice in seguito.

I *fioretti* destinati a praticare il cavo nella roc-

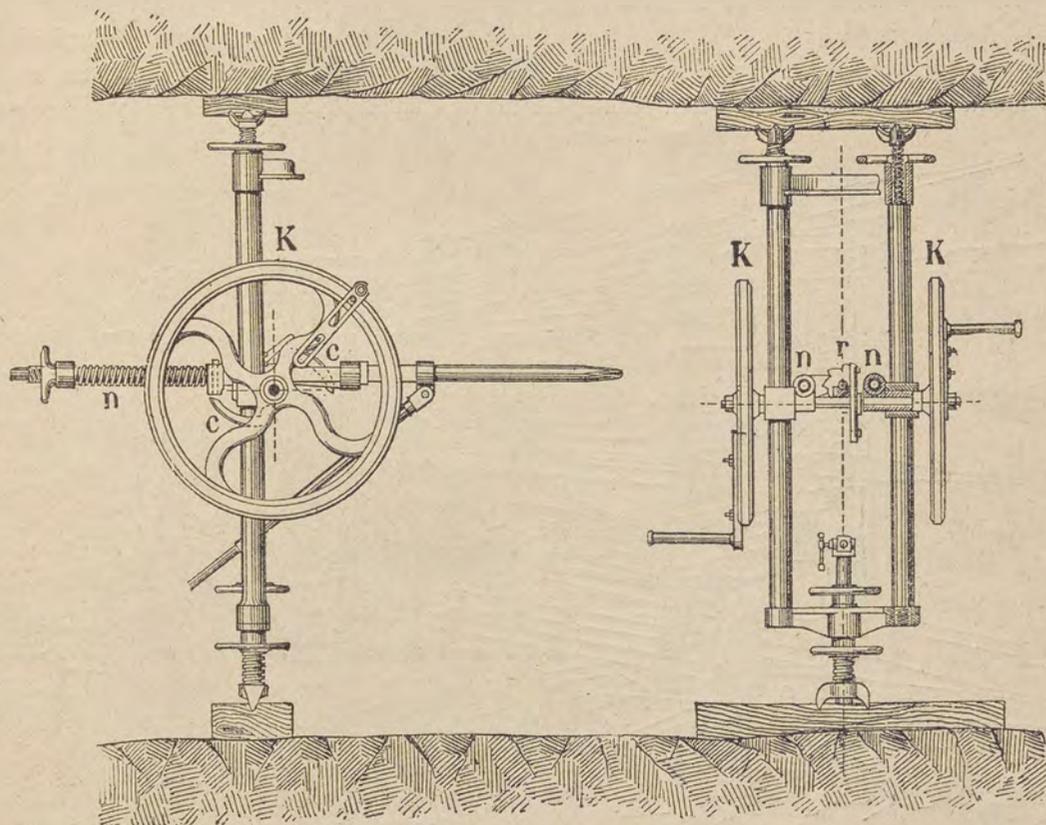


Fig. 86. — La perforatrice a mano dell'ing. C. Grenet.

cia sono per la massima parte in acciaio Bessemer, hanno diametri compresi tra 25 e 60 mm. e lunghezza di m. 0,5 a m. 3. La loro estremità tagliente è variabile nella forma a seconda la natura della roccia, nella quale si pratica la perforazione; la forma più conveniente è quella a *z*, perchè assicura la rotondità del foro, oltre a produrre un lavoro celere, anche in rocce molto dure. La manutenzione di queste punte però riesce di difficile esecuzione, per cui sono preferibili le punte a scalpello o crociformi. In ogni caso l'estremità tagliente del fioretto ha un diametro di 5 a 6 mm. maggiore di quello dell'asta, perchè i detriti della roccia possano trovare facile smaltimento

attraverso lo spazio che rimane tra l'asta e la parete del cavo.

Gli *affusti* sono costruiti in maniera da potere offrire un valido appoggio alle perforatrici e da permettere tutte le varie posizioni che bisognerà dare a loro, perchè i fori riescano convenientemente disposti per ottenere il maggiore effetto utile. Gli affusti possono essere a *carrello* od a *colonna*.

Gli affusti a carrello hanno il vantaggio di potere portare una o più perforatrici: non potendo per il loro peso essere trasportati che sopra binari, presentano l'inconveniente che la loro avanzata non può aver luogo se non coll'avanzarsi del binario e sopra-

tutto dopo che tutti i materiali, provenienti dalle mine fatte esplodere, non si siano sbarazzati.

Questo inconveniente si elimina con gli *affusti a colonna*, che occupano pochissimo spazio e si possono collocare in posizione di lavoro, anche durante il trasporto dei materiali, evitando così agli operai perdita di tempo. Questi affusti sono costruiti in maniera molto semplice, offrendo in pari tempo un notevole appoggio alla perforatrice e la facoltà di potere attaccare, sotto angoli assai diversi, la fronte della roccia che si deve minare.

Un lavoro accurato sui vari sistemi di perforazione meccanica ci ha fornito recentemente l'ing. F. Maz-

zola (1), illustrando, sopra uno studio dell'ing. A. Solerti (2), i principali tipi di perforatrici meccaniche. Queste illustrazioni noi qui riproduciamo quali ci provengono dai due autori, limitandoci a riferire quelle che a nostro parere debbano ritenersi per più importanti.

#### § 4.

#### LA PERFORATRICE DUBOIS-FRANÇOIS.

Questa perforatrice costruita dalla Società John Cockerill di Seraing venne applicata nel traforo del Gottardo e vi diede eccellenti risultati. La macchina

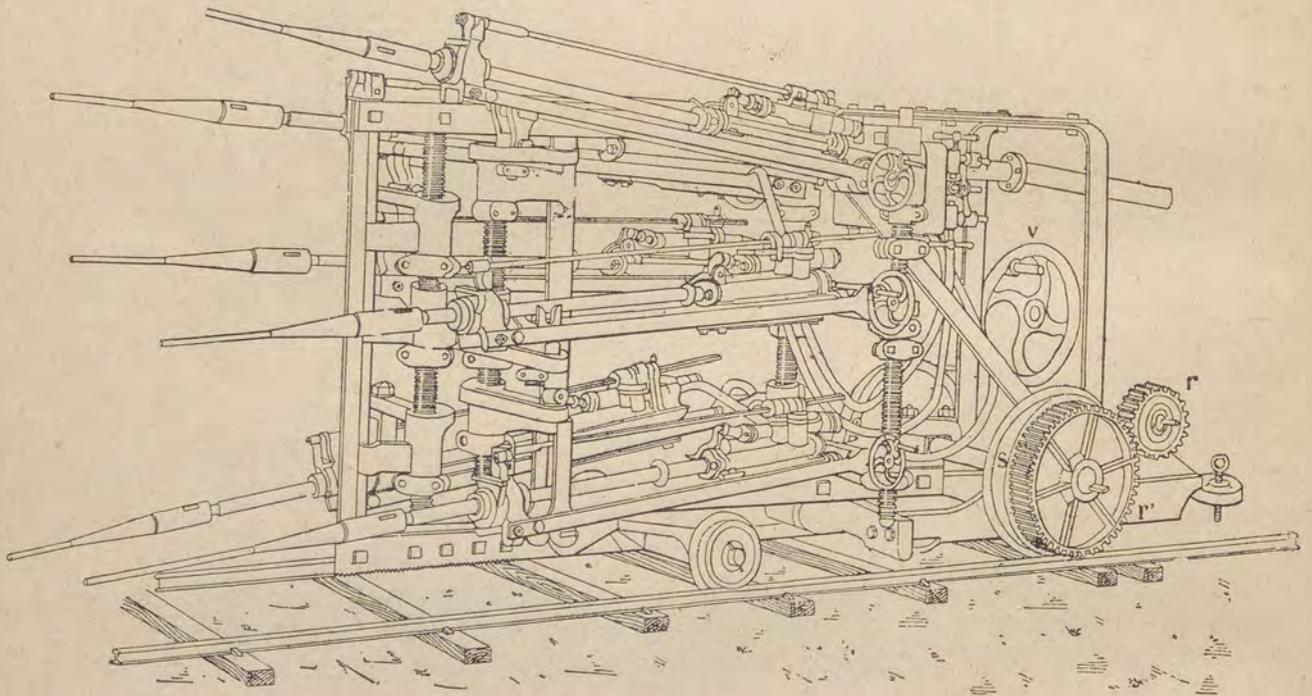


Fig. 87. — La perforatrice Dubois-François.

nel suo insieme con l'affusto per sei perforatrici è rappresentata nella fig. 87; i particolari della perforatrice si hanno nelle fig. 1, 2, 3, 4, Tav. X. Essa si compone di due parti principali: un *cilindro motore X* ed un *cilindro di distribuzione Y*, ambedue in bronzo. Nel cilindro *X* si muove uno stantuffo *B*, il cui gambo *C* serve da porta utensile. Il diametro del cilindro è di 70 mm.

Sopra questo cilindro trovasi una camera di distribuzione, con una valvola a cassetto *d*, fatta come quella ordinaria delle macchine a vapore. Questa valvola a cassetto *d* è collegata ad un gambo che è guidato alle sue estremità da due stantuffi *S* e *T*, di

diverso diametro. L'aria entra dal tubo *O* (fig. 2, Tav. X) nel cassetto di distribuzione, ed a causa della differenza di diametro dei due stantuffi, la valvola di distribuzione tende sempre ad avvicinarsi a destra verso *T*, onde tenere aperta la luce *l* di ammissione della parte a sinistra dello stantuffo *B*, per cui l'asta ed il fioretto annesso vengono lanciati contro la roccia. Ma durante la corsa della valvola l'aria compressa esce dal canale *m*, praticato nello stantuffo *T*, e stabilendosi così nello spazio *c* una pressione eguale

(1) Enciclop. Arti ed Industrie. Torino.

(2) Solerti: Costruzione ed Esercizio delle Strade ferrate, Vol. 1.º.

a quella che vi è nello spazio  $Y$ , lo stantuffo  $T$  è equilibrato, e quindi si è sullo stantuffo  $S$  che si esercita la pressione dell'aria, la quale l'obbliga a spingersi verso sinistra, chiudendo così la luce  $l$  ed aprendosi quella  $b$ ; in allora l'aria compressa si porta sulla faccia anteriore dello stantuffo  $B$ , e premendo contro la corona circolare costituita dalla differenza fra la superficie del cilindro e quella del gambo  $C$  produce il movimento retrogrado del fioretto.

Verso la fine del corso la rigonfiatura  $g$ , che si ha nella parte esterna del gambo  $C$ , urta contro la leva  $h$  che premendo sulla valvola a fungo  $V$  l'apre, permettendo così all'aria compressa di scoppiare dalle luci  $oo$ . Per tal modo, siccome le luci  $o$  sono molto più grandi della luce  $m$ , per la quale passa l'aria compressa, immediatamente si stabilisce nella camera  $c$  la pressione atmosferica, quindi la differenza di pressione fra le due faccie dello stantuffo  $T$ , e perciò questo è di nuovo spinto a destra per ricominciare la stessa successione di movimenti. Il piccolo stantuffo  $D$ , con un cuscinetto d'aria, serve per attutire gli urti dello stantuffo  $B$ , quando esso è spinto indietro.

Col regolare l'apertura  $m$ , dello stantuffo  $T$ , si può aumentare o diminuire il numero dei colpi dello stantuffo  $B$ ; questi colpi possono essere da 200 a 250 al minuto, e la perforatrice può essere messa in moto dall'aria alla pressione di 2 a 3 atmosfere.

Vediamo ora come succedono gli altri movimenti accennati per il funzionamento della perforatrice del tipo Dubois e François.

*Movimento di rotazione.* — Esso succede per mezzo dei due cilindri laterali  $PP$  (fig. 3, Tav. X), i quali, ad ogni colpo degli stantuffi accoppiati  $S$  e  $T$ , sono messi alla parte inferiore in comunicazione, uno coll'aria compressa, e l'altro collo scappamento. Per cui uno è sollevato, l'altro è abbassato. Tal moto essi comunicano per mezzo delle due ali  $k$  e  $k'$  all'albero  $T$  a sezione rettangolare, che trovasi parallelamente al gambo  $C$  dello stantuffo percussore.

Questo movimento è comunicato mediante due nottolini  $NN$  (fig. 4, Tav. X) ed una ruota a denti  $R$ , che è collocata sul gambo  $C$ , e così ad ogni colpo dello stantuffo percussore si ha il giro di  $\frac{1}{16}$  della circonferenza, essendo 16 i denti della ruota  $R$ .

*Moto di avanzamento e di rinculo.* — Questo movimento succede a mano per mezzo della vite  $Y$ , manovrata dalla manovella  $F$  e dalle due ruote di ingranaggio  $hh$ . Gli inventori preferiscono il movimento a mano a quello automatico per l'avanzamento

ed il rinculo, perchè con ciò si permette di regolare a piacimento l'altezza del colpo per lo stantuffo percussore, fra i limiti però di 2 e 18 centimetri; per cui nel perforare roccie eccessivamente dure o nella preparazione di un attacco, si può colpire la roccia più rapidamente e meno violentemente; mentre nel caso di una roccia con durezza media, si può battere violentemente allungando la corsa.

Questo genere di perforatrici in pratica si comporta assai bene; l'esercizio dà luogo a poche riparazioni. Le parti più esposte al deterioramento sono: lo

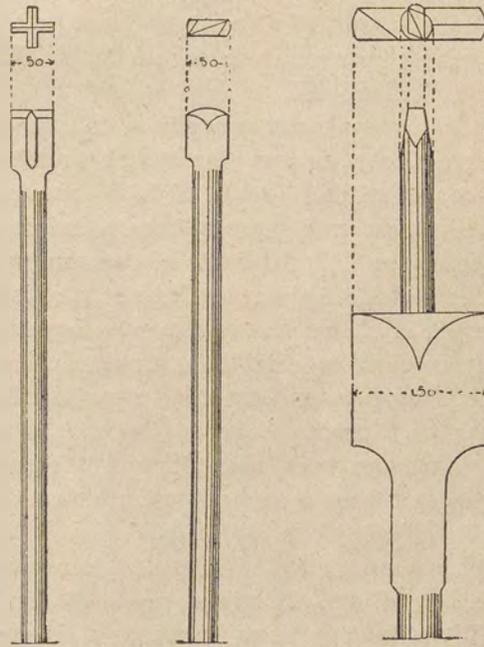


Fig. 88.

stantuffo  $D$  pel rinculo; la chiusura in cuoio; la ruota  $R$  per il moto rotativo e le due ruote  $hh$  per il moto di avanzamento e di rinculo a mano. Queste parti però sono facili a ricambiare ed avendosi una certa scorta di esse si può in pochi momenti rimettere in buon ordine la perforatrice senza portarla in officina.

Le forme dello scalpello che vennero adottate per la perforatrice Dubois e François al Gottardo sono indicate nella fig. 88.

## § 5.

## LA PERFORATRICE ALLISON (1).

Un altro tipo di perforatrice che si scosta nella costruzione da quella precedente è la perforatrice

(1) V. Opere citate.

di Robert Allison di Porto Carbon (Pensilvania), che è rappresentata nella Tav. XI.

Il cilindro  $FF$ , di cui nella figura 1 si vede la sezione longitudinale e nella fig. 2 la vista esterna longitudinale, è tornito internamente per ricevere uno stantuffo doppio  $H$  ed  $H'$ , in cui ogni ciambella ha la chiusura fatta con fasce elastiche. Il gambo  $K'$  pel tratto che unisce le due ciambelle è forato longitudinalmente, mentre la parte rimanente  $K$  è piena e col manicotto  $c$  sostiene l'asta o fioretto da mina. Questo stantuffo col gambo è fatto in acciaio.

Nello spazio compreso fra le due ciambelle si trova un manicotto  $f$  d'acciaio fatto in due pezzi e che è visto in particolar modo sia nella fig. 5 che nella fig. 3, Tav. XI.

In una scanalatura apposita si colloca il pezzo di riporto  $i$ , che ha una incavatura simmetrica segnata con  $a' a'$  nella fig. 5. Si è in questa scanalatura che penetra il pezzo  $a$ , che costituisce un prolungamento inferiore della valvola a cassetto  $m$  (fig. 3, Tav. XI), destinata a procurare la distribuzione dell'aria compressa. È chiaro che con questa disposizione nel movimento di va e viene dello stantuffo, il dente  $a$  essendo sempre a contatto con le pareti della scanalatura  $a' a'$  del pezzo  $i$  (fig. 5, Tav. XI), si sposterà ora a destra ora a sinistra, e farà conseguentemente muovere in tal senso anche la valvola  $m$  in direzione normale all'asse dello stantuffo.

Il manicotto  $f$  ha nella parte sottostante una scanalatura di cui la prima parte  $h$  (fig. 1 e 5, Tav. XI) è fatta a piano inclinato e la rimanente parte è piana e parallela al piano di scorrimento del cassetto  $m$ . Dentro questa scanalatura penetra un pezzo  $K$  fatto come indica la fig. 3. Questo pezzo è correvole verticalmente, o meglio normalmente all'asse dello stantuffo, ed è così fatto che, mentre lo stantuffo corre per il tratto  $g$  della scanalatura, il detto pezzo  $K$  non subisce alcun movimento, mentre pel tratto  $h$  il detto pezzo  $K$  si abbassa, spinto in giù dal piano inclinato, e così spinge pure il nottolino che ad esso è annesso e fa girare di un dente la ruota  $l$  e conseguentemente produrrà il movimento della vite  $s$ . Una molla a spira  $p$  spinge di nuovo in alto il pezzo  $K$ , quando esso non è più in contatto col piano inclinato  $h$  del pezzo  $f$ .

Come si vede nella fig. 3, lo specchio che si trova al piano  $x x$  della cassetta di distribuzione ha quattro canali  $n, o, o', n'$ . Nella posizione indicata nel disegno, la valvola a cassetto scopre la luce  $n$ , quindi

l'aria compressa può passare nel condotto che la mena a sinistra dello stantuffo  $H$  e lo spinge quindi in avanti; in pari tempo il canale  $n'$ , che è in comunicazione con la parte a destra dello stantuffo  $H$ , può essere anche messo in comunicazione col condotto  $o'$ , che in una al condotto  $o$  si trova in comunicazione con la luce di scarico  $N$  (fig. 1 e 2, Tav. XI).

Se il cassetto, spinto dalla sporgenza  $a$  nel modo su indicato, si sposta tutto a sinistra, allora si è la luce  $n'$  che si copre per ammettere l'aria compressa, la quale va nella parte a destra dello stantuffo  $H'$ , e siccome ivi dello stantuffo non è libera che una parte annulare a motivo del grosso gambo  $K$ , ne segue che la spinta verso sinistra dello stantuffo succederà con minore intensità.

Contemporaneamente l'aria che trovavasi nella parte a sinistra dello stantuffo  $H$  può smaltirsi dal condotto  $n$ , passando per le luci  $n$  ed  $o$ .

Per impedire l'urto dello stantuffo  $H H'$  contro il fondo del cilindro  $F$  vi è un respintore elastico  $z$  (fig. 1, Tav. XI).

Per impedire che la valvola a cassetto  $m$  si sollevi sotto l'azione dell'aria compressa che viene dal cilindro per recarsi nella scarica, vi è una piastra  $b$ , la quale è premuta contro la valvola  $m$  da una molla; la chiave  $u$  serve per scoprire la valvola e metterla in moto nel caso in cui lo stantuffo si fosse arrestato nella sua posizione media.

Vediamo ora come con queste macchine si ottengono i diversi movimenti necessari per il buon funzionamento della perforatrice.

*Movimento di rotazione.* — Questo movimento si ottiene con una paletta ad elica  $d$ , la quale forma un pezzo solo colla ruota dentata  $e$  (fig. 6, 1 e 4, Tav. XI), la quale è collocata nello specchio  $V$  del cilindro ove penetra la sporgenza cilindrica  $q$ . L'altra sporgenza cilindrica  $q'$ , che ha lo stesso asse di quella  $q$  e di tutta la paletta, entra nel respintore  $z$  e quindi ha due cuscinetti per potere girare. Il coperchio  $V$  è scavato per modo da contenere anche due nottolini  $s$  ed  $s'$  (fig. 4, Tav. XI) che sono da apposite molle premuti costantemente contro i denti della ruota  $e$ .

La paletta, nella sua parte ad elica  $d$ , penetra in apposita madrevite che trovasi al principio della parte incavata dello stantuffo, per cui nel moto retrogrado dello stantuffo stesso, essendo fissi i nottolini, lo stantuffo è costretto a girare, perchè la vite è ferma; mentre nel moto diretto dello stau-

tuffo i nottolini possono permettere alla ruota *e* ed alla parete *d* annessa di girare.

*Moto progressivo.* — Esso ottiene automaticamente dallo stantuffo percussore, allo stesso modo che si ottiene il moto di rotazione.

Il pezzo *K'* di cui abbiamo fatto cenno, quando lo stantuffo *H'* è per giungere alla estremità a destra della sua corsa per il progredire che fa il fioretto nel foro di mina, è urtato dal piano inclinato *h* (fig. 1 e 5, Tav. XI) e perciò viene spinto in giù e fa girare di un dente la ruota *l* che costituisce, mediante il tubo di acciaio *p*, un pezzo solo con la madrevite *r* (fig. 2, Tav. XI), la quale, essendo la vite *s* fissa, nel girare si sposta e fa così avanzare tutta la perforatrice.

A questo modo la macchina può lavorare senza che siavi alcun operaio che in modo speciale la sorvegli, eccetto che per darle la direzione e per farla fermare, quando il foro ha raggiunto la voluta profondità.

Questo genere di macchina è molto semplice e siccome le sue parti più delicate sono al riparo della polvere e facilmente ricambiabili, così essa si diffuse grandemente.

§ 6.

LA PERFORATRICE FERROUX (1).

Questa perforatrice, nel tipo più perfezionato e quale venne impiegata negli ultimi tempi viene rappresentata nella fig. 89.

L'aria compressa viene nel tubo *V* e può essere messa in comunicazione con la perforatrice mediante i robinetti *J* ed *I*.

La macchina perforatrice è composta di un telaio in ferro *AA*, di forma rettangolare.

Su di esso poggia il cilindro motore *T*, l'asta *B* che deve sostenere la punta da mina ed il cilindro a cannocchiale *L* per l'avanzamento.

Dentro al cilindro *L* si muove uno stantuffo il cui gambo *n* è vuoto ed è in comunicazione continua col tubo *V*, quando è aperto il robinetto *I*. Del pari il gambo *n* è messo in comunicazione dal canale *z'* col cilindro motore e precisamente nella camera di distribuzione *P*.

Lo stantuffo percussore *O* che termina alle sue estremità con un tronco di cono, e che ha annessa

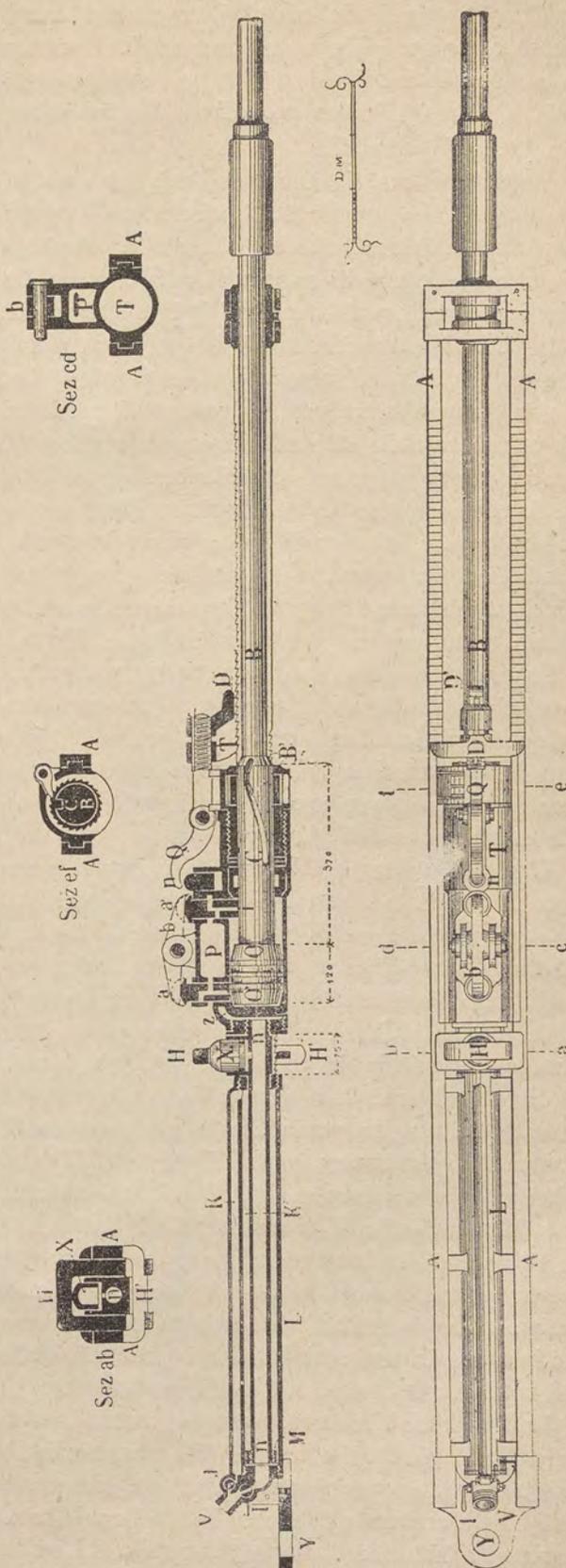


Fig. 89. — La perforatrice Ferroux.

(1) V. Opere citate.

l'asta  $B$ , nella posizione in cui ora si trova nella figura, è pronto a ricevere l'aria compressa direttamente dalla camera di distribuzione  $P$  e nel canale  $i$  della valvola  $a$ , che è sollevata per effetto dell'appendice conica  $O'$ , dello stantuffo.

Supponiamo che sia immessa l'aria compressa, allora lo stantuffo  $O$  muoverà da sinistra verso destra ed arrivando alla fine della corsa coll'altra sua appendice conica spinge in alto la valvola  $a$  e con ciò contemporaneamente il bilanciere  $b$  fa abbassare la valvola  $a$ . In tale movimento si ha contemporaneamente scarico da  $i$  ed introduzione dal canale  $i'$  che, messo in comunicazione con la camera  $P$ , mette la parte anteriore dello stantuffo in comunicazione con l'aria compressa e produce così il ritorno dello stantuffo. Anche in questo tipo la sezione libera anteriore dello stantuffo è piccolissima, a causa del gambo, e quindi la forza esercitata ivi dall'aria compressa è piccola in confronto di quella che si esercita contro la faccia posteriore, ove tutta la sezione è libera.

Un risalto a spira, che è praticato nel premistoppa del gambo  $B$  e che penetra in analoga scanalatura  $C$  praticata nel gambo, determina il giramento dello stantuffo e del fioretto annesso, attorno al suo asse, onde produrre il movimento indispensabile di rotazione dell'attrezzo.

L'aria che entra da  $V$ , quando è aperto il robinetto  $I$ , preme lo stantuffo  $M$  in modo continuo, ed è contrastato il suo effetto dai denti  $T$  di una forchetta  $D$ , i quali si impigliano in due aste dentate che fanno parte del telaio stesso della perforatrice.

La forchetta  $D$  è oscillante attorno ad un pernio  $m$ , e porta un prolungo  $Q$ , che poggia contro una valvola ad aria. Non appena l'asta da mina è penetrata tanto nella roccia che la parte conica  $B'$  dell'asta  $B$  va ad urtare contro l'estremità  $D'$  della forchetta, essa si solleva e tutto il cilindro motore, spinto dallo stantuffo  $M$ , si avvanza di un dente.

Allo scopo di dare al cilindro motore un ritegno in senso contrario a quello secondo cui agisce l'asta da mina, si ha lo stantuffo  $H$  che con una traversa  $H'$  si incontra in una serie di denti praticati nella parte inferiore del telaio  $AA$  della perforatrice.

La traversa  $H$  è tenuta sempre contro i denti inferiori dall'azione della valvola  $X$ , che mediante il condotto  $y$  è sempre premuta dall'aria compressa finchè essa è ammessa nel tubo  $V$  e nel condotto  $n$ . Cessando l'ammissione dell'aria compressa manca la pressione sotto la valvola  $X$ . Questa cade sulla sua

base e permette alla traversa  $H'$  di distaccarsi dalla dentiera, e quindi si può collocare il cilindro percussore o motore nella posizione che si vuole.

Il richiamo del cilindro si ottiene mediante l'aria compressa. Perciò si chiude il robinetto  $I$  e così la traversa  $H'$  cade dai denti delle aste dentate; indi si apre il robinetto  $J$  che permette l'accesso dell'aria compressa nel condotto  $K$  e da esso in quello  $K'$ , causando una pressione nello stantuffo  $M$ , ma da destra verso sinistra. Per tal modo tutto l'apparecchio sarà ricondotto alla posizione iniziale.

### § 7.

#### LA PERFORATRICE A ROTAZIONE DI TAVERDON (1).

Diconsi a rotazione quelle macchine le quali invece di produrre il foro servendosi della forza dell'urto dello scalpello contro la roccia, usano la rotazione dell'attrezzo, producendo in pari tempo una pressione contro la roccia.

La prima macchina del genere fu proposta da De La Roche-Tolay, che l'espose a Parigi nel 1867 ed aveva 250 giri dell'attrezzo al minuto; si diffusero però in Europa maggiormente la macchina del Taverdon e quella dell'ing. Brandt, nella quale il numero dei giri si fa variare da 100 a 250, secondo che la roccia è più o meno dura.

La ditta A. Taverdon di Parigi, che si occupa molto dell'applicazione dei diamanti alla perforazione della roccia ed al taglio delle pietre, propose una perforatrice che è già in uso dal 1878 e che diede eccellenti risultati.

La perforatrice è del tipo rappresentato nella fig. 90 in sezione longitudinale e trasversale. La perforatrice consta di un motore  $a b, c d$  e del perforatore,  $e f$ , il cui scalpello è fatto con una *corona di diamanti neri*, i quali sono durissimi e tenuto conto della loro durata non hanno relativamente un valore eccessivo. Il prezzo delle corone con diamanti è il seguente: Diametro mm. 26, L. 200; mm. 30, L. 250; mm. 33, L. 275; mm. 35, L. 325; mm. 40, L. 375; mm. 40, L. 375; mm. 45, L. 425; mm. 52, L. 500; mm. 58, L. 625; mm. 65, L. 750; mm. 75, L. 1000.

La sezione longitudinale  $e f$  della fig. 90 rappresenta quella del perforatore, il quale è racchiuso entro ad un tubo  $A$  di ferro, che lo mette al riparo dalle rocce e che ad un tempo serve per riunire le

(1) Solerti: Costruzione ed esercizio delle strade ferrate. Vol. 1.<sup>o</sup>.

due parti *D* e *B*. La parte *B* a sinistra è in bronzo e si avvita dalla parte interna al motore, rappresentata nella stessa figura con due sezioni, una longitudinale *ab* e l'altra trasversale *cd*, per modo da ottenere così l'otturazione del perforatore.

Il cilindro interno alla parte *B* è pure in bronzo ed è attraversato dall'albero del perforatore. Quest'albero è in acciaio e riceve il suo moto di rotazione dal motore; esso è reso solidario ad un altro albero *G* pure in acciaio e del medesimo diametro e con essa ruota.

La corona *I* che porta le punte di diamante è dotata non solo di un movimento di rotazione dato dall'albero *G* cui è unita, ma anche di una pressione nel senso dell'asse da sinistra a destra per potere premere contro la roccia da forare. L'albero *G* è abbracciato da un'altra fodera in acciaio la quale riceve direttamente la corona. Ed acciò sia possibile avere tanto il moto di rotazione che quello di progressione, si fece attraversare la fodera da due chiavette che, avendo la loro guida in apposita scanalatura dell'albero, permettono la traslazione lungo l'albero stesso, mentre determinano la rotazione assieme all'albero.

Nella fodera si avvita uno stantuffo *H* che è in due parti, fra le quali è premuto un disco di cuoio.

Questo stantuffo sotto la pressione dell'acqua, che esercita la sua azione su una delle sue faccie, si muove nell'interno del cilindro *K*. Attorno alla parte *H* dello stantuffo si praticano delle scanalature parallele all'asse, allo scopo di fare entrare l'acqua in contatto col cuoio ed ottenere così la sua aderenza contro le pareti del cilindro *K*.

Questo cilindro *K* termina alle sue estremità con coperchi in bronzo che permettono il passaggio all'albero *G* ed alla sua fodera a destra, mentre quella all'estremità a sinistra non dà passaggio che al semplice albero. Diverse scanalature sono disposte nelle fodere e negli assi per avere l'ungimento dal vaso unico che trovasi al di sopra di *B*.

L'acqua sotto pressione che fa avanzare lo stantuffo *H* penetra dietro *B* e per canali centrali dell'albero *G* va in *K*; alcune chiusure in cuoio impediscono che l'acqua torni indietro da destra verso sinistra. Un apposito robinetto serve per lo scarico; ma pur si può ottenere lo stesso effetto con un robinetto a tre vie che serve tanto per l'ammissione dell'acqua compressa che per lo scarico.

La corona coi diamanti è fatta in modo che

ogni punta tracci un cerchio differente durante la rotazione dell'attrezzo. L'acqua penetra nell'interno e serve per asportare la melma di roccia che si forma.

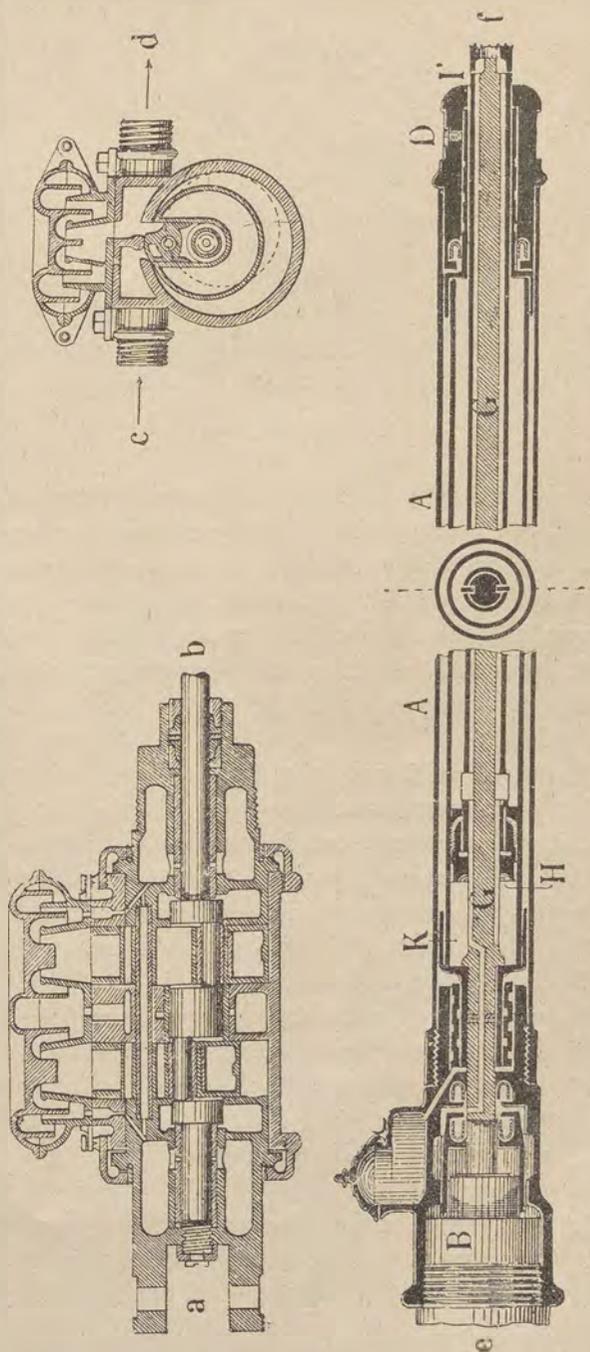


Fig. 90. — La perforatrice di Taverdon.

Come motore può adoperarsi od uno Taverdon ad aria o acqua (*ab, cd*, fig. 90) od una turbina, od una macchina a gas, od un motore elettrico.

Il motore della perforatrice Taverdon, che viene denominato dall'inventore *Moteur Braconnier*, dal

nome del senatore belga Braconnier che fu il padrino dell'invenzione, è fondato sul seguente principio: Sia  $a$  il centro di un circolo  $A$  (fig. 91) e sia  $B$  un disco con centro in  $b$ , tangente al circolo  $A$ . Suppo-

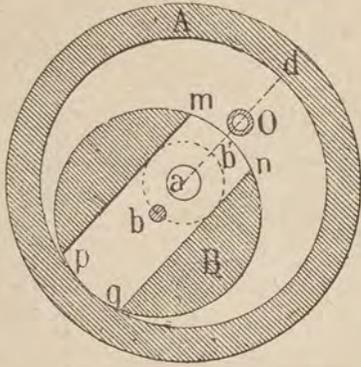


Fig. 91.

niamo che nel disco  $B$  sia praticata una scanalatura  $m n p q$ , ove possa scorrere a fregamento dolce un corsoio  $a d$ . Se si fa svolgere il disco  $B$  nell'interno del circolo  $A$  il punto  $b$  descriverà un circolo  $b b'$  di raggio  $a b$ , il qual circolo, supposto che in  $b$  vi fosse il bottone di una manovella, rappresenterebbe lo spazio da esso percorso durante una intera rotazione del disco  $B$ .

Il disco  $B$  ed il raggio  $a d$ , girando nell'interno del circolo  $A$ , genereranno due spazi diversi variabili ed i volumi che ne sono la conseguenza, pur essendo entrambi variabili, possono da orifizi convenientemente disposti, ricevere fluidi qualunque, sia che l'apparecchio li aspiri, sia che li spinga, li comprima o li misuri. Oppure inversamente, se i detti fluidi sono in pressione ed agiscono o per pressione o per espansione, possono imprimere al disco  $B$  un moto epicicloideale, che viene utilizzato come motore.

Diverse sono le combinazioni che da questo stato di cose possono nascere:

- 1.<sup>o</sup> Può essere motore il disco  $B$ ;
- 2.<sup>o</sup> Il motore può essere a manovella fissa rigida, mentre il disco  $B$  ed il cilindro  $A$  girano entrambi attorno ai loro assi, ma secondo velocità angolari diverse;
- 3.<sup>o</sup> Il motore Braconnier a cilindro fisso, inquantochè il corsoio  $a d$  è solidale col circolo  $A$  per mezzo dell'asse  $o$ . In questa disposizione la parte superiore dello stantuffo oscillante descrive una curva ad 8;

4.<sup>o</sup> Il cilindro e la manovella possono essere liberi, avendo ognuno un movimento particolare;

5.<sup>o</sup> Il corsoio  $a d$  può diventare motore, ed il centro di rotazione è nel punto  $b$ ;

6.<sup>o</sup> Il centro principale di rotazione si trova in  $a$  ed allora il disco  $B$  trascinato nel suo movimento si mette a girare attorno al suo proprio centro.

Ecco ora come si applicò questo principio alla macchina annessa alla perforatrice.

Nel cilindro  $A A'$ , il cui asse è in  $O$  (fig. 92), si muovono due cilindri eccentrici  $B$  e  $B'$ , il cui asse di rotazione comune è proiettato in  $b$  ed è imperniato al fondo del cilindro  $A A'$ .

Il corsoio  $C$ , che può girare attorno all'asse, scorre a fregamento dolce in una scanalatura praticata nel disco  $B B'$ .

Il cilindro  $B B'$  si muove quindi a pendolo, nell'interno del cilindro  $A A'$ .

Nella posizione indicata nella figura il lembo  $C$  del diaframma o corsoio copre la luce  $e$  di introduzione dell'aria compressa, la cui espansione, per il sistema di costruzione, succede solo per metà della corsa del motore. Nell'oscillazione del cilindro  $B B'$  una delle sue generatrici resterà sempre a contatto con la superficie interna del cilindro  $A A'$  ed in pari tempo le dimensioni sono calcolate per modo che nell'oscillazione che può subire il corsoio  $C$  viene ad

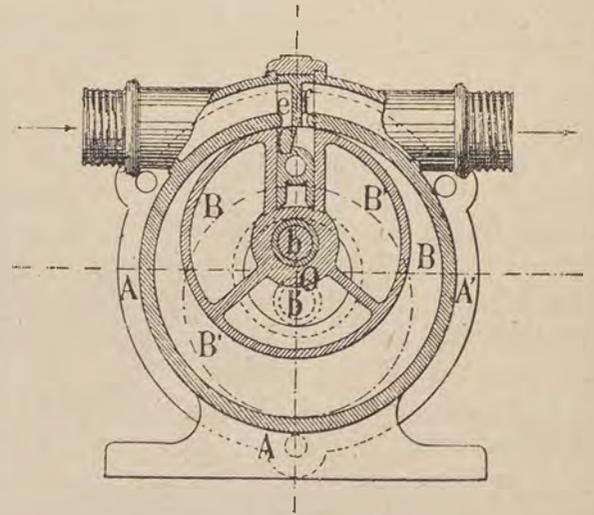


Fig. 92.

essere sempre intercettata la diretta comunicazione fra la luce  $e$  e quella  $f$ .

La combinazione di due di questi dischi o cilindri oscillanti, fatti come vedesi nelle sezioni  $a b, c d$

della fig. 90, produce il movimento di rotazione dell'attrezzo.

In pari tempo l'acqua compressa spinge e preme continuamente la corona coi diamanti contro la roccia e produce l'avanzamento mano mano che si approfondisce nel foro.

Ogni perforatrice capace di far fori da 30 mm. pesa meno di 70 Kg. e costa 1800 lire. Essa può far fino a 2000 giri al minuto a seconda della qualità di roccia ove lavora e l'avanzamento medio è di 10 a 15 centimetri al minuto.

§ 8.

LA PERFORATRICE BRANDT (1).

Mentre nelle macchine ordinarie con perforatrice a diamanti si cercò di ottenere l'effetto della foratura con una pressione limitata, ma con un gran numero di giri, il Brandt invece studiò di ottenere lo stesso scopo con una forte pressione (fino a 120 atmosfere) e limitata velocità (5 a 10 giri al minuto); ed invece di servirsi delle costose corone con diamanti neri adoperò un perforatore di acciaio temperato, indicato nella fig. 93, che si avvita in *v* al fioretto od asta da mina, cui si assicura meglio con una chiavetta ed ha la forma a cilindro cavo come tutto il fioretto. L'estremità è tagliata a denti di sega *a*.

L'angolo  $\alpha$  dei denti di sega del perforatore varia da 60° a 70° a seconda della durezza della roccia, notando che l'angolo deve essere tanto più grande quanto maggiore è la durezza della roccia.

I denti si formano con la macchina raspatrice meccanica e possono essere affilati di nuovo mano mano che si consumano.

Il perforatore è tornito un po' conico per facilitare la foratura e lo svincolo dell'attrezzo senza aumentare l'attrito nella roccia. Qualche volta, massime nella roccia molto dura, si usano tre gradazioni di perforatori per ogni foro, cioè uno che incomincia ed ha il diametro di 80 mm., un secondo che continua l'operazione ed ha il diametro di 78 mm., e finalmente un terzo che finisce il foro ed ha il diametro di 76 mm. Spesso anche usasi il *perforatore a guida*, ove questa è costituita da un perforatore *a guida* (fig. 94), del diametro di 25 mm., che si innesta nel vero perforatore, cui però serve di guida pel foro

che prima produce. Le scanalature *m* che si vedono nella figura servono per facilitare il passaggio alla melma prodotta nella perforazione.

Nelle ultime macchine che fornisce la ditta Sulzer di Winterthur, costruttrice delle perforatrici Brandt, il perforatore si fa solo di 60 mm. e quindi anche il fioretto lo si diminui in proporzione. Il motore è dato dall'acqua a pressione che agisce sulla perforatrice, la quale comprende un manicotto *MM* (fig. 95), che è collegato alla *colonna-affusto N* e sostiene con la vite *F* il cilindro *O* che denominasi *cilindro di avanzamento* o di *pressione*, il quale con tutto il resto della perforatrice è girevole attorno all'asse *F*; e siccome si può far girare la perforatrice anche nel piano normale all'asse della colonna affusto *N*, così si vede come alla perforatrice possa darsi qualunque posizione.

Dentro al cilindro *O* scorre lo stantuffo *J* a chiusura ermetica prodotta dalla fascia elastica *xx*. L'altra

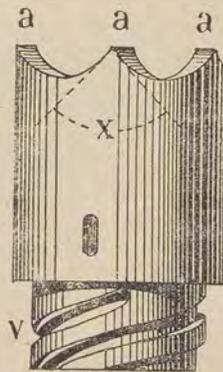


Fig. 93. — Il perforatore di acciaio della perforatrice Brandt.

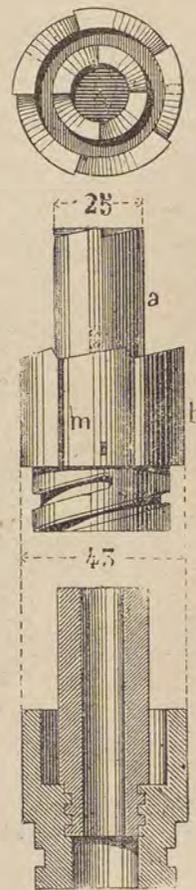


Fig. 94. Il perforatore a guida.

estremità dello stantuffo *J* ha due slitte *KK* che possono scorrere sulle guide *GG* e che formano un pezzo solo con la ruota *HH*, la quale può girare come un collare attorno ad *hh*. Allo stantuffo *J* è unito il porta-utensile *M* che porta il fioretto ed il perforatore. Quindi se nel cilindro *O* si produce una pressione essa si comunica al perforatore; ed in pari tempo se la ruota *HH* gira, girerà anche il perforatore.

(1) V. Opere citate.

Al di sopra del collare *MM* sonvi due motori idraulici a colonna d'acqua *E, D*, i quali alla pressione dell'acqua che li anima, possono sviluppare una forza di 12 a 14 cavalli-vapore. Essi, mediante le

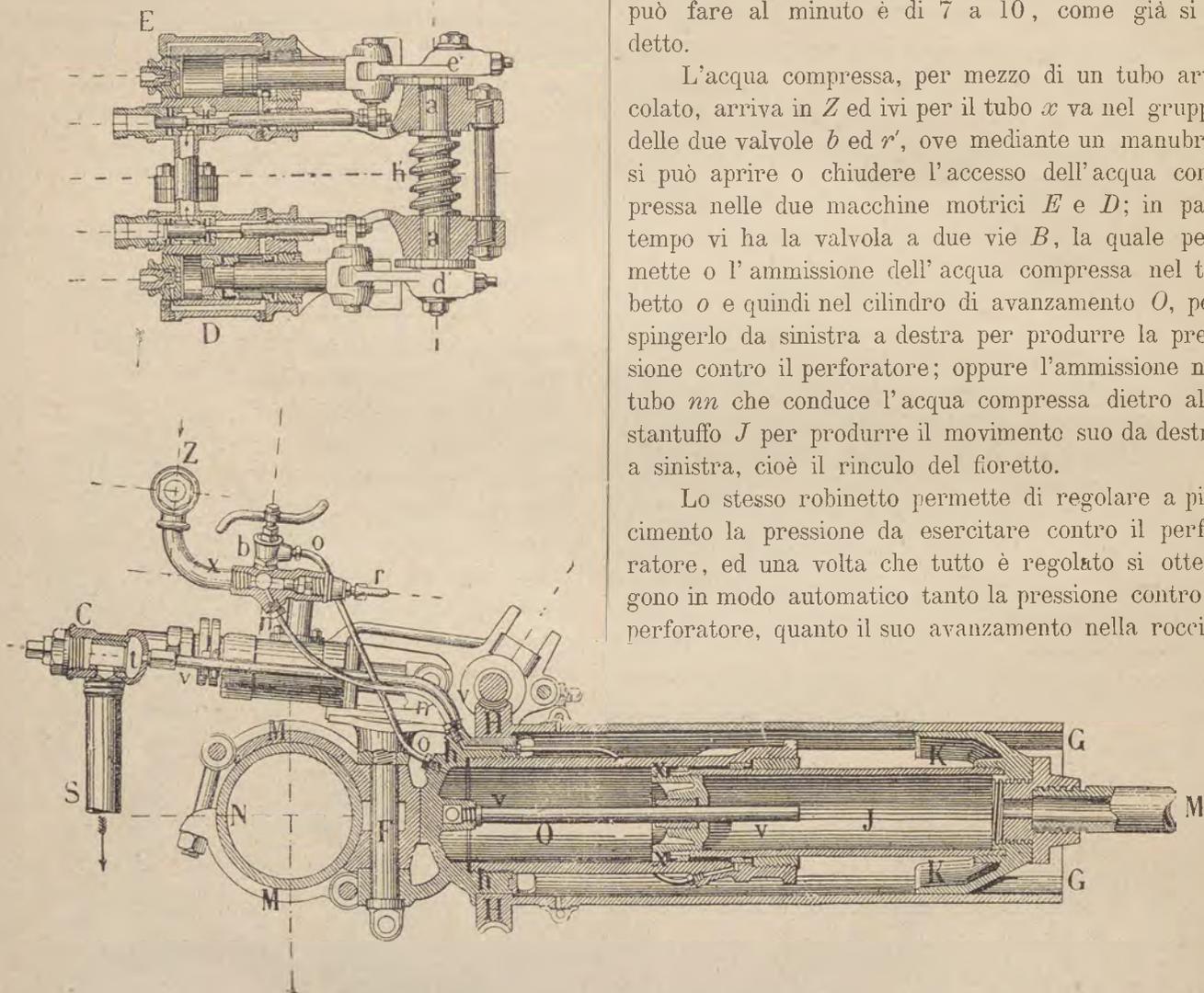


Fig. 95. — La perforatrice di Brandt.

L'acqua consumata dai due motori può essere lanciata in quantità più o meno grande, a seconda della natura della roccia, fino al perforatore. Perciò, nella diramazione del tubo di scarico *S* vi è un robinetto *C*; e basta che si giri il robinetto *C* perchè, chiudendosi la luce che comunica con *S*, l'acqua della camera *t* vada pel tubo *vv* che attraversa lo stantuffo *J* nell'interno del fioretto, il quale è fatto a tubo, e quindi nel perforatore. La pressione che può esercitarsi contro lo stantuffo *J* e quindi contro la roccia è di 10 a 12 mila chilogr.

manovelle *e'* e *d'*, mettono in moto di rotazione l'albero *aa*, che ha una vite senza fine *h'* la quale si ingrana con la ruota *H* e produce così la sua rotazione e quella del perforatore che ad essa è annesso, come si è visto. Il numero dei giri che la ruota *H* può fare al minuto è di 7 a 10, come già si è detto.

L'acqua compressa, per mezzo di un tubo articolato, arriva in *Z* ed ivi per il tubo *x* va nel gruppo delle due valvole *b* ed *r'*, ove mediante un manubrio si può aprire o chiudere l'accesso dell'acqua compressa nelle due macchine motrici *E* e *D*; in pari tempo vi ha la valvola a due vie *B*, la quale permette o l'ammissione dell'acqua compressa nel tubetto *o* e quindi nel cilindro di avanzamento *O*, per spingerlo da sinistra a destra per produrre la pressione contro il perforatore; oppure l'ammissione nel tubo *nn* che conduce l'acqua compressa dietro allo stantuffo *J* per produrre il movimento suo da destra a sinistra, cioè il rinculo del fioretto.

Lo stesso robinetto permette di regolare a piacimento la pressione da esercitare contro il perforatore, ed una volta che tutto è regolato si ottengono in modo automatico tanto la pressione contro il perforatore, quanto il suo avanzamento nella roccia.

## § 9.

### GLI AFFUSTI A COLONNA PER LE PERFORATRICI.

Le perforatrici meccaniche generalmente sono portate da *affusti* o *castelli* che presentano un grado di robustezza tale da resistere agli sforzi che sopra di questi si esercitano.

Gli affusti possono essere *a colonna*, *a trepiedi* ed *a carretto sopra rotaie*. Di questi quelli a trepiedi sono i meno usati, perchè meno stabili, consi-

stendo in un trepiede al quale la perforatrice è sostenuta mediante una articolazione a due movimenti ortogonali, in modo che la macchina possa assumere qualunque direzione. La stabilità di questo sostegno, usato esclusivamente nei lavori a cielo scoperto, è assicurata applicando alle gambe, in basso, dei pesi, i quali ne diminuiscono anche le oscillazioni.

Negli affusti a colonna, questa è costituita generalmente di due parti, l'una che scorre dentro dell'altra, o per mezzo di vite, o a cannocchiale, perchè le loro estremità si possano adattare contro

le pareti della roccia. La forza che li tende a fissare contro la roccia per quelli a vite può essere prodotta da una manovella a mano che trasmette il suo movimento alla vite e questa alla colonna; per quelli a cannocchiale si adopera la pressione idraulica.

Un tipo di affusto a colonna, sperimentato nel traforo del Gottardo, agente mediante l'acqua compressa, è quello rappresentato nella fig. 96 in vista e sezione. Consta di un tubo principale di ferro battuto, cavo e tornito internamente, nel quale scorre come stantuffo un secondo tubo che ha l'estremità

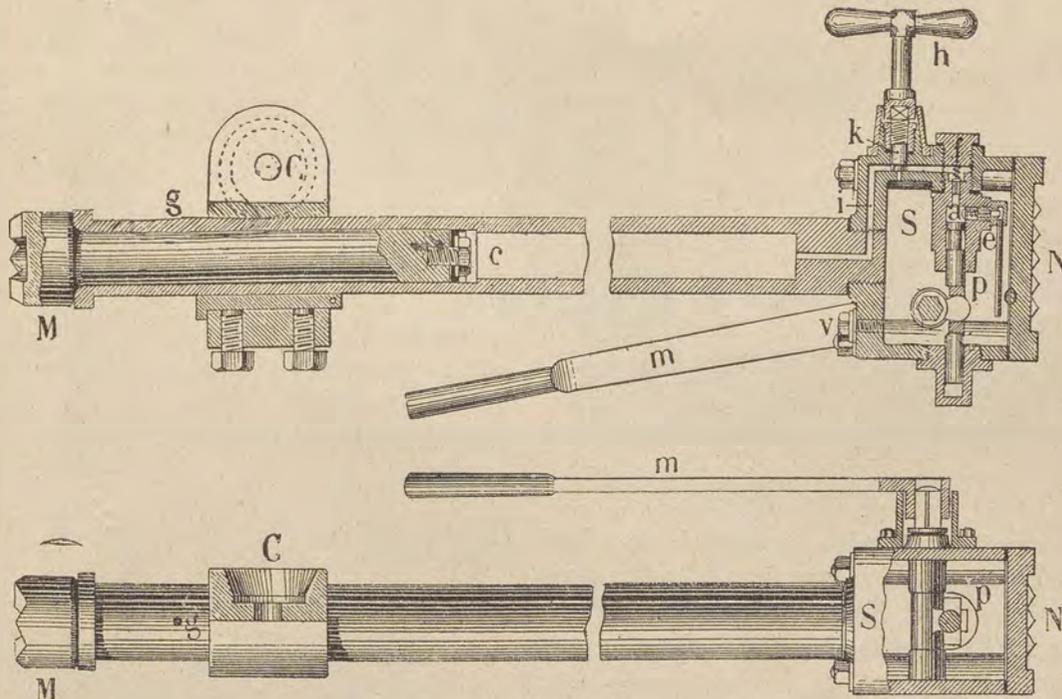


Fig. 96. — L'affusto a colonna per le perforatrici.

esterna *M* foggata con diversepunte, acciocchè possa fare presa contro la roccia.

Nell'estremità *N* opposta del tubo che funziona come cilindro, foggata pure con diverse punte, si ha un serbatoio *S*, dentro al quale esiste un piccolo corpo di pompa *p*, per mezzo del quale, facendo uso della manovella *m*, si può comprimere l'acqua nella cavità *c* del tubo principale e spingere con forza lo stantuffo e quindi la zampa *M* contro le pareti dello scavo.

Quando il movimento della leva *m*, tirando lo stantuffo *p*, provoca una aspirazione nella cavità *a* del corpo di pompa, la valvola *e* si apre e la cavità si riempie d'acqua proveniente dal recipiente *S* per mezzo del condotto *o*. Col movimento contrario della

leva, ossia dello stantuffo della piccola pompa, chiudendosi la valvola *e* e comprimendosi l'acqua nel corpo di pompa *a*, si apre la valvola *f*, attraverso la quale, seguendo il condotto *i*, l'acqua compressa sfugge per riempire la cavità *h* del tubo principale dell'affusto. In questo tubo havvi un foro *g* che oltrepassato dallo stantuffo *M* nella sua corsa fa affluire verso l'esterno l'acqua compressa e lo stantuffo si arresta; con ciò si evita che lo stantuffo nel suo movimento possa sortire fuori del cilindro. Nella vite *v* vi ha un foro che serve a ristabilire la pressione atmosferica nell'interno del recipiente *S*.

Per il distacco della colonna basterà girare opportunamente il manubrio *h*, perchè la valvola *k* si apra e faccia ritornare l'acqua compressa di nuovo

nel vaso *S*. La perforatrice si fissa solidamente alla colonna, servendosi del manicotto *C* che può scorrere e fermarsi con vite lungo la stessa.

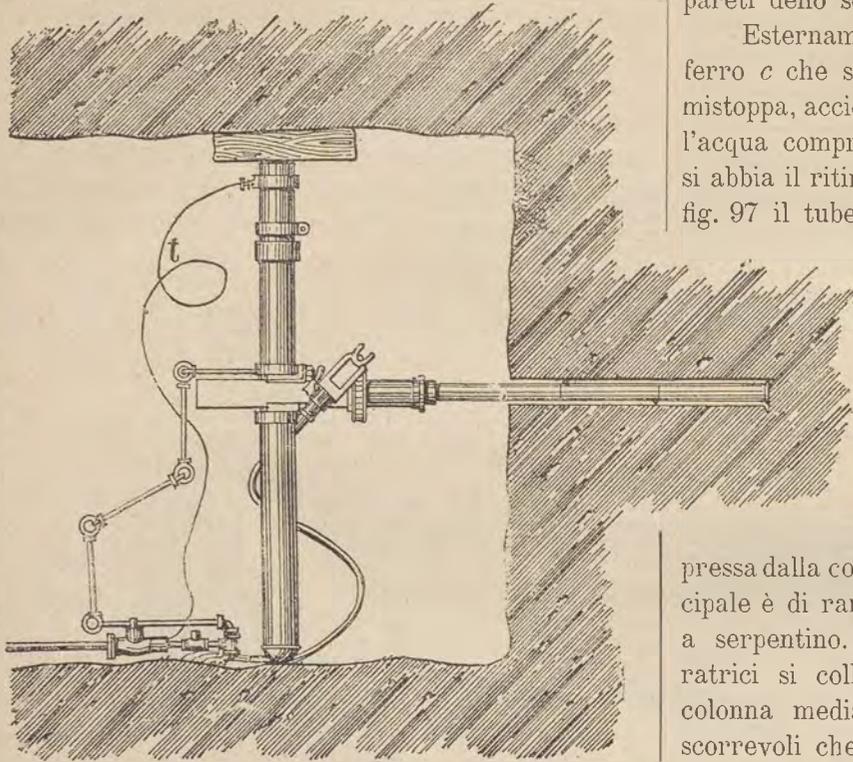


Fig. 97. — L'insieme dell'affusto della perforatrice Brandt.

La perforatrice Brandt è portata da un affusto a colonna che agisce con la pressione idraulica della medesima perforatrice. Ne è dato un disegno di insieme nella fig. 97, mentre i particolari dell'affusto sono segnati nella fig. 98.

Come il precedente l'affusto Brandt si compone di un tubo di ferro principale *A*, dentro al quale ne scorre un secondo *B* a tenuta di pressastoppa, con la differenza che anche questo stantuffo *B* è cavo, e nel suo interno sono disposti due tubetti del diametro di 5 mm., uno dei quali sbocca in *a* nella cavità *C* del cilindro, l'altro sbocca nello spazio *b* individuato da una gola praticata all'intorno dello stantuffo.

Attraverso questi tubetti arriva l'acqua compressa: essi sono chiusi da un robinetto a tre vie il quale funziona in modo tale che appena lo spazio *b* è occupato dall'acqua in pressione, l'acqua dello spazio *C* riesce in comunicazione con lo scarico esterno e quindi lo stantuffo rientra nel corpo del cilindro. Invece quando il robinetto apre all'acqua la via *aa* per accedere allo spazio *C* del cilindro, l'acqua in pressione dello spazio *b* è posta per mezzo della se-

conda via del medesimo robinetto in comunicazione con lo scarico, e quindi lo stantuffo si muove all'infuori e la colonna si adatta con le sue estremità alle pareti dello scavo.

Esternamente allo stantuffo scorre un collare di ferro *c* che stringendosi a vite si fissa contro il premistoppa, acciocchè, chiudendo la comunicazione dell'acqua compressa con lo spazio *C* del cilindro, non si abbia il ritiro dello stantuffo *B*; come risulta dalla fig. 97 il tubetto *t* di comunicazione dell'acqua com-

pressa dalla condotta principale è di rame foggiato a serpentino. Le perforatrici si collegano alla colonna mediante anelli scorrevoli che si fissano a vite.

### § 10.

#### GLI AFFUSTI A CARRETTO PER LE PERFORATRICI.

Gli affusti a carrello si prestano per sostenere più perforatrici; per il loro grande peso si fanno scorrere sopra binari poterli facilmente manovrare.

Si hanno affusti a carrello molto semplici come quello della fig. 99 conosciuto col nome di *affusto Ingersoll*, dove la colonna è sopportata da un carrello a quattro ruote, mentre con l'estremità superiore *e* si può applicare al cielo del cavo mediante vite girevole che penetra nella colonna. Come indica la figura, la colonna di questo affusto può portare una

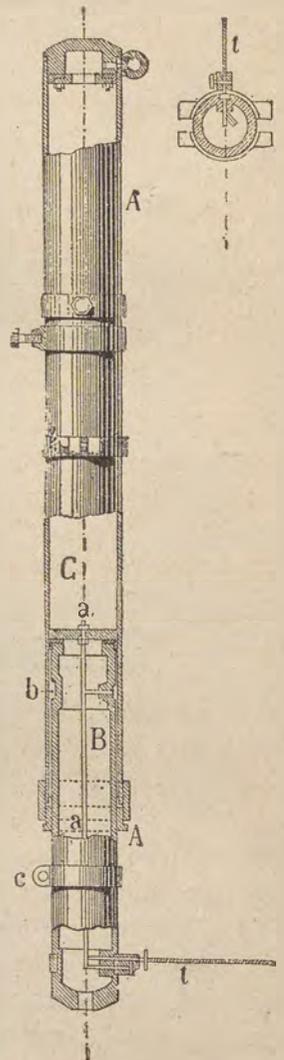


Fig. 98. — Il particolare dell'affusto della perforatrice Brandt.

sola perforatrice. Per due perforatrici l'affusto è foggiato in maniera poco diversa (fig. 100). La colonna ed il carrello si fissano egualmente con la vite *e*. Le due perforatrici sono portate da una specie di bilanciere, il quale nei suoi movimenti verticali è regolato da due colonne a vite *c* e *d* a contrasto rispettivamente col cielo dello scavo e con la piattaforma del carrello, e con le pareti verticali dello scavo si può fissare con una colonna a doppia vite *b*.

Nella fig. 101 è rappresentato lo schema di un affusto a carrello per quattro perforatrici del tipo Dubois-François, mentre nella fig. 13 è stato dato l'affusto completo per sei perforatrici del medesimo tipo: questo affusto servi per il traforo della galleria del Gottardo. Il suo movimento di traslazione sul binario è dato a mano mediante il volano *v*, che comunica il movimento alle ruote di ingranaggio *r*, *r'*, e queste alle ruote *s* posteriori dell'affusto.

Per lo scavo dei pozzi si adibisce l'affusto rappresentato nella fig. 102, conveniente per le perforatrici Dubois-François. Questo affusto è mobile, appeso ad una taglia e consta di una colonna *c*, la quale può fissarsi e far contrasto con un castello di legname *xy*, essendo girevole per mezzo del manubrio *m* e foggiate a vite. Le braccia *bb*, girevoli attorno la colonna *c* portano le perforatrici, le quali possono essere fissate in un punto qualsiasi delle medesime.

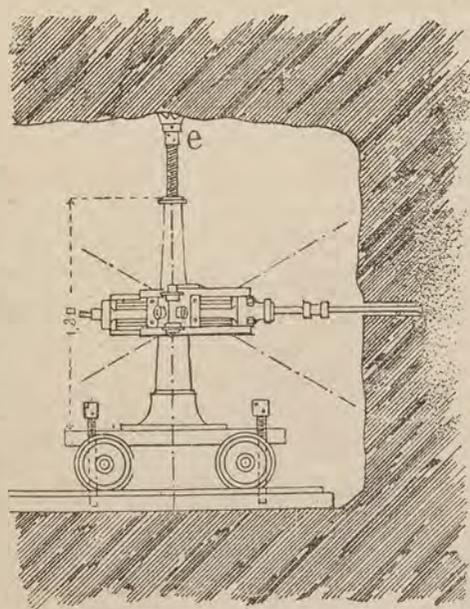


Fig. 99. — L'affusto a carrello Ingersoll per una sola perforatrice.

MISURACA — La tecnica del fabbricare.

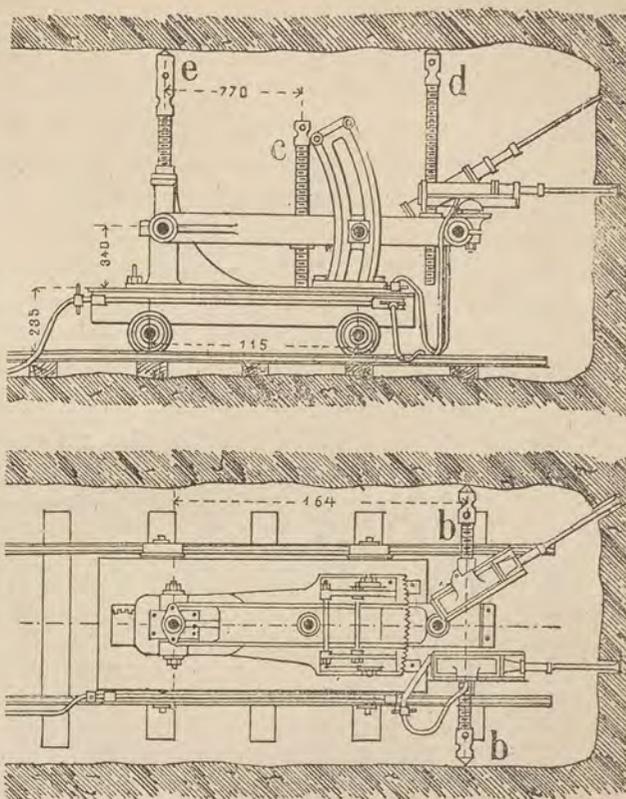


Fig. 100. — L'affusto a carrello di Ingersoll per due perforatrici.

L'inclinazione delle perforatrici è data dalle saette *s s* mediante fori di cui sono provviste per tutta la loro lunghezza.

L'aria compressa perviene in una camera *C* annessa alla colonna, dalla quale dipartendosi giunge alle due perforatrici.

La ditta L. A. Taverdon di Parigi ha costruito per le sue perforatrici un affusto speciale, ingegnoso quanto semplice, che merita ricordare. A differenza degli altri questo affusto non è scorrevole sopra binario, non avendo ruote. Consta di quattro colonne di ferro vuoto *c* (fig. 1, Tav. XII), munite superiormente di zampe *e* a vite con le quali si possono tenere aderenti contro il cielo ed il pavimento dello scavo.

Le quattro colonne sono fra loro collegate mediante quattro coppie di traverse, due delle quali *t, t,...* sono rigide, le altre due *t', t',...* sono articolate per modo che l'affusto si possa stringere ed allargare per meglio adattarsi alla forma dell'ambiente in cui esso deve lavorare.

Le perforatrici sono assicurate mediante manicotti a quattro sbarre orizzontali *s*, le quali sono collegate alle colonne dell'affusto mediante altri mani-

cotti a vite in qualsiasi punto della loro altezza venga. Per la sua felice manovra questo affusto può adattarsi a qualunque genere di scavo.

Anche le perforatrici Brandt hanno un affusto speciale a carrello sul quale sono montate. Il carrello è a quattro ruote scorrevoli sopra un binario. Sopporta un asse *b* orizzontale (fig. 2, Tav. XII), situato normalmente all'asse del carrello attorno al quale gira una leva *abc*, la quale all'estremo *c* sopporta la colonna *d* orizzontale, alla quale sono assicurate le perforatrici in numero di 2 o 3 al più. La vite *k* regola i movimenti della leva e la rende rigida col carrello. All'estremo *a* della leva si applica un con-

trappeso per fare equilibrio al peso delle perforatrici in *c*. Sulla leva *abc* si ha infine una camera *e*, dalla quale parte la distribuzione dell'acqua compressa alle perforatrici.

### § 11.

#### LA CARICA DELLE MINE.

Praticato il foro da mina, nettato questo dai detriti terrosi provenienti dalla perforazione, sia per mezzo del cucchiaio *nettamine*, sia iniettando acqua a pressione, nel qual caso si avrà cura di asciugarlo, si procede alla deposizione della carica.

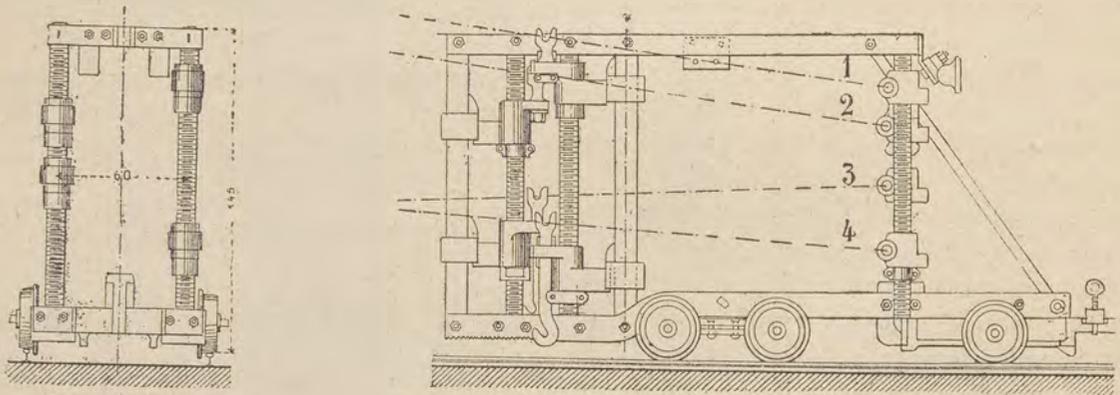


Fig. 101.

Il prosciugamento del foro è necessario quando si impiega la polvere come esplosivo, e si suole praticare in due modi: o, semplicemente, introducendo tamponi di stoppa che vengono estratti per mezzo di un rampino ovvero facendo esplodere sul fondo del foro una piccolissima cartuccia di polvere o di dinamite senza borra. Quando per la natura della roccia l'acqua penetra abbondante nel foro della mina, da renderne impossibile il prosciugamento, si suole rivestire talvolta le pareti del foro con uno strato di argilla o di cemento che si spalma con apposito cucchiaio.

La carica preferita per le mine comuni è la polvere pirica, la quale si depone sciolta nel foro, se questo è ben secco e non è diretto dal basso verso l'alto; diversamente va depositata racchiusa in apposita cartuccia con involucro di carta reso impermeabile, se il foro è umido, per mezzo di immersione in sostanze isolanti come pece, sego, olio di lino, ecc. A scanso di esplosioni disastrose anzi è da preferirsi sempre questo sistema, cosichè gli operai lavorano in condizioni più sicure per la propria vita. Se per esplosivo si impiega la dinamite, la deposizione della

carica va fatta sempre sotto forma di cartucce che nel commercio si trovano in vendita col diametro di 20 a 25 mm. e col peso di 100 gr. ciascuna. Qu allora per una carica abbisognano diverse cartucce, questi si dispongono nel foro, l'una di seguito all'altra, comprimendole leggermente con un calcaio di legno perchè aderiscano alle pareti del foro.

Le ricerche per la determinazione della carica occorrente in una mina, allo scopo di provocare un determinato cono di rottura, si sono portate fin'ora sulla linea di minore resistenza ed in generale sull'imbuto che è la sola manifestazione esterna sensibile delle mine. Ad onta di ciò non si hanno tuttavia norme sicure, con le quali, dato il volume e la forma dell'imbuto, la linea di minore resistenza, la qualità della roccia e talvolta anche l'altezza alla quale si vuole sollevare la massa dell'imbuto, si possa con esattezza assegnare la quantità di esplosivo occorrente per la mina.

Comunemente si ritiene che per un imbuto avente il raggio della base eguale all'altezza, cioè alla linea di minima resistenza, la carica, che in questo caso si chiama *carica di un fornello ordinario*, debba

essere stabilita proporzionatamente al volume dell'imbuto e quindi al cubo dell'altezza del cono o linea di minima resistenza, epperò una delle formole adoperate dai minatori per la determinazione di una carica è

$$c = g H^3 \text{ dove } g = \frac{c}{H^3} \quad (1)$$

è un coefficiente costante per lo stesso terreno, dipendente dalla sua natura intrinseca e che sperimentalmente si è trovato essere

- per terra ordinaria . . .  $g = 1,50$
- per terra leggera . . . »  $= 1,20$
- per sabbia resistente . . . »  $= 2,00$
- per argilla . . . . . »  $= 2,25 \text{ a } 2,30.$

Nella pratica del minatore chiamasi *fornello sopraccarico* quella carica che, per essere superiore a quella di un fornello ordinario, determina un imbuto più svasato, nel quale cioè il raggio della base è maggiore della profondità della mina. *Fornello sottocarico* di contro è la carica che determina un imbuto di raggio minore della profondità; ed infine si chiama *fumacchio* quel fornello che per la sua insufficiente forza esplosiva non produce alcuna manifestazione esterna.

Orbene, per ottenere la carica di un fornello qualunque corrispondente ad un imbuto qualsiasi si sono proposte delle formole nelle quali il valore  $c_1$  della carica è determinato in funzione del valore  $c$  della carica di un fornello ordinario, avente il medesimo vertice e quindi la medesima linea di minima resistenza.

Il capitano francese Ricour (\*) fece alcuni studi speciali per la determinazione di una carica qualsiasi  $c_1$ , tentando di collegare i risultati sperimentali con calcoli e formole che non hanno però che l'apparenza di rigore scientifico. Ferma rimanendo la linea di minima resistenza, l'imbuto variando col variare del raggio  $n$  della base epperò anche la carica  $c_1$ , egli ci suggerì la formola

$$c_1 = c (\sqrt{1 + n^2} - 0,41)^3 \quad (2)$$

nella quale entrano a fattore  $c = gH^3$  che è la carica di un fornello ordinario avente la medesima profondità ed  $n$  raggio dell'imbuto che si vuole determinare.

La formola ultima (2) e la precedente (1) sono

ritenute dai minatori come quelle che nella pratica danno risultati soddisfacenti.

Le mine a seconda della loro profondità si di-

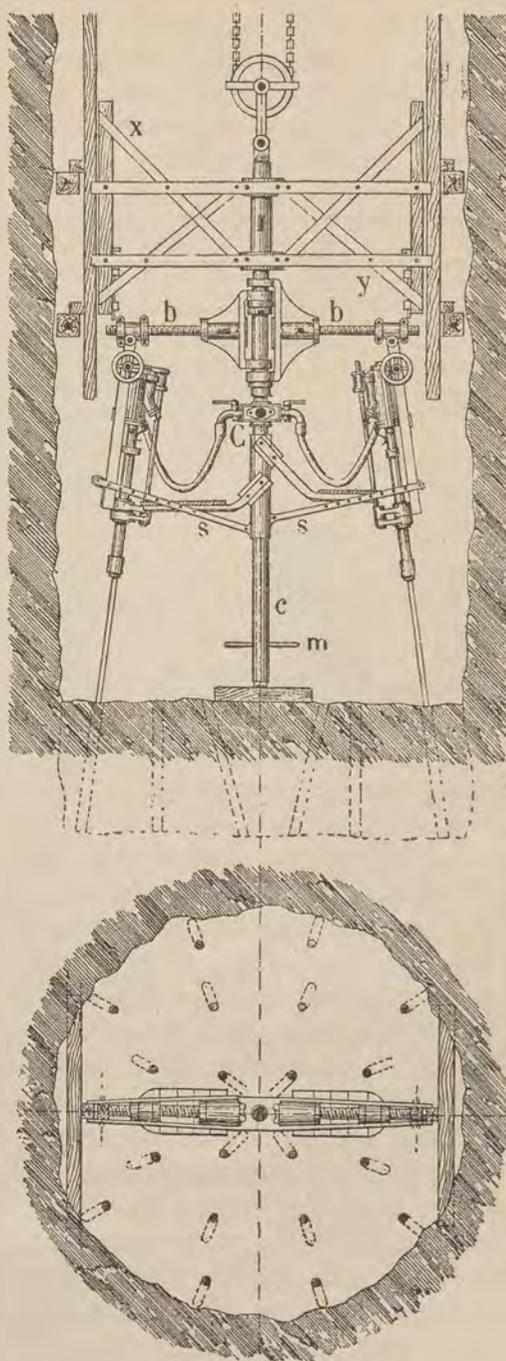


Fig. 102.

stinguono ordinariamente in *piccole e grandi mine*. Le piccole hanno un foro di penetrazione nella roccia variabile da 0,30 a 2 m., le grandi da 2 m. in

(\*) Mémorial de l'officier du génie. Paris, 1873.

sopra. Epperò quando si tratti di piccole mine i minatori si accontentano di caricarle a seconda della loro lunghezza. Giunto il foro alla voluta profondità, lo si suole riempire fino ad  $\frac{1}{3}$  od  $\frac{1}{4}$  di polvere pirica, ovvero fino a  $\frac{2}{3}$  se di dinamite. Nella seguente tabella si hanno alcuni risultati pratici determinanti la quantità di polvere necessaria per una data profondità della mina, relativa a un mc. di roccia dura più o meno compatta.

	Fino a profondità di		
	m. 0,35	m. 0,70	m. 2,0
Rocce quarzose e graniti	Kg. 1,149	Kg. 1,034	Kg. 0,967
» silicee.....	» 0,864	» 0,775	» 0,711
» calcaree e arenaree	» 0,690	» 0,621	» 0,574
» » tenere...	» 0,345	» 0,311	» 0,287
Tufi e puddinghe.....	» 0,216	» 0,195	» 0,179

### § 12.

#### GLI ESPLOSIVI PIÙ IN USO NELLE MINE.

Diversi sono gli esplosivi inventati e messi in uso nella pratica delle mine.

L'esplosivo più comune — e diremo anche il più antico — è la *polvere da mina* o *polvere pirica*, che è un miscuglio di *solfo*, *carbone* e *nitrate di potassa*, nelle rispettive proporzioni di 18: 12: 70, il quale si infiamma se a contatto di un corpo incandescente, generando il 43% del proprio peso di prodotti gassosi.

In questi gas di prevalenza si notano *acido carbonico* (50%) ed *azoto* (40%), poi *ossido di carbonio*, *acido solfidrico*, *idrogeno* ed *idrogeno carbonato*; secondo il Nobel la forza esplosiva dei gas provenienti dalla combustione della polvere ascende a 6400 atmosfere, ma nella ordinaria polvere da mina si calcola possa ascendere a sole 1000 atmosfere.

La polvere pirica si presenta a granelli, di colorito nero, duri che non si sgretolano facilmente sotto la pressione delle dita, se la polvere è di buona qualità. Il suo peso specifico varia da 1 a 1,50.

Nel 1847 il prof. Sobrero di Torino scoprì quel miscuglio esplosivo che l'ing. Nobel di Amburgo in seguito, nel 1863, applicò alle industrie e che si compone di *glicerina* ed *acido nitrico* e *solfonico*, di apparenza oleosa, dolce al palato, inodora ed incolore e che è nota sotto il nome di *nitroglicerina*.

La nitroglicerina mista ad una sostanza inerte che l'assorbe, senza che la proprietà esplosiva sia alterata, prende il nome di *dinamite*.

Si hanno due categorie di dinamite: la *dinamite a base inerte* e la *dinamite a base attiva*.

Nella prima il corpo assorbente, la nitroglicerina, non è nè combustibile nè esplosiva; questa specie di dinamite è pressochè fuori di uso.

Nella seconda categoria si comprendono le *dinamiti* propriamente dette e le *gelatine*.

Le dinamiti sono a base di carbone e di alcuni nitrati, le gelatine a base di *cotone-collodio* o *cotone fulminante*, il quale ha propriamente la facoltà di ridurre la nitroglicerina in un corpo gelatinoso, e contribuisce con questa nella esplosione, essendo esplosivo per sua natura.

Il Nobel distinse coi numeri i diversi tipi di dinamite e di gelatina; la loro composizione è la seguente:

a) *Dinamite Nobel N. 1* = Nitroglicerina 75, Guhr (specie di farina fossile di Hannover) 25;

b) *Dinamite Nobel N. 2* = Nitroglicerina 50, Salnitro con cellulosa 50;

c) *Dinamite Nobel N. 3* = Nitroglicerina 75, Cellulosa 25;

d) *Gelatina dinamite* = Nitroglicerina 58, Cellulosa 12, Salnitro 28, Cot. fulm. 2;

e) *Gelatina esplosiva* = Nitroglicerina 93, Cotone fulminante 7.

La forza esplosiva di queste dinamiti varia in ognuna; se con 100 si indica la forza della gelatina esplosiva, la forza esplosiva delle altre corrisponde a

70	per la dinamite Nobel N 1
60	» » » » » 2
50	» » » » » 3
75	» » gelatina dinamite.

### § 13.

#### LA BORRATURA DELLE MINE.

Deposta la carica nei fori da mina si procede alla *borratura*, la quale ha lo scopo d'impedire che i gas prodotti dall'esplosione sfuggano attraverso il foro medesimo della mina.

La *borratura* consiste nell'intasare della terra

fortemente al di sopra della carica; occorre per questa pratica uno strumento, detto *calcatoio*, consistente in un bastone cilindrico di legno o di rame, mai di altro metallo, capace di provocare pericolose scintille, avente il diametro eguale o poco inferiore a quello del foro da mina.

In quasi tutti i fori ordinari da mine (a diametro piccolo, cioè) la borrhatura va fatta da principio, con sabbia secca, poi con argilla plastica, la quale battuta col *calcatoio* si adatta perfettamente alle pareti, impedendo così nel miglior modo la fuga dei gas. Anche l'introduzione dell'argilla si pratica preparandola in precedenza a forma di cilindri, perchè l'operazione riesca più spedita e più perfetta l'intasatura.

#### § 14.

##### L'ACCENSIONE ORDINARA DELLE MINE.

Fatta la deposizione della carica e la borrhatura si procede all'accensione.

Il miglior modo di comunicare il fuoco alle mine ovviando i pericoli di scoppio imprevisti, consiste nell'impiego dello *stoppino di sicurezza*, detto anche *miccia Bickford*, nota ai minatori fin dai primi dell'ultimo secolo, essendo stata impiegata per la prima volta nel 1831 in Cornovaglia.

Consta questo stoppino di un cordoncino di cotone o di iuta avviluppante nel suo interno un sottile cilindro di polvere pirica fine. Il cotone è all'esterno ricoperto di un intonaco idrofuogo che può essere catrame, bianco di Spagna, ecc., quando la miccia devesi impiegare per mine praticate in terreni umidi. Queste miccie ardono regolarmente nella regione di un metro per minuto primo; la loro lunghezza perciò si adatta al tempo necessario ai minatori per allontanarsi dal luogo del pericolo, all'atto dello sparo della mina.

Ciò non pertanto per accendere le mine usasi tuttavia il vecchio sistema del *fusellino* o *festuca di paglia*. In questo caso, se la carica della mina è costituita di polvere, all'atto della borrhatura è necessario introdurre preventivamente nel foro, presso la parete, l'*ago* o *spillo* fino a penetrare nella polvere (fig. 103) ed operare l'intasamento attorno lo spillo. A questo scopo il *calcatoio* è provvisto di una scanalatura, che permette il passaggio dello spillo, il quale è di rame e mai di ferro o di acciaio.

Quando la borrhatura è ultimata si ritira dolcemente lo spillo, facendolo rotare perchè il foro at-

traverso la borrhatura rimanga regolarmente cilindrico. In questo foro si introduce un fuscello di paglia pieno di polvere fina, avente le due estremità ricoperte di carta, finchè esso non penetri nel centro della carica.

L'accensione della mina perciò ha luogo comunicando il fuoco alla miccia per mezzo di uno stoppino imbevuto di zolfo e sospeso ad un'asta, e la sua durata può regolarsi in maniera da permettere agli operai di allontanarsi, assegnando alla miccia una conveniente lunghezza.

Anche la miccia Bickford si dispone egualmente se la carica è di polvere. Per questa però non si

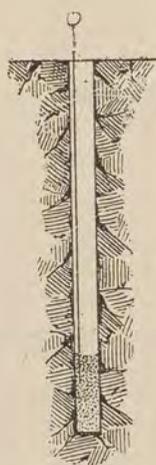


Fig. 103.

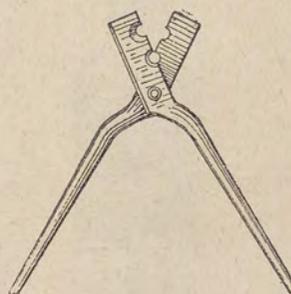


Fig. 104.



Fig. 105.

rende necessario l'impiego dello spillo, perchè si colloca a posto prima dell'intasamento, dopo averne tagliato a sbieco l'estremità che deve penetrare nel centro della carica. Il fuoco si comunica all'altra estremità anche con un fiammifero, avendo cura di denudarne prima per un piccolo strato l'anima di polvere.

Se la carica è costituita di dinamite, una miccia comune per la maggior parte dei casi la farebbe bruciare lentamente anzichè esplodere. Per provocare l'esplosione nei composti a base di nitroglicerina bisognerà ricorrere all'impiego di *capsule detonanti*, che sono piccoli tubetti di rame chiusi ad un estremo, aventi la forma di un ditale, di dimensioni varie, contenenti nell'interno e nel fondo un detonante, costituito per lo più da *fulminato di mercurio* nella dose di 250 a 1000 milligr.

L'innesto della capsula con la miccia Bickford ha luogo tagliando nettamente l'estremità della miccia che si fa penetrare nella capsula a contratto del deto-

nante, quindi con apposita pinza (fig. 104) si stringe la capsula per fermarne la miccia (fig. 105).

Preparata così la capsula, si apre una cartuccia di dinamite, l'ultima di quelle destinate a penetrare nel foro per costituire la carica, e vi si affonda la capsula fino a  $\frac{2}{3}$  della sua lunghezza, per impedire che la miccia venga a contatto della dinamite e, col suo bruciare, bruci la dinamite anzichè farla esplodere.

Completato l'involucro di carta della cartuccia di incasso così preparata (fig. 106), si introduce nel foro e si procede quindi alla borrhatura della mina.



Fig. 101.

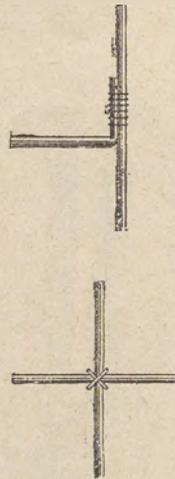


Fig. 107.

L'accensione delle mine, finalmente, si può praticare col così detto *cotone detonante*, consistente in una miccia con involucro di piombo o di stagno e con anima di *fulmicotone* o *dinamite*, per mezzo della quale si può trasmettere con celerità l'esplosione dell'esterno alla carica.

Il vantaggio che offre il cotone detonante è quello di potere effettuare non solo la borrhatura della mina con la massima facilità, ma anche di potere, con un sistema di miccie annodate, provvedere alla brillatura di parecchie mine nello stesso tempo. L'accensione del cordone si pratica con una capsula detonante con miccia ordinaria e l'annodatura dei cordoni si fa nel modo della fig. 107, con l'avvertenza di denudare l'anima interna esplosiva prima di legarli.

### § 15.

#### L'ACCENSIONE DELLE MINE MEDIANTE L'ELETTRICITÀ.

L'accensione delle mine per mezzo della miccia di Bickford e della festuca di paglia esige una per-

dità di tempo necessaria per il consumo della miccia, e non permette la brillatura contemporanea di più mine, anche perchè non si avrebbe mezzo di poter controllare col succedersi dei colpi, se in qualcuna vi fosse ritardo; il ritorno prematuro degli operai sul luogo della mina è la causa maggiore dei disastri delle mine. Nè il minatore che dà il fuoco alla miccia può sempre porsi al sicuro, specie quando deve salire o discendere per scale o sentieri faticosi: un inciampo impreveduto può riuscire fatale.

Ad ovviare questi pericoli ed allo scopo di ottenere una maggiore economia di tempo, epperò anche di lavoro, si è ricorso all'elettricità, con la quale si è sicuri di mettere il fuoco alle mine quando si sa che tutte le misure di sicurezza sono state prese. È permesso inoltre di potere accendere simultaneamente diverse mine rendendone più efficace l'effetto, se le mine sono disposte a conveniente distanza fra di loro.

L'accensione elettrica consiste nel far passare l'elettricità attraverso un innesco collocato nel centro della carica. Comprende perciò, oltre l'innesco, un generatore di corrente elettrica ed un filo conduttore.

L'accensione si provoca per mezzo della scintilla ovvero per mezzo dell'incandescenza di una parte del filo conduttore collocato a contatto del detonante; si hanno perciò due specie di inneschi corrispondentemente a questi due principi.

L'*innesco a scintilla* esige una corrente che possiede forte grado di tensione; essa perciò può essere utilmente fornita da macchine *magneto-elettriche*, dal *rocchetto di Ruhmkorff* e dalle macchine *statiche*. Perchè un innesco riesca sensibile, sia cioè di sicuro effetto, occorre che il detonante sia di facile accensione. Sono poi egualmente sensibili più inneschi se posseggono costante la distanza fra gli estremi dei conduttori a contatto del detonante; questa distanza di ordinario è  $\frac{1}{10}$  di mm. I *detonanti* o *polveri elettriche* più note ed indicate per questo genere di inneschi sono:

		( Sotto-solfuro di mare	64
a) Polvere Ebel per	}	Sotto-fosforo » »	14
deboli tensioni		Clorato potassico	22
			<hr/>
b) Polvere Abel per	}	Fulminato di mercurio	87
medie tensioni		Polveri di carbone di storta	13
			<hr/>
			100

c) Polvere Downe per medie tensioni	{ Fulminato di mercurio 25 Rame polverizzato 75	100
d) Polvere Ebner per forti tensioni	{ Solfuro di ammonio 44 Clorato potassico 44 Grafite 12	100.

L'innesco a filo o ad incandescenza è costituito di un sottilissimo filo di platino o di acciaio racchiuso in una cartuccia a contatto della polvere elettrica. Questo innesco esige una corrente elettrica molto intensa, quale può essere quella proveniente da una serie di pile ovvero da una dinamo a debole tensione.

La lunghezza del filo incandescente varia tra 2 e 6 mm., la grossezza varia col variare del metallo; sarà di  $\frac{1}{20}$  di mm. se di platino. La sua disposizione è rettilinea o a spirale e va saldato coi due estremi del conduttore. In questi inneschi si impiegano polveri elettriche che si infiammano ad una temperatura di 200° a 300°; la loro composizione è la seguente:

a) Polvere Abel	{ Sotto-solfuro di rame 16 Sotto-fosfuro » » 28 Clorato potassico 56	100
b) Polvere al fulmicotone	{ Fulmicotone 90 Polvere da caccia o carbone di storta 10	100
c) Polvere al fulminato	{ Fulminato di mercurio 87 Carbone di storta 13	100

Però il sistema più in uso è quello a scintilla, Nella fig. 108 è data la sezione della miccia elettrica d' Abegg, la quale consta di un cilindro metallico contenente la materia infiammabile ed una striscia di carta che serve a tenere a costante distanza i due conduttori, positivo e negativo. La scintilla prodotta al passaggio della corrente all'estremità dei fili conduttori provoca l'accensione della materia infiammabile.

Nella fig. 109 è indicato il modo di collocare la miccia elettrica nella mina, introducendo la miccia nella cartuccia ultima e legandola ad un'asta di legno che ha l'ufficio di tenere isolati i due conduttori.

§ 16.

I CONDUTTORI ED I CIRCUITI.

Occorre poco notare sui conduttori, i quali ordinariamente sono di filo di rame aventi un diame-

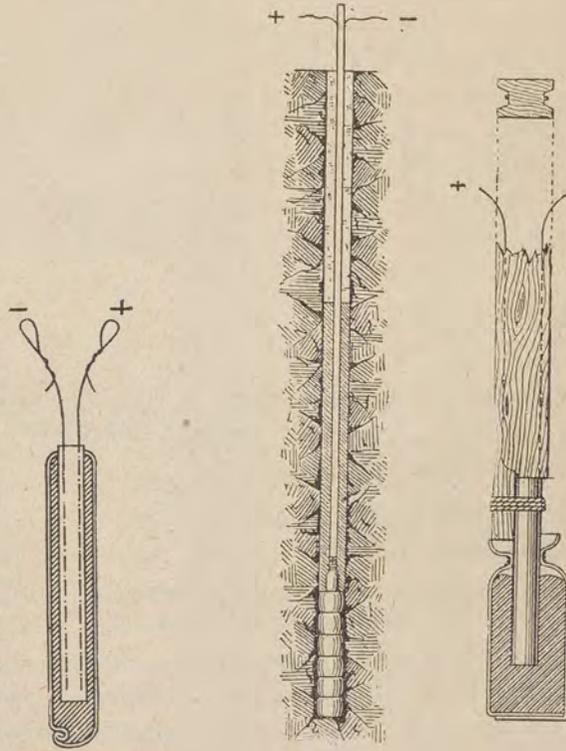


Fig. 108.

Fig. 109.

tro più grande per gli inneschi ad incandescenza, perchè minore riesca la resistenza da essi opposta. Si impiegano nudi o ricoperti di guttaperca o di altro isolante; si avrà cura di piazzarli sopra isolatori se sono adoperati nudi, mentre possono i due fili anche intrecciarsi a cordone se sono ricoperti da sostanze isolanti.

Per le mine che si vogliono fare accendere simultaneamente la disposizione del circuito può essere in serie o in derivazione.

Dalla fig. 110 si può avere una chiara idea delle suaccennate disposizioni di circuito e di una disposizione mista in serie e in derivazione.

La disposizione in serie esige che gli inneschi siano egualmente sensibili perchè si ottenga la simultaneità negli scoppi: se un innesco è meno resistente, ossia di più facile accensione, scoppia prima e c'è in-

terrompe il circuito. Questo inconveniente è eliminato nella disposizione in derivazione, nella quale si può avere un ritardo, ma giammai un colpo mancante; di

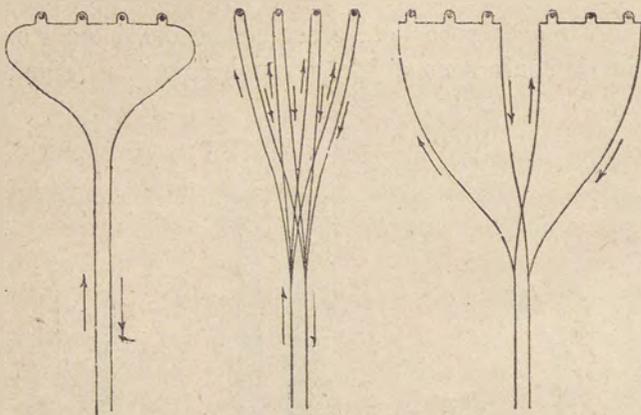


Fig. 110.

contro però si può non ottenere la simultaneità dei colpi. La disposizione mista mitiga i difetti dell'una e dell'altra e ne accoglie i pregi.

### § 17.

#### LO SCAVO DELLE ROCCIE SUBACQUE.

Allorchè le roccie da demolire sono coperte da uno strato di acque, che si eleva soltanto di pochi centimetri, sopra il livello della roccia, si possono scavare i fori da mina con gli stessi metodi che si seguono per le roccie a cielo scoperto. Praticato il foro, si introduce la carica racchiusa in una cartuccia impermeabile (ordinariamente di carta ricoperta di catrame) alla quale è saldata la miccia Bickford, pure difesa da involucro impermeabile, ovvero un tubetto di stagno lungo sufficientemente per sporgere sopra il livello dell'acqua, del diametro tale da potere contenere lo *spillo di rame* da minatore. Allorchè è intasata la cartuccia, allo spillo di rame si sostituisce una miccia comune.

I fori da mina si praticano egualmente fino ad altezze di acqua non eccedenti i due metri. Basta adoperare strumenti più lunghi ed usare un metodo poco diverso nel disporre la carica.

Eseguito il foro vi si introduce un tubo di latta dello stesso diametro, munito di fondo ad una estremità ed avente una lunghezza tale da potere sporgere al disopra del livello dell'acqua; dentro il tubo si intasa la carica e la miccia nella maniera comune

e quindi si procede alla borrhatura. Nell'accensione della mina la parte del tubo situato dentro il foro si distrugge e con esso si rompe la roccia.

Se la carica è collocata in una cartuccia impermeabile, si può fare uso di un tubo aperto di latta; il quale allora serve unicamente per dirigerla dentro il foro; l'operazione in questo caso si semplifica perchè non fa bisogno dell'intassatura, bastando la colonna di acqua che insiste al di sopra della cartuccia.

Il procedimento cambia allorchè i fori da mina si debbano praticare in una roccia situata sotto un forte spessore di acqua. Uno dei sistemi più rispondenti è quello di fare uso di *campane da palombaro* o *cassoni ad aria compressa*, ma sono procedimenti costosi.

Per la costruzione di alcune opere della ferrovia ligure in Italia si fece uso per la prima volta di un sistema di rottura di roccie che si era praticato per lo scavo delle roccie che otturavano il porto di Algeri. Sulla roccia da distruggere sott'acqua si collocarono barili da 50 a 60 Kgr. di polvere a certa distanza l'uno dall'altro, che si fecero esplodere per mezzo di ordinarie miccie o coll'elettricità. Lo spessore d'acqua soprastante agendo da intasatura, si avea per effetto la rottura della roccia sottostante.

Dopo che si fecero uso, per gli scavi di roccie all'aperto, delle perforatrici, queste macchine furono

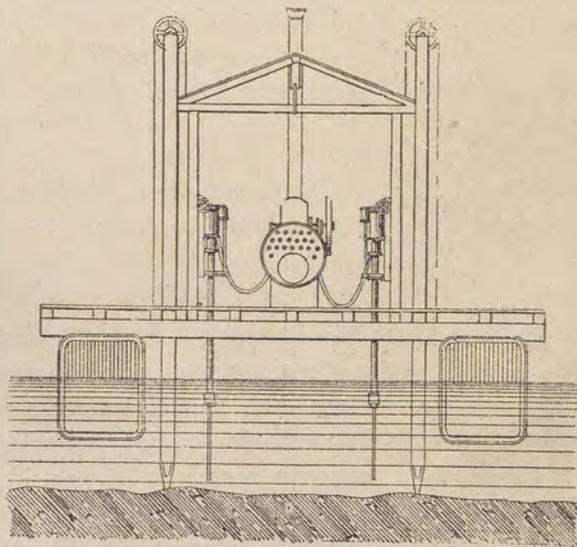


Fig. 111.

impiegate anche per lo scavo delle roccie subacquee, allorchè la roccia da scavare si estende per un volume considerevole.

Le perforatrici sono portate da ponti galleggianti in legno o in ferro, capaci di potersi ridurre a secco allorchè le perforatrici si mettono in azione per offrire valido appoggio alle medesime (fig. 111). A questo scopo il ponte viene sollevato e sospeso a quattro o più colonne di legname, capaci di scorrere attraverso il ponte finchè si adattino con la loro estremità, provvista di punta di ferro, sulla superficie della roccia. Sopra colonne parallele alle prime fisse sul ponte sono adattate le perforatrici, le quali differiscono da quelle comuni solo perchè possiedono un porta-utensile più lungo.

Praticato il foro da mina si introduce la carica col metodo del tubo di latta aperta, indi si torna a far galleggiare il ponte e lo si allontana prima di far brillare le mine. Per il sollevamento dei materiali minuti si impiegano le draghe, per le pietre voluminose si fa uso di speciali strumenti detti *graffi*.

### § 18.

#### LE GRANDI MINE.

Le mine si adoperano non solo per spezzare e frantumare piccoli volumi di roccia allo scopo di sterare lo spazio destinato ad essere occupato da una costruzione, ma talvolta per distaccare grandi masse di roccia in grossi pezzi da servire poi, allorchè hanno subito la lavoratura, alle costruzioni delle fabbriche.

Il processo di applicazione di queste grandi mine è essenzialmente quello stesso delle mine ordinarie, se non che la carica essendo molto voluminosa, si colloca non più in *fori*, ma in *camere o pozzetti da mina*, escavate nell'interno della roccia, ed alle quali si perviene per mezzo di gallerie, ottenute alla loro volta mediante mine ordinarie.

Le gallerie che mettono capo al pozzetto da mina hanno la sezione appena sufficiente per il passaggio di una persona (0,80×1,50 circa), un tracciato tortuoso planimetricamente ed altimetricamente perchè l'intasamento abbia a funzionare efficacemente, senza

essere slanciato fuori sotto l'effetto dell'enorme esplosione.

La polvere o la dinamite si carica in sacchetti che si dispongono gli uni sopra gli altri, nella quantità necessaria, avendo cura prima di intonacare in modo impermeabile all'umidità le pareti della camera, perchè la carica non subisse alterazione ed efficacia nella sua forza esplosiva.

L'innescò si fa nei modi ordinari, tanto se si tratti di polvere che di dinamite, meglio però con l'elettricità; la intasatura si fa prima con sabbia ben secca per modo da riempire i vani fra i sacchetti, poscia con muratura in cemento o calcestruzzo nella parte della galleria più vicina al pozzetto, e pel resto si completa la borrhatura con muratura a secco di pietrame, talvolta intercalata da muri. Di queste mine colossali se ne sono fatte esplodere anche in Italia. Nell'anno 1863 a Pallanza se ne fece esplodere una in una cava di granito nella località detta delle *Tane*, che sconquassò una massa del peso di 200000 tonnellate per materiali da costruzione, impiegando una carica di 2 mila Kgr. di polvere. Nel 1883 in Genova, per fornire i materiali per la costruzione dell'avamposto Galliera si fece brillare una importante mina allo scopo di sconquassare una massa di roccia calcarea posta fra la città e il faro, impiegando una carica di Kgr. 5200 di dinamite. Il materiale franato con questa mina ascese a circa 64000 mc. ed a 66000 mc. quello disgregato.

Anche in una cava di Bergergi, presso Vado, per i lavori del porto di Savona, si fece esplodere nel 1883 una mina con 3000 Kgr. di dinamite, sconquassando 20000 mc. di materiali. Nello stesso anno per la fornitura dei materiali per la galleria del monte Peloro in Sicilia si fece esplodere un'altra di queste mine, con Kgr. 1600 di polvere, procacciando all'impresa costruttrice 80000 mc. di materiale granitico.

Altre ancora se ne sono fatte brillare nelle cave di Baveno, dove queste mine colossali spesso si succedono per la fornitura dei bellissimi graniti alpini.

## CAPITOLO IV.

### IL TRASPORTO DELLE TERRE

#### § 1.

##### I MEZZI DI TRASPORTO.

Nei lavori comuni di sterro i mezzi di trasporto delle terre più usati sono: la *pala* (*paleggiamento*), spesso sostituita dai *cesti*, dalle *gerle* od anche dalle

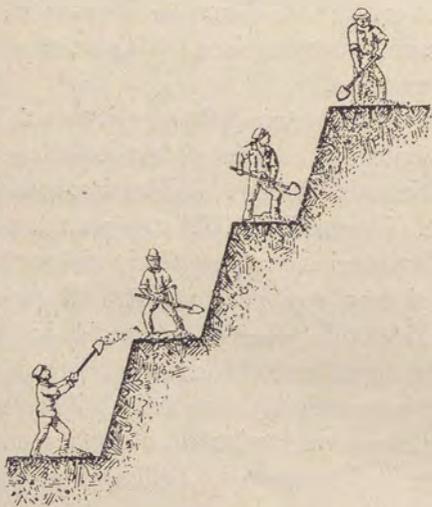


Fig. 112.

*barelle*, i *veicoli sopra vie comuni* (*carruole*, *carrelli* o *carri*) ed i *carri di sterramento* che si muovono sopra binari provvisori.

Il *paleggiamento*, che è il mezzo più comune, quando si tratti di sterri di poca entità, consiste nel far passare la terra da un sito ad un altro per mezzo

della pala. La distanza secondo la quale un palaiuolo può gettar la terra chiamasi *sbraccio*. Lo sbraccio può essere orizzontale, in questo caso esso è compreso fra 3 a 4 m. ovvero può essere esteso nel senso verticale ed allora fra i limiti di 1,60 a 2 m. od in senso obliquo ed in questo caso fra limiti variabili a seconda dell'angolo di inclinazione coll'orizzonte della via percorsa.

Allora quando si tratta di trasporto nel senso orizzontale con la pala, una schiera di paleggiatori si dispone a distanza di uno sbraccio l'un dall'altro, per modo che ciascuno di essi possa gettare le palate di terra ai piedi del paleggiatore successivo. Se il paleggiamento deve avere direzione inclinata, come ad esempio dal fondo al ciglio di un cavo, si dispongono i paleggiatori sopra diversi gradini scavati sulla scarpa (fig. 112), avente un'altezza tale che corrisponde ad uno sbraccio verticale.

Il trasporto con la pala viene talvolta sostituito nel trasporto diretto mediante barelle, cesti o gerle.

Constano le barelle di un tavolato di circa m. 0,80 di quadro con due orli (fig. 113), sorretto da due aste con le quali si può trasportare a braccia da due uomini.

I *cesti* e le *gerle* sono recipienti di vimini, gli uni che si trasportano a spalla d'uomo (fig. 3, Tav. VIII), gli altri sul dorso mediante cinghie passanti sotto le ascelle.

Il rendimento meccanico con questo sistema di trasporto è indubbiamente molto basso, per cui questi sistemi di trasporto rudimentale si impiegano solo

quando per la natura della superficie del suolo non è possibile stabilire vie inclinate per il trasporto con veicoli.

Laddove però la distanza fra lo sterro ed il riporto è piuttosto considerevole e tra questo e quello si possono facilmente stabilire vie o rampe di pendenza non superiore a  $\frac{1}{10}$  e considerevole è pure il volume dello sterro da eseguire, conviene senza dubbio ricorrere ad un mezzo che permetta di utilizzare meglio la forza muscolare dell'uomo, caricando la terra sopra un veicolo, il quale, oltre ad offrire poca resistenza al movimento, fosse tale che il peso del veicolo stesso e quello del carico gravitasse il meno possibile sul dorso o sulle braccia dell'uomo che lo trasporta. A questo scopo hanno avuto una vasta applicazione

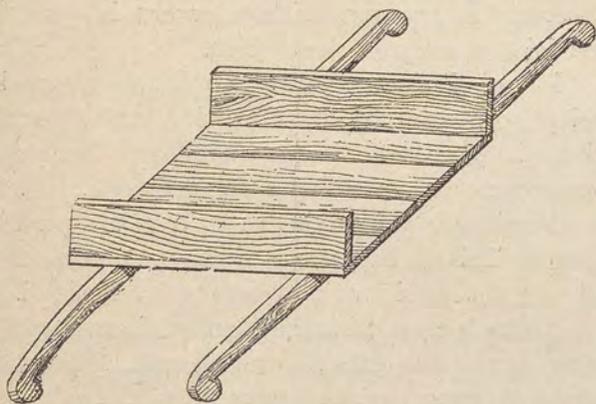


Fig. 113.

nel trasporto delle terre le *carruole* ed i *carrelli a mano*. Le carruole sono composte di una cassa di forma varia a seconda i paesi, montata sopra due stanghe che si appoggiano con una estremità ad un asse orizzontale provvisto di una ruota, mentre le altre due estremità vengono portate a mano dall'uomo.

Sono due i tipi di carruole più usate: il *tipo italiano* (fig. 114), in cui la cassa è di forma trian-

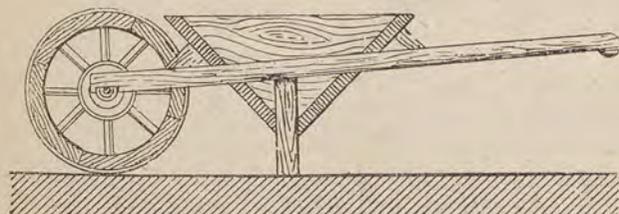


Fig. 114.

golare, montata fra le due stanghe, dando maggiore stabilità al veicolo, ha una capienza di mc. 0,04 ed un

peso di Kgr. 32; il *tipo tedesco* (fig. 115), la cui cassa è del tutto disposta superiormente alle stanghe, ren-

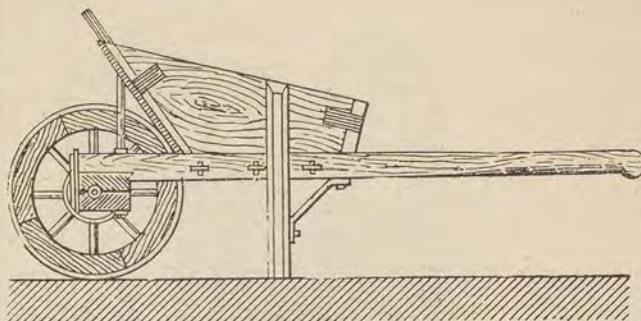


Fig. 115.

dendola di equilibrio più instabile, ha in compenso un maggior volume essendo capace di mc. 0,069, ed il suo peso è di Kgr. 53. La ruota delle carruole ha il diametro di 0,40 a 0,50 m.

Si hanno pure carruole con la cassa di ferro, oppure totalmente in ferro, ma il loro costo elevato le rende poco pratiche.

Il *carrello a mano* è un veicolo a due ruote (fig. 116) di m. 1 a m. 1,30 di diametro, sull'asse delle quali insiste una cassa di forma parallelepipedica, della capacità di mc. 0,30 circa e sostenuta in equilibrio a braccia mediante una sola stanga o timone situato nel mezzo della cassa. La parete posteriore della cassa è mobile per agevolare il discarico del

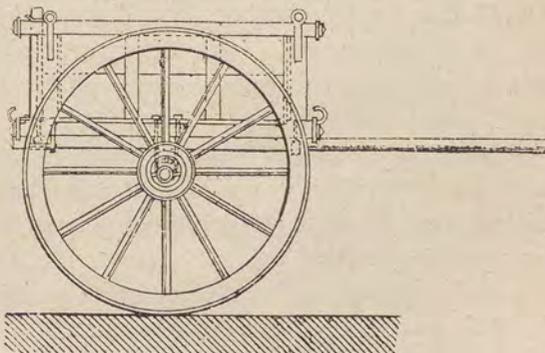


Fig. 116.

materiale all'atto di rovesciare il veicolo. Talvolta alla cassa è sostituita una semplice piattaforma (fig. 117), utile per il trasporto dei legnami, tal'altra il carrello è guidato da due stanghe o timoni (fig. 118) anziché uno.

Tanto le carruole che i carrelli si trasportano sopra vie o rampe scavate sul nudo suolo, quando questo è abbastanza compatto da potere resistere al passaggio continuo dei veicoli. Se il terreno è piuttosto

sciolto e per poco umido il deterioramento della strada percorsa dai veicoli può presto esser tale da rendere impraticabile il passaggio. Ad evitare questo in-

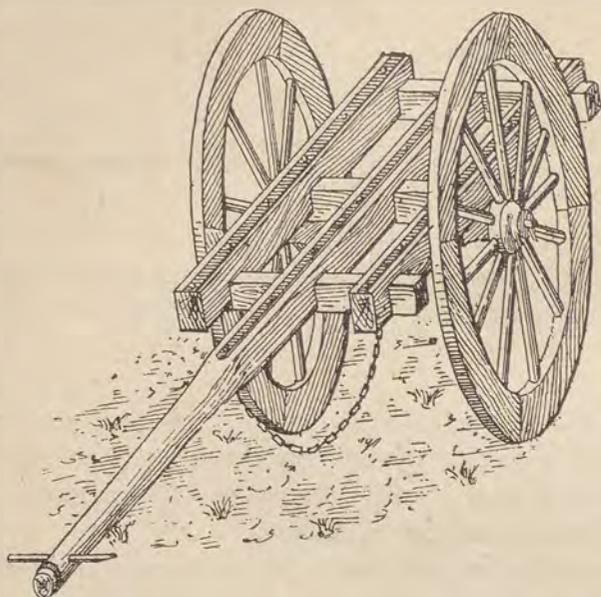


Fig. 117.

conveniente si sogliono far passare i veicoli sopra corsie di tavole larghe m. 0,25 circa, aventi le giunture rafforzate da tavole trasversali. Talvolta si impiegano convenientemente rotaie di scarto disponendole coricate sul terreno in sostituzione di corsie di tavole; tal'altra si impiegano dalle guide piatte di lamiera di ferro con orli di 2 a 3 cm. e larghe 10 cm. circa.

Coll'aumentare notevolmente la distanza dei trasporti, se in pari tempo si volessero usare veicoli di maggior capienza, converrà sostituire alla trazione con gli uomini quella con gli animali da tiro.

Il *carro* o *carretto a bilico* tirato da un cavallo, segnato nella fig. 119, è quello che si usa comunemente nei trasporti; esso può percorrere strade comuni ovvero rampe pendenti fino all'8 per cento. Questo carro trascinato da un cavallo ha forma parallelepipedica della capacità di mc. 0,50 a mc. 0,80 ed è montato a bilico sull'asse delle due ruote per modo da potersi facilmente ribattere all'indietro anche senza richiedere il distacco del cavallo, allorchè si estrae l'asta di ritegno *c* che rende solide le aste di guida con la cassa del carro. L'uso di questo carro suppone vie praticabili, senza cioè, che il cavallo da tiro debba sopportare sforzi per l'incontro di resistenze forti, specialmente quando il carro è carico. Per queste ragioni l'uso dei carri trascinati da cavalli sono poco bene appropriati, allorchè si hanno da trasportare

volumi considerevoli di sterro, attraverso vie poco soddisfacenti, sia per pendenza come per le qualità del suolo. Tuttavia essi presentano una notevole economia di impianto, in quanto che non richiedono altra spesa all'infuori della provvigione.

Quando lo sterro da trasportare, adunque, è notevolmente voluminoso e le vie di trasporto non sono molto pendenti (il 3 % al più) riesce conveniente il trasporto di terra per mezzo di carri a quattro ruote scorrevoli sopra binari provvisori. La robustezza di questi binari, come anche il loro modo di costruzione, varia ragionevolmente col variare del peso che vi deve transitare ed a seconda del motore destinato a trainare i carri, poichè, è chiaro, per distanze brevi i piccoli carri potranno essere spinti a mano, per grandi distanze e per carri di un certo peso converrà adoperare la trazione animale ovvero la trazione meccanica a mezzo di locomotive.

I carri destinati al trasporto di terra sopra binari possono essere di tipi diversi dipendentemente dal modo come essi devono funzionare durante lo scaricamento dei materiali e dal volume della loro cassa, compreso per lo più tra  $\frac{1}{4}$  e  $\frac{1}{2}$  mc. per trasporti di limitata importanza e che può salire fino a 3 o 4 mc. se si tratta di trasporti voluminosi.

Anche la cassa dei carri è foggata in vario modo. Se ne hanno di quelle a forma parallelepipedica, in ferro o in legno, fissa da esigere l'uso della pala, non solo nel caricamento, ma anche nella scarica.

Più convenienti sono quelle che hanno il fondo

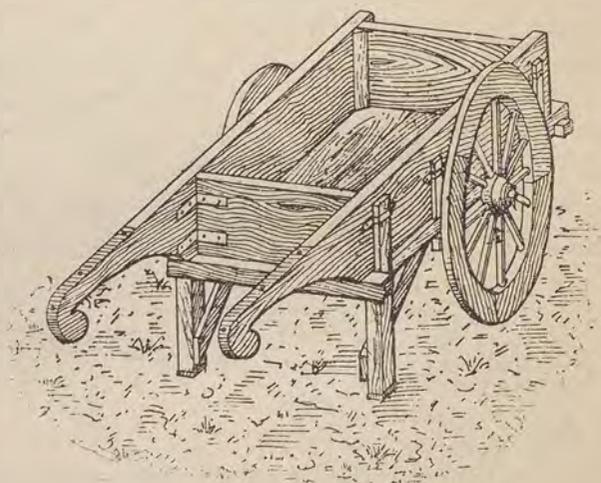


Fig. 118.

mobile ovvero inclinato per modo che aperto il fondo nel primo caso, ovvero tolte le pareti verticali nel secondo, il materiale si scarica in virtù del proprio

peso. Si hanno infine i carri a cassa mobile, e sono i più usati, a quali sono disposti in maniera che in-

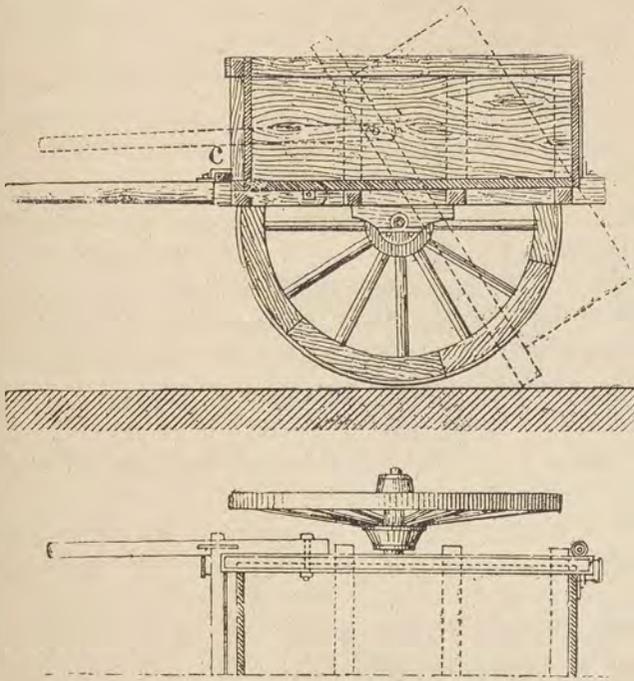


Fig. 119.

clinati sotto un certo angolo, di fianco, in avanti o indietro, il materiale si scarica.

Il diametro delle ruote dei carri da trasporto sopra binari varia da m. 0,3 a m. 0,5, per modo che l'altezza dei carri, contata dall'orlo superiore della cassa, superi difficilmente m. 1, per riuscire comodo il caricamento dei medesimi con la pala.

Un tipo di carro con versamento di fianco con cassa, e telaio di legname, che fu impiegato nei lavori del Gottardo, è rappresentato nella fig. 120.

In questo la cassa costruita con tavole di legno grosse 4 a 5 cm., è indipendente dal telaio ed è girevole intorno a sei rulli *a*, collocati a due a due nel centro e agli estremi del telaio. Si mantiene in equilibrio mediante appositi ganci i quali, allorchè sono sciolti, ne determinano il versamento, spostando prima la cassa nella posizione *b*. Questa può contenere mc. 1,5 ed il binario può essere quello normale da ferrovia. Il carro ha un freno a mano *f* e può essere attaccato a un treno. In qualche altro tipo di carro da trasporto la cassa è girevole attorno un asse di rovere (fig. 121), che si muove fra due cuscinetti *c* a forcella, situati presso le due estremità del telaio ed è mantenuta orizzontale per mezzo di

due mensole *e* in legname girevoli a cerniera e situate nel centro del telaio; queste mensole si mantengono diritte per mezzo di uncini. La capienza della cassa di questo tipo di carro può variare tra 1 e 1,50 mc., il diametro delle ruote tra 0,4 e 0,5 m. e lo scartamento del binario tra 0,6 e 1 m.

Un veicolo che attualmente occupa il primo posto nella pratica dei movimenti di terra, a quattro ruote, è quello che porta il nome di *carro Decauville*, appositamente costruito per questo uso. Come si vede dalle fig. 2, 3, Tav. I, consta questo carro di un telaio di ferro trainabile per mezzo di due assi con quattro ruote di ghisa del diametro di m. 0,25 a 0,30, che per mezzo di due supporti a doppio cuscinetto sostiene la cassa prismatica costruita di lamiera di ferro dello spessore di 3 mm. La capacità di questi carri è piuttosto piccola (0,25 a 0,30 mc.), perchè per lo più sono trainati a mano. Però se vengono trascinati da locomotive il telaio porta, in ciascuna parte anteriore e posteriore un repulsore centrale ed un gancio per allacciarsi l'un coll'altro, in convoglio, e la cassa può avere una capacità di 0,50 a 0,75 mc. Durante il tragitto la cassa è mantenuta in equilibrio mediante due assi, poco distanti l'un dall'altro, poggianti sui due cuscinetti dei supporti, e poichè il centro di gravità della cassa carica è poco distante delle linee orizzontali determinate dagli assi di appoggio, con

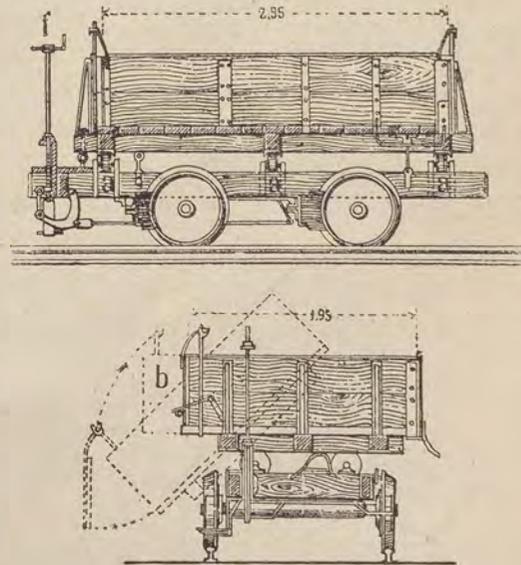


Fig. 120.

piccolo sforzo si determina il ribaltamento della cassa come nella fig. 3, Tav. I e quindi il versamento del materiale.

Si hanno finalmente carri che si versano sulla fronte anzichè sul fianco, e se ne hanno di due tipi;

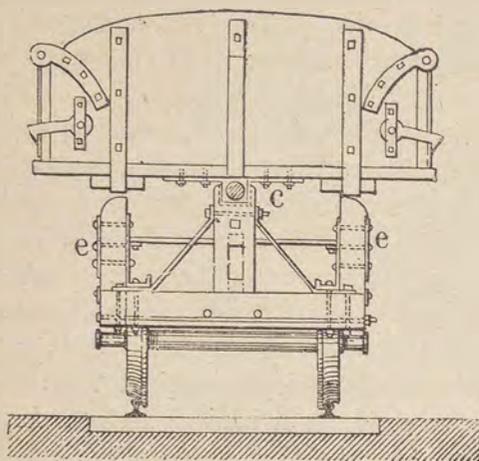


Fig. 121.

quello *francese* (fig. 122), dove la cassa del carro costruita in legname è disposta col centro di gravità poco distante dall'asse delle ruote anteriori, intorno al quale essa è girevole, per modo che, sciogliendo i ganci che la legano in maniera rigida coi due assi di ruote, si determina il ribaltamento ed il tipo *inglese*, che ha molta somiglianza col precedente per la maniera come si rovescia, ma in questo il telaio del carro consta di due parti articolate a cerniera in prossimità dell'asse delle ruote anteriori (fig. 123) e la cassa fa corpo con la parte anteriore del telaio. La disposizione è tale che il centro di gravità della cassa si trova a breve distanza dall'asse determinato dalle due cerniere del telaio per modo che l'equilibrio stabile per un piccolo urto, ovvero se il carro si ferma bruscamente, per la forza centrifuga che

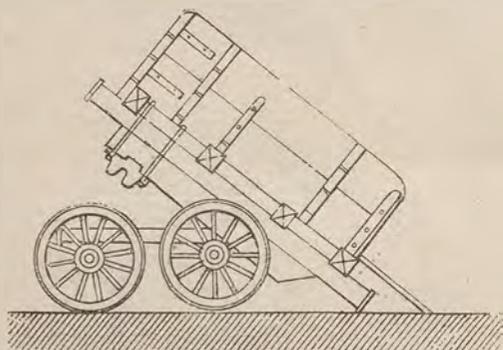


Fig. 122.

possiede si piega e determina il versamento del materiale.

La fig. 2, Tav. II, ci rappresenta un carro simile del tipo francese, avente la cassa di legname indipendente dal telaio, rovesciantesi sulla fronte anteriore e trainabile sopra binari.

Con rovesciamenti di fronte anteriore e posteriore si hanno anche carri del tipo Decauville. La fig. 4, Tav. I, ci rappresenta uno di questi carri con cassa oscillante trasversalmente e quindi vuotantesi di testa. Combinando i tipi Decauville sopra indicati, con rovesciamento cioè di fianco e di testa, si ha un tipo di carro che può vuotarsi su ciascuno dei quattro lati (fig. 124). A tal'uopo il supporto della cassa è girevole attorno un asse verticale sulla piattaforma.

Molti altri tipi di carro da trasporto più o meno semplici si sono costruiti, si può anzi dire che i tipi

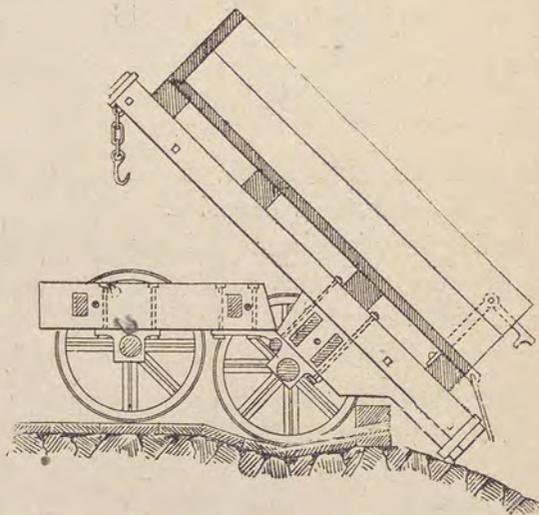


Fig. 123.

variano da paese a paese. Degno di menzione è il carro immaginato dall'ing. Ferretti, destinato a contenere un determinato numero di carriuole (fig. 125). Consta di una piattaforma di tavole sostenute da due assi, con ruote di ghisa del diam. di m. 0,3 scorrevoli sopra binari. Questo carro riesce utile allorchè la via da percorrere tra lo scavo e il deposito è pianeggiante, mentre molto pendenti sono le rampe di accesso dal fondo del cavo al suo ciglio superiore. Disponendo le carriuole cariche sulla piattaforma del carro si evita il trasbordo di materiale dalle carriuole sul carro: si consegue quindi una economia di lavoro.

Finalmente la fig. 1, Tav. II, ci dà il tipo di carro così detto *piatto*, destinato al trasporto di legnami e di materiali da costruzione, richiedenti un facile carico e scarico. Può essere impiegato questo carro anche per il trasporto di ceste o di carriuole cariche di detriti terrosi.

## § 2.

### I BINARI DI SERVIZIO.

Il trasporto delle terre sopra vie ferrate si stabilisce quasi sempre sopra *binari provvisori*. Converrebbe in un solo caso stabilire un *binario definitivo*, allorchè il lavoro di sterro dovesse servire per la costruzione di una ferrovia stabile.

I binari provvisori devono avere una sezione capace di resistere al peso del vagone carico e della locomotiva, ove ci fosse, che vi transitano sopra. Si compongono in modo semplice con sbarre di ferro situate di piatto o di costa sopra traversine di legname, posate sul terreno a distanza costante le une delle altre. Più spesso si compongono di rotaie fissate, mediante cuscinetti di ghisa o con perni, alle traverse di legno o di ferro.

L'ing. Ferretti per il suo carro rappresentato nella fig. 125, ha impiegato con buon risultato una rotaia mista di legno e di ferro. Un ferro tondo del diametro di 3 cm. costituisce il fungo delle rotaie fissato sopra lungherine di legno, appaiate mediante

traverse che le tengono a distanza di scartamento (0,5 a 0,6 m.), incastrate in grossezza come i pioli di una scala di legno. L'unione di due lungherine si fa per incastro a maschio e femmina, senza bisogno di perni o di viti. Con questo sistema senza dubbio si ha il mezzo di potere costruire dette rotaie dovunque,

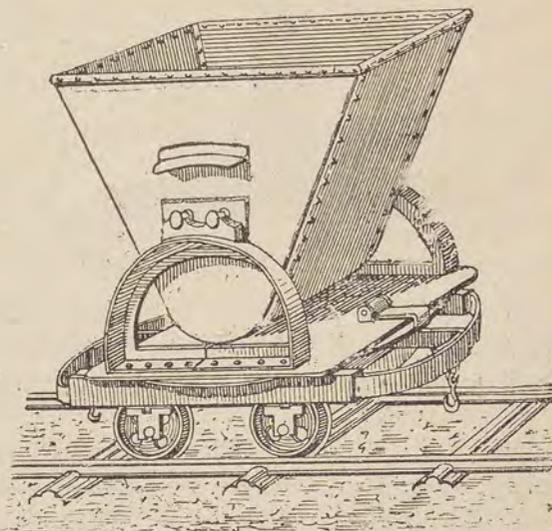


Fig. 124.

usando legname del luogo, nè si ha bisogno di una forte spesa di impianto, essendo ridotta al minimo la spesa di costruzione delle rotaie.

Le case costruttrici dei vagoni-trasporti di materiali costruiscono pure i binari adattati alla grandezza ed al peso dei vagoni. Così la casa Decauville

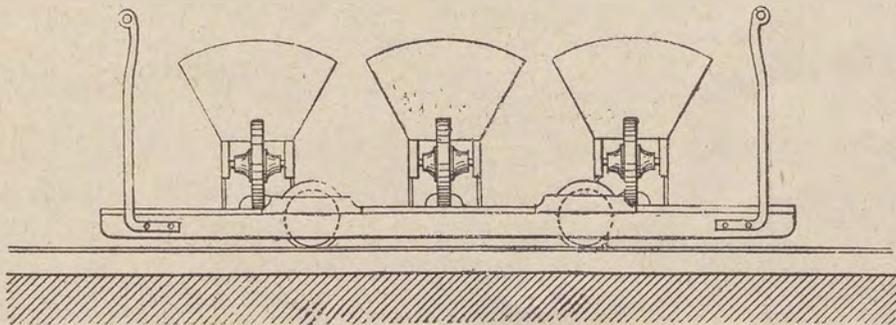


Fig. 125.

fornisce i binari per i suoi vagoncini (fig. 1, 3, 4, Tav. I e fig. 124). Le rotaie sono di forma comune (fig. 126), e la loro dimensione varia col variare del peso che vi deve transitare sopra. Per vagoni piccoli, pei quali il peso non supera le 2 tonn., sono sufficienti le rotaie di 7 Kgr. per m. lineare e formati, con queste rotaie la casa costruttrice fornisce binari nei quali le

traverse in lamiera di ferro, concave (fig. 127), formano un sol corpo con le rotaie. Lo scartamento varia tra 0,50 e 0,60 m. e ciascuna rotaia della lunghezza di 5 m., comprendente 6 traverse, pesa soltanto Kgr. 90 (fig. 128), per modo che due uomini bastano per trasportarla da un sito a un altro.

La posa in opera è semplicissima, per piccol

carri. bastando posarli sopra uno scavo profondo 5 cm., bastevole a impedire gli spostamenti orizzontali; per

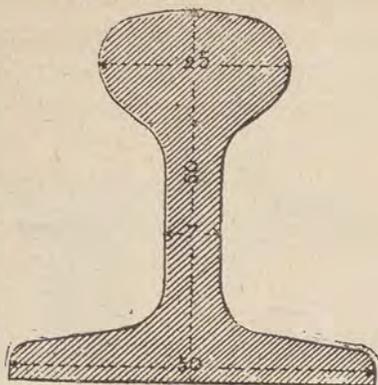


Fig. 126.

carri poco leggeri e quando per la trazione si fa uso di locomotive, sotto le lungherine si dispongono delle tavole di maggior superficie, alle quali si collegano

mediante perni a vite, ovvero si collocano con le traverse sopra una piccola massiciata di m. 0,15 a 0,20 di spessore. La giuntura di due travate si fa a maschio e femina, poichè ciascuna rotaia ha una estremità provvista di due stecche, che penetrano esattamente nella tavola verticale della rotaia successiva che le riceve, senza bisogno di perni che li consolidino, specie se si tratta di vagoni di peso non eccezionale; nel caso contrario e quando vi debbano transitare locomotive, basterà un perno a vite per consolidare la giuntura e una controstecca esterna sottoposta alle due testate delle travi, come indicasi nella fig. 128.

La posa come la smontatura, adunque, sono della massima semplicità; bastano quattro uomini per trasportare in un'ora un binario di 400 m. di lunghezza alla distanza di 25 m.

Ai binari rettilinei si uniscono egualmente binari

#### Binari principali forniti dalla Ditta Decauville.

Tipo del binario	Peso per metro corrente delle rotaie	Traverse in acciaio		Forza massima per ogni asse di veicolo o di locomotiva	Larghezza della via
		N.º per ogni 5 m. di binario	Forma		
N. 3	Kg. 4,500	6	foggiate larghe 0,09	Da 300 a 500 Kg.	metri 0,40, 0,50, 0,60,
» 4	4,500	6	U $\frac{0,087}{0,019}$	» 400 a 600 »	0,40, 0,50, 0,60,
» 5	7,000	6	foggiate larghe 0,095	» 500 a 1000 »	0,50, 0,60, 0,75,
» 6	7,000	6	U $\frac{0,105}{0,020}$	» 1000 a 2000 »	0,50, 0,60, 0,75,
» 7	9,500	6	U $\frac{0,125}{0,025}$	» 2000 a 3000 »	0,50, 0,60, 0,75,
» 8	9,500	6	U $\frac{0,125}{0,025}$	» 2500 a 3000 »	0,50, 0,60, 0,75,
» 9	9,500	8	U $\frac{0,125}{0,025}$	locomotiva » 2000 a 3000 »	0,50, 0,60, 0,75,
» 10	9,500	8	U $\frac{0,140}{0,029}$	» 3000 a 4000 »	0,50, 0,75, —
» 11	9,500	8	U $\frac{0,140}{0,029}$	locomotiva » 3000 a 4000 »	0,50, 0,60, 0,70,
» 12	12,000	7	U $\frac{0,140}{0,029}$	» 3000 a 4000 »	0,50, 0,60, 0,75,
» 13	12,000	7	U $\frac{0,140}{0,029}$	» 3000 a 4000 »	0,50, 0,60, 0,75,
» 13 bis	12,200	8	U $\frac{0,140}{0,029}$	» 3000 a 4000 »	0,50, 0,60, 0,75,

curvilinei, della lunghezza di 2 a 3 m. e di raggio variabile (30, 25, 20, 15, 10, 8, 6, 4, 2, m.) e scambi

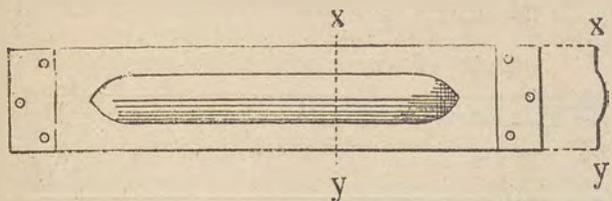


Fig. 127.

destri, sinistri, doppi, ecc., permettono di completare qualsiasi impianto (fig. 129). Quando si deve interporre

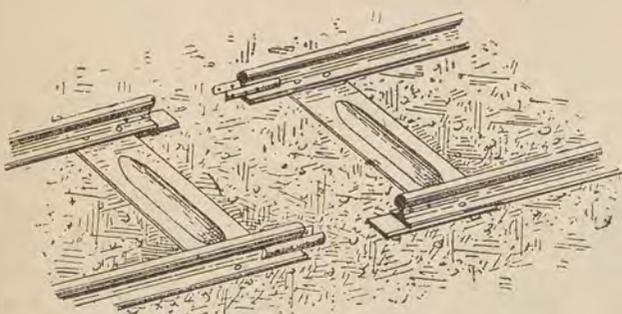


Fig. 128.

uno scambio si fa terminare la travata principale con una trave breve, di m. 1,25 di lunghezza, che ha la sua estremità libera, per modo che a mano si possa facilmente spostare e farla corrispondere col prolungamento dell'uno o dell'altro dei due binari dello scambio. Naturalmente se questi sono destinati al transito di carri pesanti e locomotive, prudenza vuole di ricorrere a un eccentrico a leva del modello analogo a quelli che si usano nelle ferrovie stabili.

Un impianto di binari Decauville si completa con le *piattaforme girevoli* (fig. 130, 131, 132) o  *fisse* (fig. 133, 134) che costruite in maniera semplicissima sono fornite dalla medesima casa costruttrice. Costano queste piattaforme girevoli di due dischi di lamiera di ferro, l'uno più robusto sottostante, che contiene il perno centrale e le rotelle sulle quali scorre un disco di lamiera più sottile che sopporta le due coppie di segmenti di rotaia incrociantesi ad angolo retto e gli arresti. Hanno lo scopo di dirigere i carri sopra vie ortogonali o variamente inclinate.

Qualora si presenta un *incrocio fisso* a livello di due vie Decauville si suole interporre una piastra della forma indicata nelle fig. 133 e 134, contenenti segmenti di rotaie della tessa forma di quella dei binari.

I binari Decauville che attualmente sono usati in tanta larga scala a cagione della semplicità di manovra, non presentano che un solo inconveniente, proveniente dal modo come è costituito l'attacco di due travate successive ed allorquando si tratta di cambiare una travata. La sostituzione di una sola trave importa per la maggior parte di casi la smontatura di un buon tratto di binario.

Questi inconvenienti non presentano i binari noto sotto il nome della casa Pétolat di Digione, che li fornisce. I binari preparati nell'identica maniera di quelli Decauville portano ad una testata una traversina piatta ripiegata con bordi alle due estremità (fig. 135) per ricevere l'altra estremità libera delle rotaie, le quali a questo scopo sporgono di pochi centimetri all'infuori dell'ultima traversa. La montatura e la smontatura riescono semplicissime; soltanto questi binari non sono consigliabili per trazione con locomotive, ma solamente a mano o con cavalli.

Altre case costruttrici di binari portabili sono: V. Taza-Villain à Anzin (Nord), I. Weitz à Lyon, F. Krupp di Essen a. d. R., Möller e Blum di Ber-

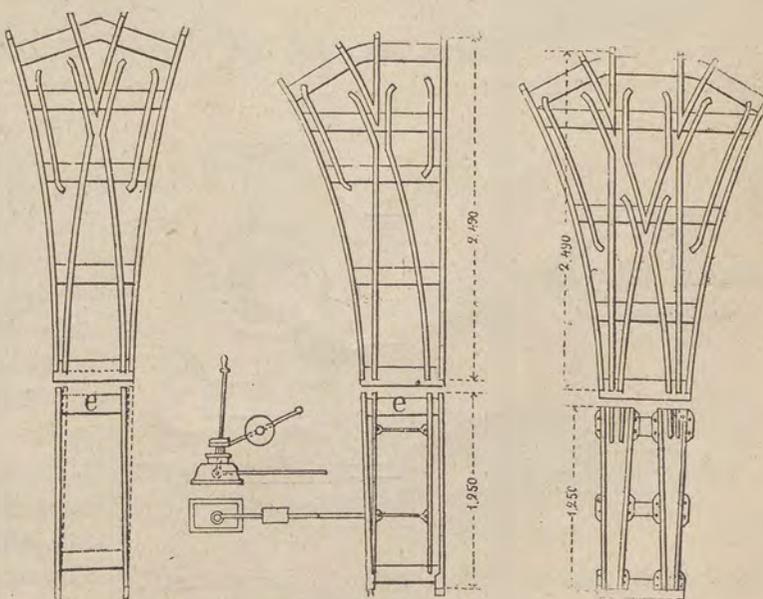


Fig. 129.

lino, Dolberg di Rostock, Ochler e Zschokke di Zurigo, I. e F. Howard di Bedford, che è una delle più rinomate. Questa ditta fornisce binari con tra-

verse di due forme, quelle *intermedie* a trapezio con un risalto (fig. 136) e quelle di *giunzione* pure a trapezio con due risalti (fig. 137) e le rotaie sono incastrate nelle traverse, le quali a questo scopo hanno delle scanalature capaci di contenerle e nelle quali si rafforzano mediante cunei di ferro (fig. 138).

Per trazione animale questa ditta fornisce 5 tipi di scartamenti di m. 0,40, 0,45, 0,50, 0,60 e 0,75, con rotaie del peso di Kg. 5, 6, 7 e 8 per m. l. ed una distanza di m. 0,75 a 0,80 tra le traverse. Per trazione meccanica l'armamento, pur essendo analogo, è più robusto, per cui le rotaie non si uniscono alle traverse che sul posto, perchè non riuscirebbero portatili. Gli scambi sono a lingue mobili collegate

da un tirante e si manovrano a mano o per mezzo di leva a contrappeso secondo che la trazione è animale o meccanica.

*Binari Howard con rotaie pesanti*

Per m. l.	Scartamenti	Distanza fra le traverse
Kg. 7 a 8	0,500, 0,600, 0,750, 0,900, —	0,750
9	— 0,600, 0,750, 0,900, 1,000	0,750
11	— 0,600, 0,750, 0,900, 1,000	0,530
13	— — 0,750, 0,900, 1,000	0,530
20	— — — 0,900, 1,000	0,520

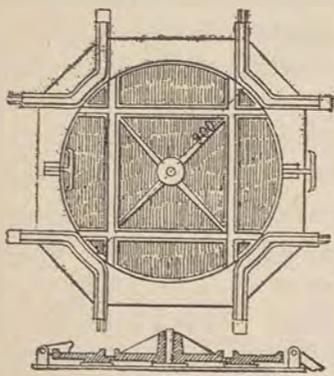


Fig. 130.

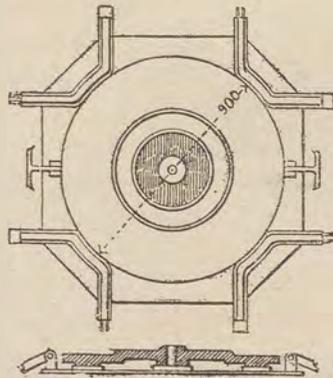


Fig. 131.

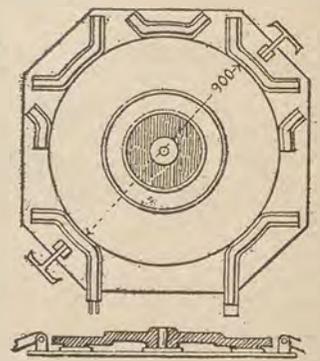


Fig. 132.

In Italia si costruiscono binari del tipo Decauville a Dianò-Marino (Liguria) ed a Torino, dalla suc-

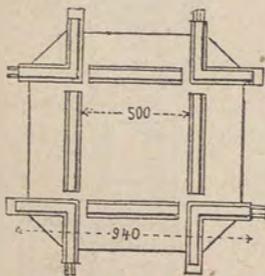


Fig. 133.

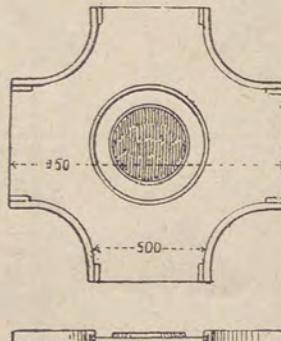


Fig. 134.

curiale della Società delle Officine di Savigliano, la quale fornisce anche binari del tipo Legrand di Mons (Belgio). In questo sistema le traversine sono di lamiera di acciaio a V rovesciato (fig. 139) di 4 mm. di spessore, indipendenti dalle rotaie, che vi si poggiano sopra. La loro larghezza varia tra m. 0,055

e 0,130 a seconda del peso delle rotaie, che può ascendere fino a 17 Kg. per m. l. Per rotaie comuni di 7 Kg. la larghezza delle traverse è di m. 0,085 e l'altezza dell'orlo è di 2 cm. Le rotaie si posano sulle traversine e si uniscono a queste in maniera rigida per mezzo di piccoli pezzi di lamiera di ferro bullonate alle traverse in maniera tale che due di questi arresti addentino coll'orlo inferiore interno della rotaia, e due con l'orlo inferiore esterno, in modo alternativo.

Per la posa in opera basterà situare le traverse obliquamente alla via sulla quale deve situarsi il binario e posarvi sopra le rotaie, per poi raddrizzarle contemporaneamente a colpi di martello, finchè le traverse non si saranno disposte normalmente alle rotaie (fig. 140). Due rotaie consecutive si collegano tra di loro per mezzo di stecche ordinarie e bulloni a vite ovvero, se vi debbono transitare soltanto carri leggeri, mediante una traversina coi relativi arresti, come nella fig. 135.

Nell'incontro di due binari i cuori e gli scambi

sono identici a quelli costruiti nelle ferrovie stabili, se sui binari provvisori debbono transitare carrelli pesanti e locomotive. Se però si fa uso di trazione animale ed i veicoli sono perciò di peso limitato, ai

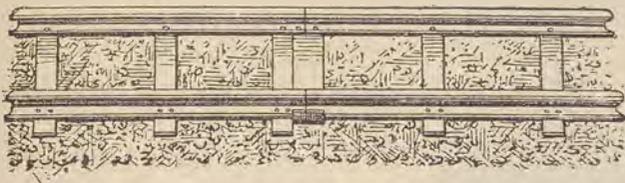


Fig. 135.

cuori si possono sostituire semplici rotaie mobili come nella fig. 141. Le due rotaie  $ax$  ed  $yz$ , unite rigida-

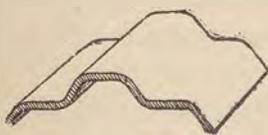


Fig. 136.

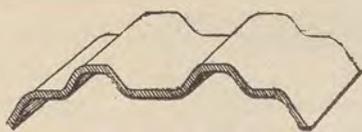


Fig. 137.

mente in  $z$ , sono mobili intorno un punto intermedio fra  $x$  ed  $y$  e si possono fermare mediante una ca-

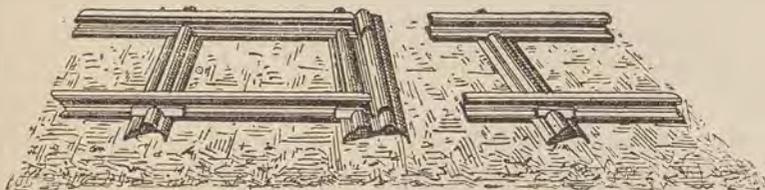


Fig. 138.

coli, allora quando questi dal fondo dello scavo devono raggiungere il ciglio. La pendenza di queste rampe deve essere tale da riuscire compatibile con i mezzi di trasporto e devono costruirsi in maniera provvisoria, essendo destinate a sparire appena finita l'operazione del trasporto dei materiali.

Le rampe si costruiscono in due maniere: la loro costituzione può essere di legnami del tutto simile alle andatoie dei ponti di servizio che si costruiscono per i lavori murari ovvero, e ciò avviene per la più parte dei casi, sono addossate lungo le scarpe degli stessi cavi, sono cioè masse di terra terminate da piani inclinati in parte sporgenti ed in parte intagliate nelle scarpe.

In ogni caso le rampe si dispongono parallelamente o normalmente all'asse dello scavo. Se la profondità del cavo è tale da rendere impossibile che con un'unica rampa, situata parallelamente, si possa superare il dislivello,

viglia. Allora se il cuore è disposto come in figura si ha la continuità tra il binario  $B$  ed il binario  $C$ ; se si sposta l'estremità  $z$  secondo il senso della freccia, si ha la continuità tra il binario  $A$  e il binario  $C$  se contemporaneamente si sposta l'estremità del binario principale  $C$ , pure mobile, nel senso dell'altra freccia. Lo scambio può essere a coda, alla maniera ordinaria, messo in azione mediante un cambiavie a leva e contrappeso. Naturalmente questi accessori vanno costruiti con maggiore o minore perfezione, secondo che maggiore o minore sia anche la velocità dei convogli che scorrono sopra i binari.

Qualunque sia il tipo del binario adottato nel cantiere, questo deve tenersi ben pulito allo scopo di non aumentare l'attrito ed a scanso di deviazioni che possono turbare l'andamento dei trasporti.

### § 3.

#### LE RAMPE DI SERVIZIO.

Il trasporto delle terre provenienti da uno sterro esige delle rampe di servizio per il transito dei vei-

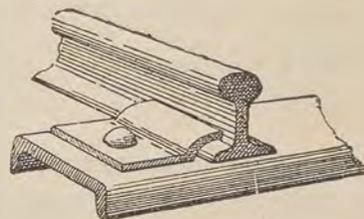


Fig. 139.

come nella fig. 142, si disporranno due o più rampe in direzione opposta fra di loro, a due a due, come

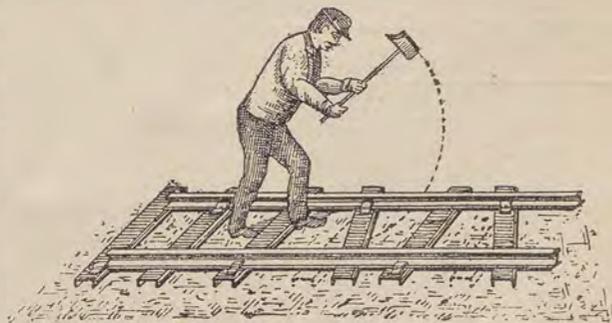


Fig. 140.

in fig. 143, pur mantenendole parallele alla direzione dell'asse dello scavo. In questo caso due rampe successive si raccordano mediante un ripiano orizzontale.

Nei lavori grandiosi di scavo e di trasporto bi-

sognando un maggior numero di vie rampanti, si adotta la disposizione delle fig. 1, 2, Tav. XIII.

vono essere percorse soltanto in un senso; nel caso contrario per dar luogo agli scambi si assegna la larghezza di m. 1,50 circa.

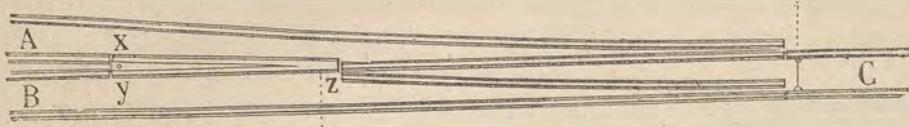


Fig. 141.

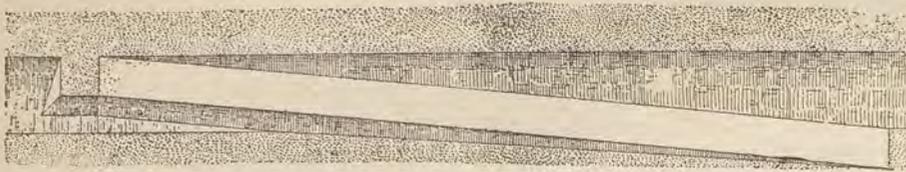


Fig. 142.

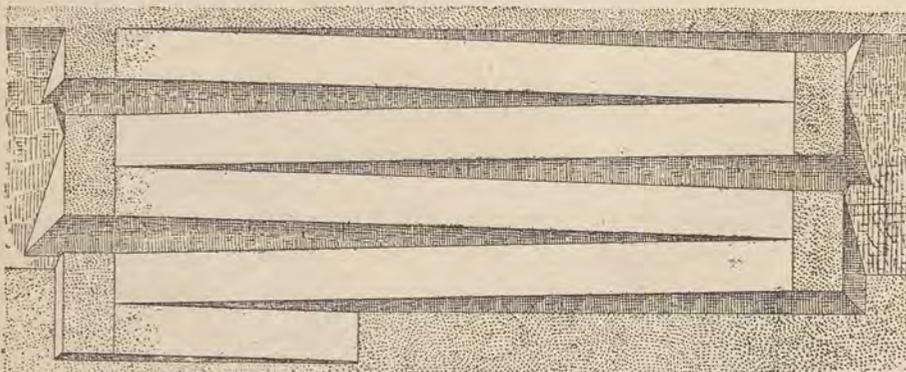


Fig. 143.

La larghezza delle rampe di servizio varia col variare dei veicoli che vi devono percorrere. Per le carriole si mantengono larghe m. 0,80 circa se de-

cavalli per distanze comprese tra 500 e 2000 m., ed i carri di sterramento trainati da locomotive per distanze superiori a 2000 m.

*Costo del trasporto di un mc. di terra alla distanza di 1000 a 4700 m. sopra strade orizzontali (Perdonet e Polonceau)*

Distanze di trasporto metri	Trasporto col carretto		Trasporto con carri di sterramento tradotti da		Osservazioni
	sopra strade ordinarie Lire	sopra strade ben conservate Lire	Cavalli Lire	locomotive Lire	
1000	2,219	1,758	2,308	2,372	Questi valori sono dedotti in base al costo di L. 14 alla giornata di 10 ore di un carro condotto da due cavalli (conduttore compreso), supponendo che il tempo impiegato nel carico e nello scarico sia di $\frac{1}{40}$ di giornata e che due cavalli possano tradurre mc. 0,80 a l di terra colla velocità di 36 Km. al giorno Questi prezzi si possono notevolmente diminuire allorché non si esige una molto rapida esecuzione del trasporto.
1500	2,795	2,147	2,542	2,578	
1600	2,910	2,224	2,588	2,617	
1700	3,025	2,302	2,635	2,656	
1800	3,141	2,380	2,682	2,695	
1900	3,256	2,458	2,728	2,734	
2000	3,371	2,536	2,775	2,773	
3000	4,523	3,314	3,242	3,114	
4000	5,675	4,092	3,709	3,550	
4500	6,251	4,481	3,945	3,751	
4600	6,366	4,558	3,987	3,790	
4700	6,481	4,636	4,036	3,829	

Costo di trasporto di 1 mc. di terra secondo Claudel.

	Prezzo del trasporto di 1 mc. di sterro alla distanza di un ricambio di			Osservazioni
	30 metri	100 metri	per ogni 100 m. in più dopo i primi 100 m.	
	Lire	Lire	Lire	
Colla carriuola . . . . .	0,125	0,420	—	Si comprende in questi prezzi il perditempo durante il cammino e lo scarico, non comprese le spese di carico. Se il trasporto è fatto con cavalli è compreso ingrassamento e manutenzione dei carri, escluso fornitura dei carri e rotaie.
Colla carretta a mano . . . . .	0,150	0,333	—	
Col carretto . . . . .	—	0,410	0,08	
Coi carri di sterramento . . . . .	—	0,380	0,03	

Questi prezzi furono calcolati supponendo costare L. 2,50 al giorno (10 ore) un lavorante terraiuolo, L. 6,50 un carretto ad un cavallo (conduttore compreso), L. 12 id. a due cavalli.

Nello scavo le terre aumentano di volume; tale aumento varia colla natura della terra. Nella tabella seguente si ha il volume di 1 mc. di terra scavata e quello che possono riacquistare se tornano ad essere compresse (*Cantalupi*).

Natura delle terre	Cubatura dello sterro	
	senza compressione misurata 5 giorni dopo lo scavo	compreso al massimo coi piloni o coll'acqua
	m.c.	m.c.
Terre vegetali di diversa specie (alluvionali e sabbie) . . . . .	1.10	1.05
Terreno molto grasso . . . . .	1.20	1.07
Terra marnosa e argillosa mediamente compatta . . . . .	1.50	1.30
Terra marnosa ed argillosa molto dura e compatta . . . . .	1.70	1.40
Terreno cretoso . . . . .	1.20	1.10
Tufo duro o mediamente duro . . . . .	1.55	1.30
Roccia sminuzzata colle mine . . . . .	1.65	1.40

§ 4.

I PROCEDIMENTI SPECIALI PER I TRASPORTI DI TERRA.

a) *La burbera ed il verricello*. Si presenta sovente il caso che i materiali, prima di seguire un percorso orizzontale, devono seguirne uno verticale come accade in quasi tutte le escavazioni dei pozzi

ed allora quando, anche negli scavi a cielo scoperto, non si possono per ragioni di luogo o di economia costruire rampe convenienti per il sollevamento dei materiali con le carriuole.

In questi casi convenientemente si adopera la *burbera* per l'innalzamento dei materiali (fig. 144, 145). La burbera suole avere il cilindro lungo 1 m. del diametro di m. 0,20 ed occorrono 5 uomini per manovrarla, cioè uno al basso per riempire i cesti o le tinozze, due per manovrare la burbera per mezzo delle manovelle e due altre per staccare, vuotare

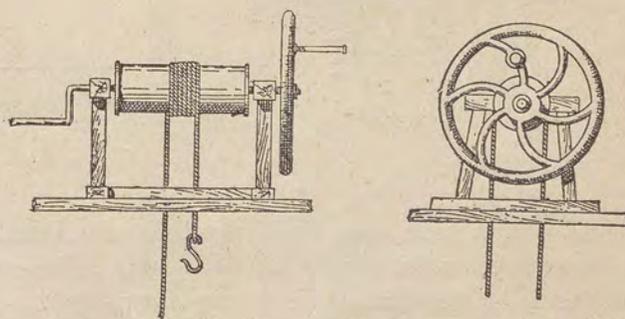


Fig. 144.

e rimettere a posto i cesti o le tinozze che hanno di sovente la capienza di  $\frac{1}{6}$  di mc. La fune che si avvolge sul cilindro della burbera porta a ciascuna delle due estremità un uncino, al quale si attaccano i recipienti, di modo che quando un recipiente viene su carico, l'altro discende vuoto.

Se un capo della fune è fissato al cilindro e l'altro soltanto porta un recipiente, la burbera prende il nome di *verricello* e per la sua manovra bastano soltanto tre uomini.

Il caricatore che sta al fondo del cavo, al giun-

gere del recipiente vuoto, lo stacca e lo sostituisce con uno pieno riempito durante il tempo che la burbera o il verricello hanno innalzato il precedente. Occorrono m. 18,75 di profondità quando si impiega la burbera e m. 6,90 quando si impiega il verricello, perchè il lavoro riesca continuo senza perditempi del caricatore.

b) *Gli elevatori per gli sterri.* — Macchine elevatorie verticali se ne conoscono diverse oltre la burbera. La fig. 146 ci rappresenta un montacarichi molto usato una volta in Francia, costruito con un cavalletto verticale in legno portante alla sua estremità superiore una carrucola, ed una corda o catena che avvolgendosi alla carrucola porta ad una estremità il peso da sollevare, all'altra estremità è applicata una forza motrice per lo più fornita con un

cavallo; a questo scopo la corda attraversa una seconda carrucola situata al piede del cavalletto per passare dalla direzione verticale alla direzione orizzontale. Due di questi montacarichi accoppiati possono essere messi in azione contemporaneamente da un sol cavallo, tirando ora in un verso, ora, ritornando sui suoi passi, nel verso opposto.

Il capitano Coignet del genio francese ci ha tramandato un metodo semplicissimo per sollevare agevolmente le terre con i secchi o con le carriuole. Applicando ad una estremità della fune di uno dei cavalletti sopra descritti una piattaforma di legname capace di ricevere la carriuola piena, ed all'altra una identica piattaforma contenente la carriuola vuota ed un operaio, il peso di questi bilanciando quello della carriuola piena, il lavoro di sollevamento si

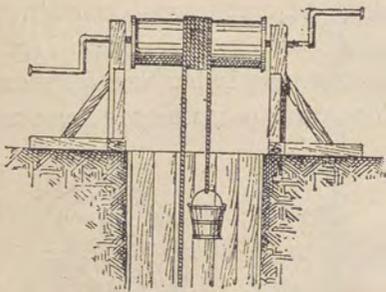


Fig. 145.

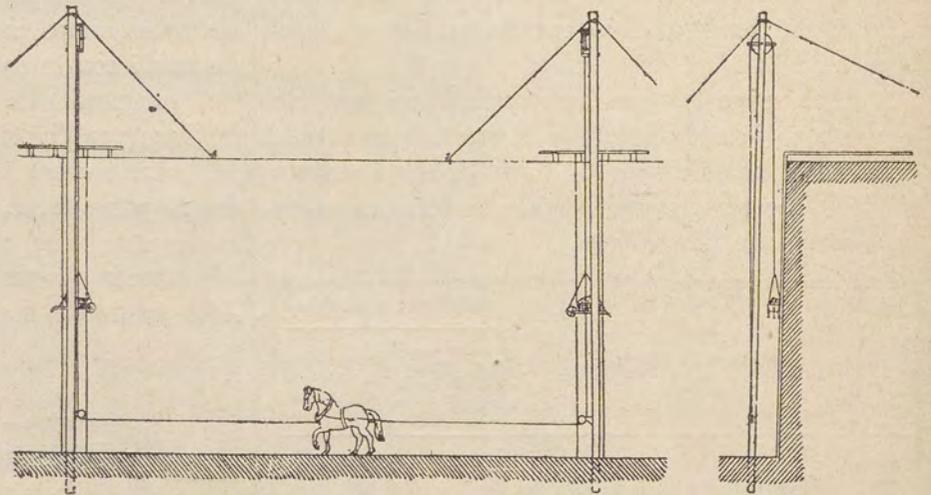


Fig. 146.

riduce a ben poca cosa. Nelle provincie meridionali italiane si conserva questo uso anche per sollevare materiali da costruzione alle diverse altezze dei piani di una fabbrica (fig. 147); l'operaio disceso risale mediante una scala a piuoli per ritornare a discendere, col medesimo mezzo.

E noto come in una carrucola a cuneo (fig. 148) l'attrito tra la fune e la superficie della gola sia tale da equilibrare una differenza anche forte nei pesi applicati alle due estremità della corda che l'avvolge. Ciò spiega come queste puleggie si applicano convenientemente sia per il sollevamento verticale (fig. 149), sia per il sollevamento di veicoli sopra piani inclinati (fig. 150), dove una estremità della fune sostiene un recipiente o un carrello vuoto, l'altro uno pieno, alternativamente.

I *montacarichi* in genere sono apparecchi che si prestano di preferenza per il sollevamento dei pesi e dei materiali. A seconda della forma dei recipienti destinati a contenere i materiali, dei meccanismi elevatori, e della forza motrice, questi servono per l'uno o per l'altro uso. Non mancano perciò montacarichi che si prestano anche a sollevare verticalmente gli sterri. Ordinariamente questi elevatori sono del genere delle *norie* di cui si fa uso per il sollevamento delle acque, o del genere delle *draghe*, già descritte per la cavatura delle terre medesime.

Le *norie* vengono applicate sotto forme differenti per l'innalzamento delle terre e dei materiali. Costano di una catena senza fine, alla quale sono attaccati i recipienti contenenti i materiali da sollevarsi. La loro differenza si riferisce alla forma del

recipiente ed a quella della catena: il loro funzionamento è continuo, epperò mal si prestano in genere per il carico e scarico dei materiali. In ogni caso

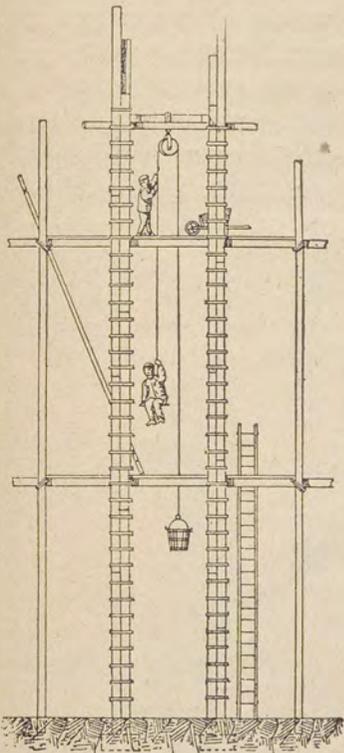


Fig. 147.

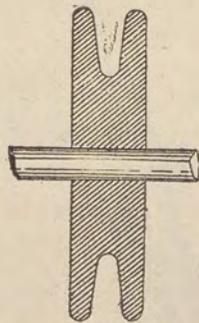


Fig. 148.

carichi a catena senza fine, rappresentato nella fig. 151. Consta di due ruote dentate *aa*, portate da un medesimo asse orizzontale, che si ingranano rispettivamente con due catene di Gall senza fine. Queste catene sono tenute tese da una seconda coppia di ruote dentate *bb*, pure insistenti su un medesimo asse orizzontale, che riceve un moto di rotazione, comunicabile anche alla catena, a mano o per mezzo di una forza motrice qualsiasi. Le due catene di Gall portano a costante intervallo le traverse *cc*, dalle quali pendono a snodo le piattaforme *dd* destinate a sollevare il materiale contenuto in ceste o in secchie.

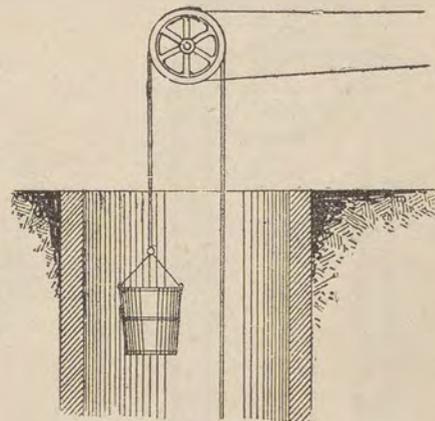


Fig. 149.

i recipienti devono essere tali che si possano facilmente attaccare e staccare dalla catena, mentre questa è in movimento.

Nella valle del Reno è molto in uso il monta-

Talvolta si omettono le piattaforme e si appendono i recipienti direttamente alle traverse; tal'altra si hanno le ruote a corona liscia anzichè dentata; allora hanno un profilo poligonale per assicurare il

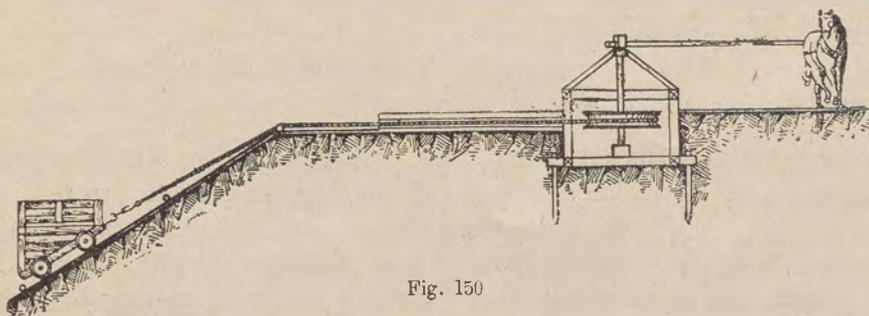


Fig. 150

movimento alle catene. Le catene di Gall negli elevatori a noria possono essere sostituite da catene così dette *scomponibili*, perchè constano di maglie facilmente smontabili. Queste catene hanno il vantaggio di potersi allungare ed accorciare facilmente a seconda dell'altezza che si deve superare.

La fig. 152 ci fa vedere un tipo di noria a catene scomponibili nel quale ciascuna maglia porta dei ganci a cui si appendono i recipienti portanti; nella fig. 153 un altro tipo simile, alla quale i recipienti si attaccano mediante un'appendice o coda di ferro di cui questi sono muniti.

La velocità di movimento di questo genere di elevatori non può essere che piccola: supera difficilmente i 40 cm. Se si considera il peso morto, rappresentato dallo stesso meccanismo che si deve sollevare: si può facilmente dedurre come il rendimento sia poco economico. L'applicazione di essi si deve tuttavia alla loro semplicità di impianto e di manovra ed alla facoltà di poterli facilmente adattare ad altezze variabili.

Nè mancarono i tentativi di sollevamento di

materiali per mezzo di elevatori rotativi simili a quelli impiegati per il sollevamento delle acque. Ienisch propose di costruire una specie di *ruota a pioli* avente un diametro eguale al doppio dell'altezza da superare, portante all'estremità dei bracci un recipiente fisso capace di ricevere le ceste o cassette contenenti i materiali che da una parte al basso vengono caricati e dalla parte opposta in alto sono scaricati. Anche qui si ha però l'inconveniente di dovere muovere una massa, rappresentata dal peso del mec-

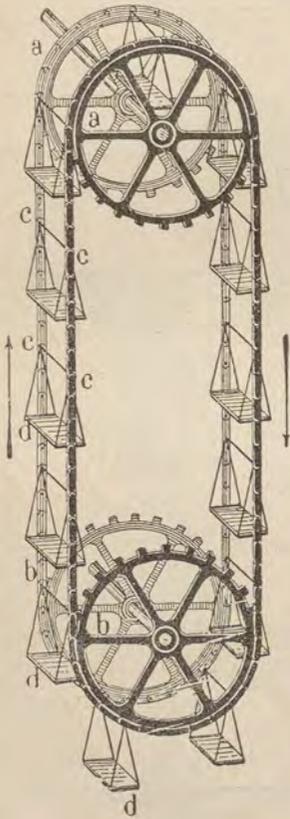


Fig. 151.

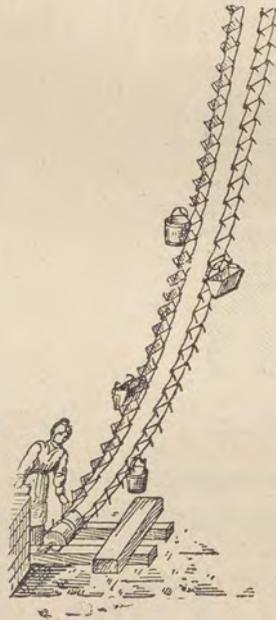


Fig. 152.

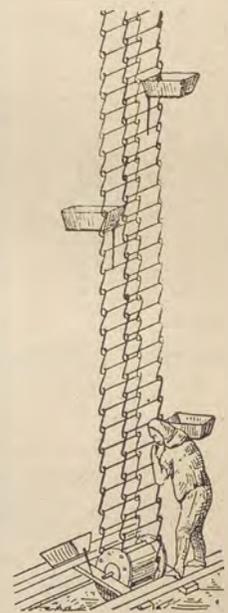


Fig. 153.

canismo, grande in confronto di quello del materiale sollevato e quindi di avere un effetto utile poco conveniente.

Le draghe a secco, oltre che a scavare direttamente il terreno, possono essere utilmente impiegate a vuotare e sollevare il materiale caricato in un barcone. Il Couvreux stesso ne iniziò l'applicazione a Vienna, nei lavori del Danubio (1871-74), per scaricare i materiali dalle piatte caricate dalle draghe galleggianti, con ottimi risultati; talchè nel solo anno 1873 l'escavatore N. 5 Couvreux elevò dalle piatte e caricò sui vagoni mc. 303376 di terra.

Nella fig. 1, Tav. XIV, è rappresentato lo schema di una draga fissa molto semplice, destinata allo scarico di piatte o barconi carichi di sterro, proposto dagli ingegneri fratelli Figeé di Haarlem. Questa draga è messa in movimento da una locomobile e può sollevare mc. 400 di materiali per ogni giorno. Però se ne costruiscono di maggiore potenzialità. La fig. 2, Tav. XIV, ci rappresenta la draga Figeé capace di sollevare 2000 mc. al giorno, piantata sopra un provvisorio palco di palafitte.

Nella fig. 3, Tav. XIV, si ha la draga od apparecchio elevatore di Chretien, consistente in una no-

ria con piattaforme scorrevoli esattamente in un triangolo  $d$  a gomito con doccia sostenuto da un cavalletto  $p$  e manovrabile per mezzo di una fune  $f$  che comanda l'elinda  $e$ . La cinghia  $c$  è quella che trasmette il movimento alla noria  $n$ ; mentre dalla doccia i materiali sono versati nei carri da trasporto.

Per dragare nei battelli occorre che questi abbiano una forma appropriata per caricare il materiale effossorio dalle draghe natanti e per scaricarlo con le secchie degli elevatori fissi. Questi battelli *chiatte* sono costruiti perciò a doppio fondo, quello esterno corrispondente al volume di spostamento, l'interno a quello del materiale. Le chiatte, mano mano che vi

si draga dentro, debbono potersi avanzare a misura che si vanno vuotando a cominciare da un estremo, perciò sulla prua della chiatte si ha un piccolo verricello, nel quale si avvolge una corda con una sua estremità fissa sulla sponda.

c) *Le carriuole alla corda*. Laddove non convenga sollevare verticalmente le terre per difficoltà presentate dal luogo, mentre d'altro lato non si possono costruire rampe di pendenza compatibile con i veicoli da trasporto di cui si dispone, si può sollevare i materiali servendosi di una sola rampa diretta nel senso normale alla fronte dello scavo, praticata sulla parete molto inclinata della trincea, per mezzo

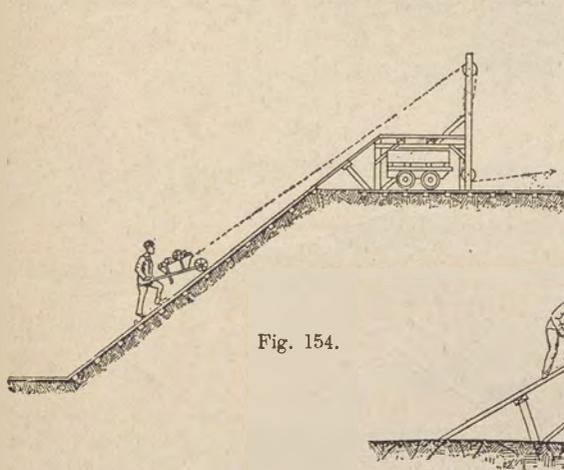


Fig. 154.

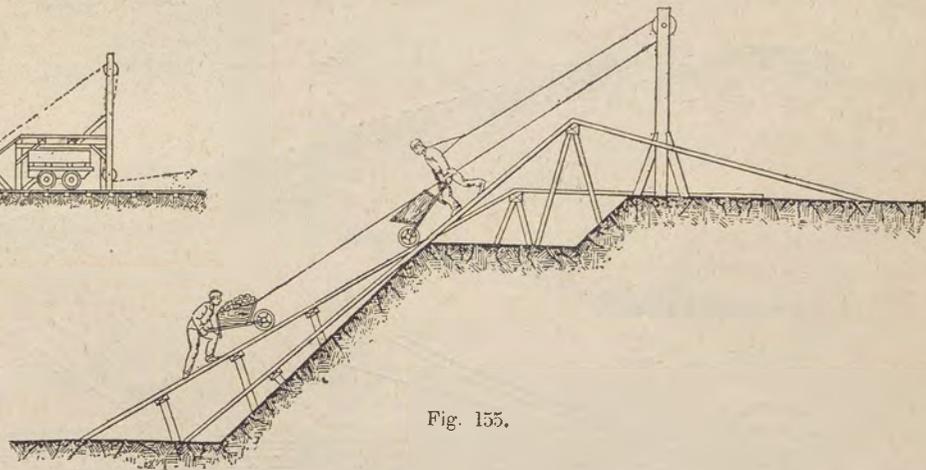


Fig. 155.

di una carriuola legata con una corda avvolgensi a un sistema di puleggie situate in un cavalletto nel modo della fig. 154. La forza può essere convenientemente fornita da un cavallo e l'operaio carriolante si limiterà a dirigerne il movimento. Perchè la via inclinata non presenti resistenze forti e discontinue si dispone sul piano inclinato uno strato di tavole collegato per mezzo di traverse.

Il lavoro si rende ancora più economico se due di questi piani inclinati si accoppiano tra di loro con una fune unica di modo tale che, se una carriuola sale piena accompagnata dall'operaio che la sostiene, l'altra alternativamente discende vuota (fig. 155) con l'operaio che, sostenendola, tira l'estremità opposta della fune, agevolando la salita della carriuola carica nel contiguo piano inclinato. Il piano inclinato suolsi spingere fino a un livello superiore a quello del terreno per agevolare il caricamento dei carri da trasporto. Si utilizza in miglior modo la forza dell'uomo in discesa assegnando una pendenza diversa

ai due piani inclinati e facendo costantemente percorrere la carriuola carica sul piano meno inclinato ( $31^\circ$ ).

d) *I vagonetti alla corda*. Il sistema di sollevamento delle carriuole alla corda fece nascere l'idea di applicare la corda anche ai vagonetti scorrevoli su binari situati sopra un piano inclinato. Il movimento alla fune viene comunicato coll'intermezzo di una puleggia conica la quale, può essere messa in movimento da forza animale (cavalli) o meccanica procurata col vapore o con l'elettricità. La fig. 156 dà l'idea di un impianto di funicolare, con vagonetti da trasporto, messa in movimento da due cavalli per mezzo di un argano con puleggia conica. Talvolta il cavallo imprime il movimento alla corda nella stessa maniera dei montacarichi accoppiati (fig. 146), facendo in modo, cioè, che un tratto intermedio della fune riesca orizzontale per applicarvi un cavallo che percorra nei due sensi la medesima strada.

Il movimento in queste funicolari è alternativo,

quando cioè sale un carro vuoto, ne discende uno pieno di materiali nell'altro binario o viceversa.

Non è raro il caso che questo piano inclinato possa essere reso anche automobile. Allorchè si abbia disponibile nella stazione superiore acqua in sufficienza ed i materiali debbono sollevarsi, basterà costruire i vagonetti in modo da contenere una cassa capace di portare tanta acqua quanta è sufficiente per generare nel vagonetto discendente una forza capace di sollevare nell'altro binario il vagonetto carico di materiale.

Così quando si hanno da sollevare materiali da costruzione e la terra proveniente da scavi o da demolizioni deve portarsi al basso, si può profittare per

l'automobilismo del piano inclinato. Il vagonetto discendente carico di terra può trascinare il vagone ascendente carico di materiali nuovi da costruzione, senza intervento di ulteriori forze, se il primo è più pesante del secondo, salvo l'intervento di qualche freno posseduto dai medesimi vagoncini, che serve a regolarne il movimento.

Per la maggior parte dei casi il movimento alla corda delle funicolari viene impresso mediante motrici a vapore ordinarie, locomobili o fisse, per il tramite di puleggie coniche sulle quali si avvolge la corda. I vagonetti da attaccare alla fune possono essere gli ordinari carri da sterramento avanti descritti. Però se la pendenza della rampa è forte e si vuole

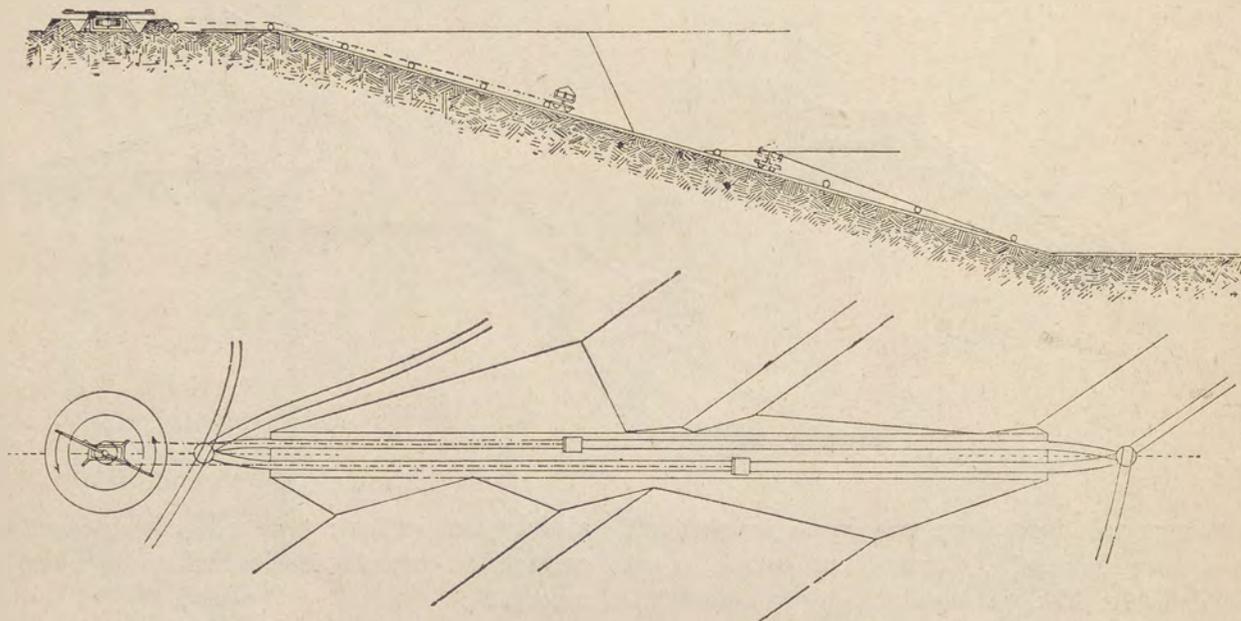


Fig. 156.

mantenere alta la velocità della fune, tale sistema può riuscire pericoloso: specialmente, se i vagoni sono a cassa mobile, potranno facilmente ribaltare. Quindi torna più conveniente attaccare alle estremità della fune due carrelli portanti (fig. 157), sui quali si adagiano gli ordinari carrelli da trasporto. In tal caso il piano inclinato è portato al di sotto del livello del binario di trasporto, perchè un vagonetto possa entrare in piano sul carrello portante munito di un segmento di binario. Nella fig. 158 è data la pianta e l'elevato di una funicolare armata di una fune continua alla quale si possono attaccare un numero qualsiasi di vagonetti ascendenti e discendenti mano mano che questi arrivano dalla cava o dal deposito. Alla fune è trasmesso un movimento continuo mediante un

sistema di puleggie coniche o di due tamburi con gole in numero tale da procurare alla fune che li avvolge un attrito sufficiente a vincere la differenza di peso nei due tratti della medesima. Il movimento a uno dei tamburi è dato da una motrice a vapore ordinaria che lo trasmette all'altro tamburo o all'altre puleggie e quindi alla fune. I vagoni si attaccano alla fune quando questa è in movimento. A piedi della rampa la fune passa al di sotto del piano inclinato e cambia direzione avvolgendosi a un sistema di puleggie. Invece delle funi senza fine possono adoperarsi le catene senza fine, avvolgentisi tanto in alto che in basso a ruote dentate che ingranano con le maglie della catena. L'attacco del vagone alla catena si fa per mezzo di uncini di cui la catena è provvi-

sta a determinata costante distanza, mentre il vagoncino è provvisto di opportuno occhiolo. L'attacco del vagone alla fune si fa per mezzo di una forchetta di cui è provvisto ogni vagoncino; tale forchetta viene afferrata da nodi contenuti dalla fune a costante intervallo. Ad ogni buona regola si muniscono i vagoni di freno automatico, il quale agisce tosto che si verifichi la rottura della rispettiva forchetta od uncino o la rottura della stessa fune o catena motrice. Secondo l'asse dei binari, a determinata distanza, si collocano delle puleggie destinate a sostenere in punti intermedi la fune e la catena e ne evitano il deterioramento.

e) I *carrelli a trazione aerea*. — Sin dall'inizio degli scavi del canale di Suez fu messa in opera, ma ebbe un successo poco felice, la *carrivola volante* della quale se ne ha una idea nella fig. 159.

Due corde di fil di ferro, disposte parallelamente, fissate ad una estremità con due ritte e per l'altra

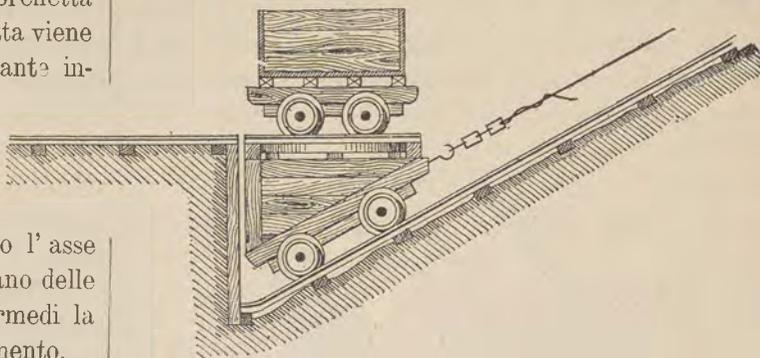


Fig. 157.

all'estremità di una lunga trave capace di oscillare attorno un perno orizzontale situato sul suo mezzo,

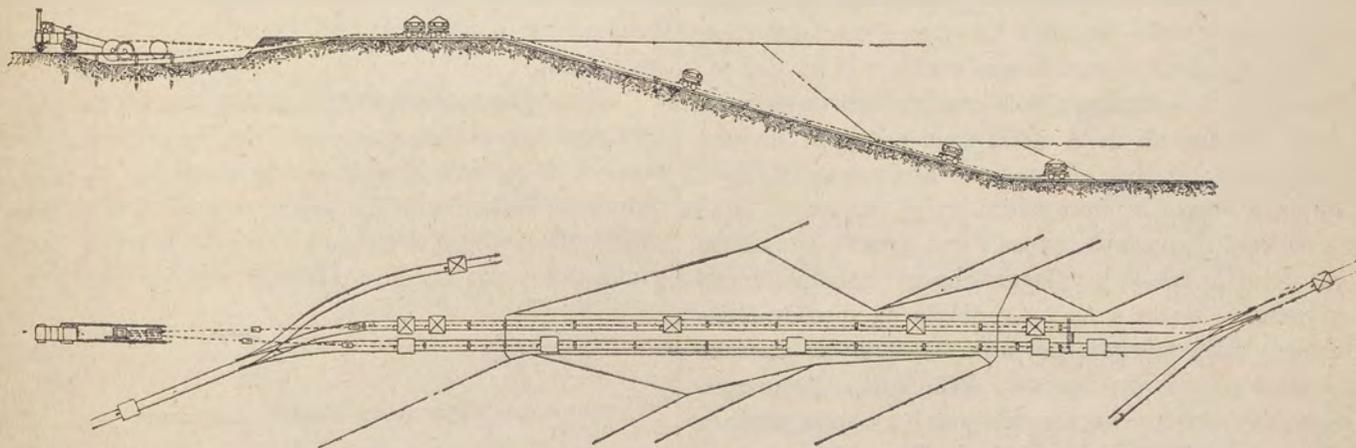


Fig. 158.

per l'azione di un uomo che vi cammini sopra ora in un senso ora nell'altro. Sulle due funi metalliche può scorrere una carrivola mediante puleggia che evidentemente si mette in movimento con facilità facendo cambiare di posizione l'altalena. Questa macchina può funzionare per trasporti a distanze non superiori ai 200 m. e l'esito poco soddisfacente, che se ne ha per un trasporto orizzontale di terra, deve in gran parte al fatto della maggiore convenienza del trasporto con carrelli scorrevoli sopra binari. Pertanto essa può riuscire utile quando fra la stazione di carico e quella di scarico esistono, interposte, difficoltà tali da non permettere l'impianto dei binari come, ad esempio, quando si debba attraversare una vallata, un burrone o un corso d'acqua.

Ed infatti salvo questi casi particolari la spesa

di impianto delle *vie aeree* in genere e del relativo materiale mobile è forte relativamente alla limitata potenzialità di trasporto che se ne possa ricavare, e però, quantunque vi sia una grande economia nella forza motrice, allora quando vie provvisorie in ferro possono installarsi, è sempre preferibile ricorrere alla trazione meccanica.

Ove la pendenza delle funi si mantenga tra il 10 e il 12% si possono impiantare sistemi automotori, se il trasporto delle terre debba effettuarsi dalla stazione più alta verso quella più bassa. Questi sistemi non sarebbero consigliabili, come sembrerebbe a prima vista, per pendenze maggiori, potendo dar luogo ad inconvenienti disastrosi. Per pendenze minori invece diviene necessario l'intervento di una forza motrice per la trazione dei veicoli,

Gli impianti più comuni di vie aeree automotrici si fanno con *funi fisse portanti e fune continua di trazione*. Sono ordinariamente due le funi metalliche  $x$  disposte parallelamente a distanza di circa 2 m., fissate sul terreno alle loro estremità e bene tese.

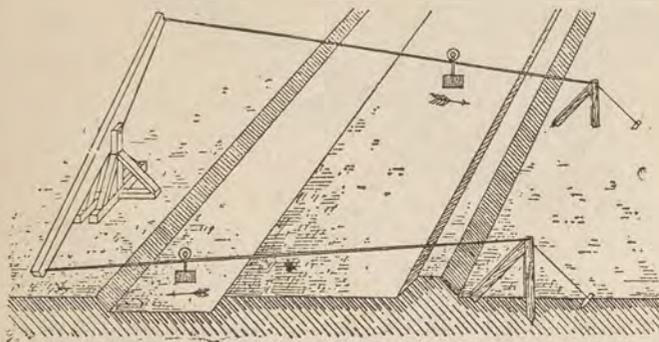


Fig. 159.

Sopra ciascuna di queste funi scorre un carrello disposto come nella fig. 160. La cassa  $C$  portante i materiali è appesa a una doppia staffa  $s$  la quale, per mezzo di due rotelle a gola scavata, scorre sopra la fune. Le due ali della staffa sono collegate da una traversa di ferro o di legno  $t$ , alle estremità della quale è legata la fune metallica  $ff$  più sottile della precedente, continua, epperò avvolgentesi tanto in alto che in basso a puleggie che ne dirigono il movimento, il quale è anche regolato da apposito freno agente sulla puleggia più alta. Quando un carrello vuoto è giunto alla sommità della fune e viene caricato, determina per il proprio peso il suo movimento in discesa, mentre nell'altra fune si effettua il movimento in salita del carrello vuoto, e così alternativamente ha luogo effettivamente il trasporto del materiale.

Questo impianto può ridursi ancora più semplice sopprimendo il tratto inferiore della fune motrice. Si ottiene una economia nell'impianto, però l'apparecchio deve funzionare con minore velocità perchè riesca egualmente sicuro.

Le funi portanti, assicurate soltanto alle loro estremità, possono raggiungere una lunghezza di 500 m. con un diametro di m. 0,03 circa. Per lunghezze maggiori converrà assicurarle in punti intermedi; in questo caso il carrello deve essere foggiato in modo che al passaggio sopra un sostegno possa continuare la sua corsa, senza che la cassa portante possa urtare contro il medesimo.

Con un impianto di *funi fisse*, portanti un sistema di due carrelli, della lunghezza di 500 m., ammesso che i carrelli possano portare un peso fino

a 500 Kg. di materiale alla volta, in un giorno di lavoro si potrà giungere al trasporto di 40 mc. di terra, con l'opera manuale di quattro uomini, dei quali uno addetto alla manovra, due al carico nella stazione superiore ed uno allo scarico nella stazione inferiore.

Per ottenere una maggiore potenzialità di trasporto occorrerà aumentare il numero dei veicoli, aumentare il loro volume e la velocità del loro cammino.

Corrispondono bene a queste esigenze le vie aeree note col nome di *funi Bleichert*, quantunque il loro impianto riesca abbastanza costoso. Questa via aerea consta di due funi portanti metalliche fisse e di una fune continua di minore sezione del tutto simili a quelle precedentemente descritte. Quest'ultima, avvolgentesi alle due estremità sopra puleggie, trascina in un senso sulla medesima fune portante i vagoni carichi e nel senso opposto sull'altra fune i vagoni vuoti.

Il movimento della fune di trazione è continuo ed è reso tale mediante una speciale disposizione delle stazioni di carico e di scarico, rappresentate schematicamente nella fig. 161. I vagoni vuoti  $v$  si staccano automaticamente dalla fune motrice allorchè sono giunti nel punto  $x$ , dove abbandonano le funi por-

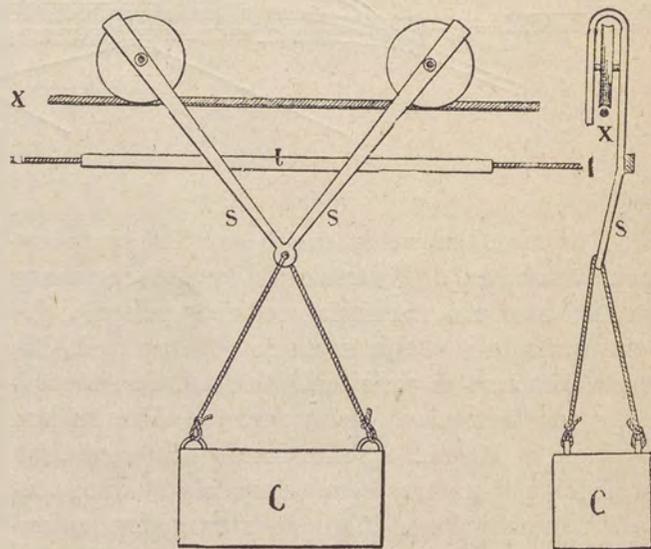


Fig. 160.

tanti ancorate in  $a$ , per prendere la via di ferro orizzontale  $ss$  della stazione e quindi tosto di nuovo la via in pendenza nel punto  $y$  dove, nello stesso tempo che passa sulla fune portante, si unisce pure alla fune di trazione. Durante il percorso orizzontale  $ss$  della

stazione sono caricati dai manovali che li spingono poscia finchè questi non ingranano nel movimento in discesa. Nella fig. 162 è dato il particolare del carrello consistente in una cassa in ferro a fondo mobile, ovvero dotata di un sistema di ribaltamento, sospesa per mezzo di due tiranti al carrello propriamente detto, scorrevole sulla fune portante per mezzo di due rotelle. L'attacco della fune di trazione col carrello si effettua facendo penetrare la fune dentro

la gola di una rotella *a* portata dal carrello, alla quale si mantiene aderente mediante un ferro *b* che la comprime per l'azione di un sistema di leve manovrabile a mano; tale compressione determina un attrito sufficiente per individuare un attacco rigido tra la fune motrice e la rotella *a* da determinare subito il movimento del carrello.

Il costo di impianto per metro lineare, delle vie aeree Bleichert (materiale mobile incluso), dipen-

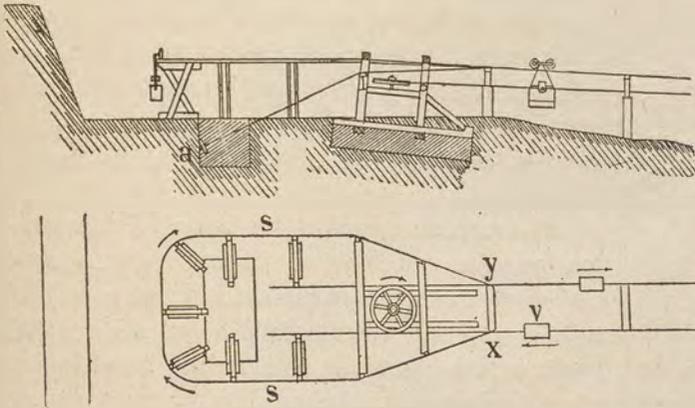


Fig. 161.

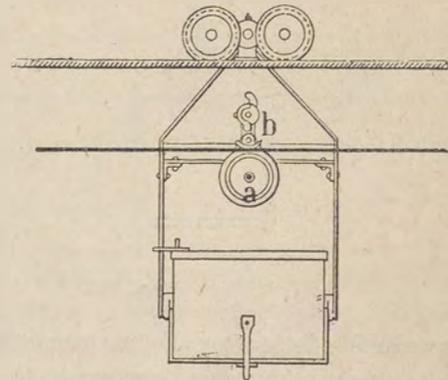


Fig. 162.

dendo dalla lunghezza della linea e dalla quantità giornaliera di materiale che si vuole trasportare, dovendo alla configurazione del terreno

opportunamente adattarsi la disposizione dei sostegni e la conformazione della linea, si può ritenere:

TRASPORTO GIORNALIERO DI TONN.					
	100	200	300	400	500
Per lunghezza di linea m. 500 . . .	L. 17,50	L. 19,50	L. 22,70	L. 23,40	L. 26,25
» » » » 1000 . . .	» 14,70	» 16,90	» 19,40	» 21,90	» 23,15
» » » » 2000 . . .	» 13,50	» 17,25	» 18,70	» 20,75	» 22,50

Il costo di trasporto per tonnellata nella condizione sfavorevole di avere la stazione di partenza e quella di arrivo allo stesso livello, nel quale caso

occorre una forza motrice di  $\frac{1}{10}$  di cavallo per Km. di via e per trasporto di 1 tonnellata di materiale è circa:

TRASPORTO GIORNALIERO DI TONN.					
	100	200	300	400	500
Per lunghezza di linea di m. 500 . .	L. 0,115	L. 0,077	L. 0,067	L. 0,06	L. 0,06
» » » » 1000 . .	» 0,15	» 0,102	» 0,08	» 0,075	» 0,068
» » » » 2000 . .	» 0,212	» 1,14	» 0,15	» 0,095	» 0,092

Degna di menzione è, finalmente, la via aerea che porta il nome di *via Hodgson*, dove per maggior semplicità è soppressa la fune motrice ed il movi-

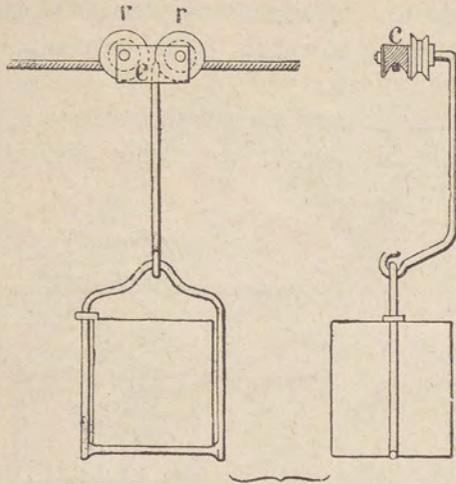


Fig. 163.

mento è effettuato dalle medesime funi portanti, le quali perciò non sono fisse, ma costituiscono una fune continua scorrevole, avvolgentesi sopra le due puleggie situate alle due estremità. Nel ramo discendente della fune si appendono i carrelli carichi ad una certa distanza l'uno dall'altro, sul ramo ascendente quelli vuoti, e la fune agisce automaticamente in virtù del maggior peso dei carrelli carichi fra i limiti di pendenza compresi tra il 10 e il 12%. Nella fune Hodgson il carrello non scorre sulla fune, ma è a questa fissato. L'attacco è fatto ordinariamente nella maniera indicata dalla fig. 163, dove il recipiente si lega alla fune per aderenza di un cuscinetto di legno *c* che si accavalca alla stessa a guisa di sella, e con una forchetta foggata in modo da potere superare le puleggie di sostegno intermedie. A questa asta che sostiene la cassa sono unite due rotelle *rr*, le quali permettono al veicolo di scorrere sulla via fissa di ferro situata su ciascuna delle due stazioni estreme, come nelle funi precedentemente descritte, sulla quale i veicoli vengono caricati o vuotati.

f) *L'apparecchio Jandin per lo sterro dei pozzi.* L'estrazione dello sterro dai pozzi di fondazione si può conseguire per via pneumatica impiegando l'apparecchio Jandin che funziona per mezzo dell'aria compressa. Questo apparecchio consta di un tubo grosso ripiegato superiormente a sifone (fig. 164), che col'estremità inferiore si poggia sul materiale da sollevarsi e di un tubo sottile col quale si fa venire l'aria

compressa alla base inferiore del tubo grosso, attraverso il quale, sfuggendo, produce una notevole forza ascensionale, capace di condurre seco lo sterro e le pietre fino a un peso di 10 kg. Nei terreni sciolti e permeabili con questo apparecchio si può anche scavare fino a 40 e 50 m. di profondità. L'estremità superiore del tubo grosso è foggata a sifone per servire allo scarico del materiale.

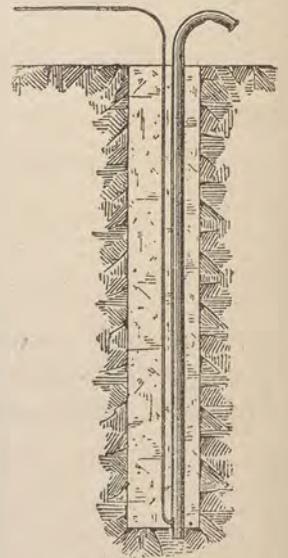
g) *Il trasporto dei materiali delle draghe nautanti.* Il materiale scavato delle draghe viene di solito depositato dalle medesime sulla sponda ovvero sopra galleggianti, i quali poi lo depositano altrove. Questi galleggianti, detti propriamente *pontoni*, sono barconi aventi la stiva divisa in compartimenti conici col fondo mobile, manovrabile dalla coperta mediante apposita catena.

Si muovono i pontoni mediante elica mossa da una propria macchina a vapore; se sono sprovvisti di motore sono rimorchiati da un piccolo battello. Il materiale versato dalla draga nei compartimenti, giunto che sia il pontone nel luogo indicato, viene scaricato automaticamente in mare, aprendo il fondo di ciascun compartimento.

Talvolta invece si vuole depositare lo sterro sulle sponde, come necessariamente avviene nello scavo dei canali, e quando la draga non è molto lontana dalla sponda destinata a bacino di deposito si possono usare diversi mezzi per deposito dei materiali effossori.

Nella draga Brisse fu detto come il materiale sia versato nei carri da trasporto situati sulla sponda mediante una catena senza fine di carrelli. La medesima operazione si può conseguire servendosi di una *tela senza fine* del genere di quelle descritte per gli escavatori a secco, ovvero può servire una *doccia* o *canale*, allora quando la draga è situata ad un livello più alto del bacino di scarico, nel quale il materiale si possa avviare automaticamente.

Quando non è possibile depositare il materiale direttamente sulla sponda, si ricorre all'uso di *chiatic* (barche), le quali ricevono il materiale della draga e

Fig. 164.  
L'apparecchio Jandin.

lo trasportano, rimorchiati, accostandosi alla sponda, dove speciali elevatori l'estraggono e lo versano nel bacino di deposito, ovvero sopra i carri da trasporto.

Si hanno delle chiatte costruite in maniera che possono vuotarsi pneumaticamente. Il compartimento contenente i materiali è costruito con pareti metalliche resistenti alla pressione ed hanno l'orificio, che

riceve lo sterro, costruito talmente che si possa chiudere ermeticamente allorchè la chiatta è carica. Quando questa è condotta vicino alla sponda, si apre un tubo laterale *t* (fig. 165) più o meno ricurvo a guisa di sifone ed allora introducendo l'aria compressa nel compartimento, il materiale semifluido prende la via del tubo e si deposita sulla sponda. L'aria com-

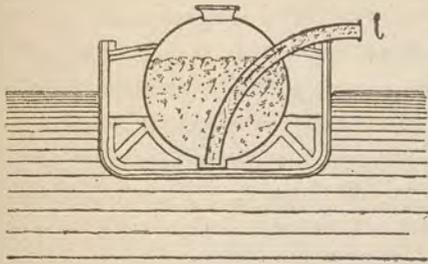


Fig. 165.

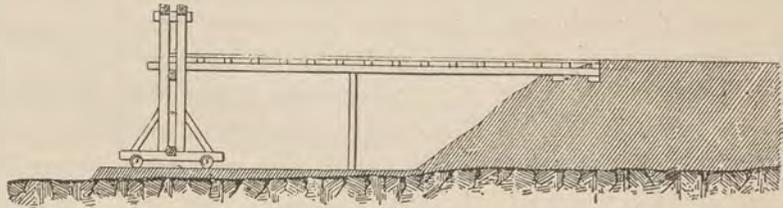


Fig. 166.

pressa è fornita da apposito compressore situato sulla chiatta ovvero sulla sponda.

§ 5.

LO SCARICO DEGLI STERRI.

I materiali provenienti dallo scavo delle terre caricate sopra veicoli vengono trasportati a distanza

ed ivi depositati. Le terre provenienti da una cava quando non hanno uno scopo determinato devono avere un deposito ordinato nei limiti che interessano per ottenere un più sollecito disbrigo del versamento dei materiali. Due sono i sistemi messi in pratica per lo scarico dei carri e dei vagoni impiegati per il trasporto dei grandi sterri. E cioè o il versamento ha luogo di fronte, e in questo caso dopo il vuotamento occorrerà deviare il carro per dare posto a

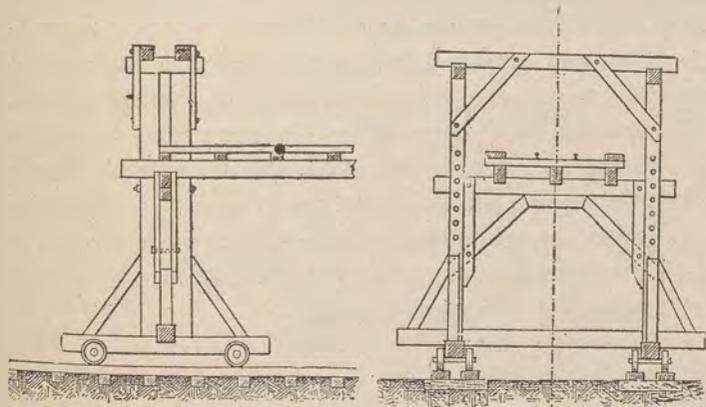


Fig. 167.

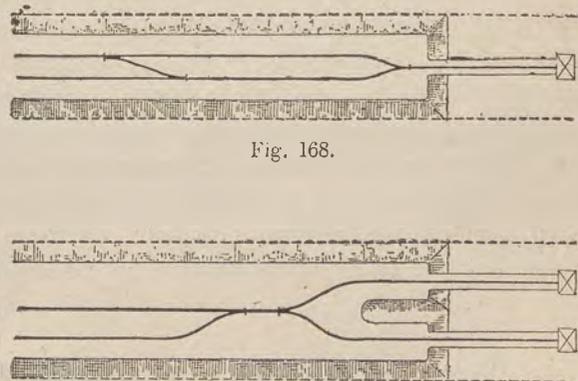


Fig. 168.

Fig. 169.

quello carico che lo segue, ovvero il versamento ha luogo di fianco, lateralmente, ed allora o si stabiliscono opportuni *ponti di scarico* in legname o si fa uso di piattaforme girevoli situate in testa dello scarico. Con ambedue i sistemi il rilevato si viene a formare a tutta altezza. Il primo di essi, detto anche *metodo inglese*, consiste nel fare fermare il con-

voglio di vagoni ad una determinata distanza dal ciglio di scarico, mentre coll'avanzarsi dello scarico si fa in modo che l'ultima parte di questo, alla superficie si presenti leggermente inclinato verso il ciglio, lungo il quale si dispongono alcune traverse o ferma carri attraverso i binari. I vagoni fermati sulla via di deposito vengono ad uno ad uno condotti allo scarico, serven-

dosi di un cavallo robusto, il quale con una corda provvista di speciale uncino li attacca e li spinge al trotto imprimendogli una certa velocità, finchè in vicinanza del sito di scarico, staccato rapidamente il cavallo, il carro per la sua velocità iniziale va ad urtare contro il ferma carri o le traversine e ribaltandosi per l'urto si scarica automaticamente.

Si accelera questa operazione moltiplicando i punti di scarico frontale secondo la disposizione indicata dalla fig. 3 Tav. XIII, dove sono rappresentati 4 punti di scarico ed un binario di scambio per raccogliervi i carri vuoti, oltre al binario principale di arrivo. L'uncino di cui si fa uso è della forma indicata nella fig. 4, Tav. XIII, laddove per aprirlo basterà che il conduttore tiri la cordicella *a* nel senso della freccia.

Le medesime considerazioni si possono ripetere se invece di vagoni si hanno carri guidati da cavalli che ribaltano di fronte. Con questi veicoli anzi l'operazione si accelera, perchè è più facile praticare il deviazione dei carri vuoti da quelli pieni che so-  
praggiungono.

I ponti di scarico che si impiegano per il versamento laterale dei materiali, detti anche *balene* (fig. 166) sono costituiti da due travi parallele, semplici o composte, a seconda della loro sporgenza, sostenute per una estremità dal rilevato, per l'altra da un sostegno a guisa di cavalletto (fig. 167), in legname, scorrevole sopra un binario provvisorio o direttamente sulla superficie del terreno, se questa non è molto accidentata. Se i carri da trasporto arrivano sopra binari, allora le due travi, tenute a distanza di scartamento mediante traverse, portano sul dorso il prolungamento del binario; diversamente sopra di esse si adatta una piattaforma di tavole di legno, sulla quale giungono i carri trainati da forza animale. Lo scarico si fa lateralmente, introducendo sul

ponte di scarico un convoglio intero, che viene tosto ritirato per dar posto a quello seguente.

Allorchè il rilevato si avvanza, si fa scorrere il ponte di scarico, prolungando il binario di arrivo; naturalmente il lavoro riuscirà tanto più spedito quanto più il ponte è capace di contenere un maggior numero di carri. Nè è raro il caso che questo si costruisca in modo da contenere un doppio binario. Però è chiaro che col crescere della lunghezza del ponte, come col crescere della larghezza, le difficoltà per lo spostamento crescono enormemente e crescono pure le spese di impianto. Converterà piuttosto, perchè il versamento proceda più rapido, metter in opera due o più ponti di scarico ad un solo binario, seguendo le disposizioni delle figg. 168 e 169 relativamente ai binari.

Entrambi i metodi di versamento delle terre, quello di fronte cioè e quello di fianco, lateralmente, si possono conseguire per mezzo delle *piattaforme girevoli*.

Si collocano le piattaforme all'estremità del riporto, là dove i carri devono vuotarsi, individuando il termine del binario di arrivo e del binario di ritorno. Se il rinterro deve avanzare tutto di fronte, bisogna collocare parecchie piattaforme lungo la linea di scarico (fig. 5, Tav. XIII), comunicanti tutte col binario d'arrivo. Il carro entrato nella piattaforma potrà vuotarsi di fronte o di fianco se si gira opportunamente la piattaforma.

Se il versamento vuol farsi con una sola piattaforma, questa si mette alla testa di uno stretto terrapieno, che poi si allarga con lo scarico laterale, facendo uso di binari laterali in curva come è indicato nelle figg. 6 e 7, Tav. XIII. Quivi i vagoni carichi pervengono nei binari in curva: parte di essi eseguono il versamento laterale sopra i medesimi, parte il versamento di fronte, per poi ritornare tutti dalla parte del binario rettilineo.

## TAVOLA BIBLIOGRAFICA.

- AICHINO G., *Mine* (*Enciclopedia Arti e Industrie*), Unione tip. edit., Torino.
- ANGSTRÖM A., *Ueber Gesteinbohrmaschinen*, Leipzig 1874.
- Annales Industrielles. *Les appareils perforateurs à l'Exposition de Bruxelles*, 1876, vol. 2.
- BARBE F., *Manuel du mineur*, Paris 1880.
- BONARIYA A., *Le perforazioni del suolo per la ricerca delle arque e per le esplorazioni minerarie*, Bologna 1897.
- BRENNECKE, *Handbuch der Baukunde* (*Baukunde des Ingenieurs*), Berlin 1887.
- CANTALUPI, *Tavole, formole e istituzioni pratiche per l'ingegnere architetto, ecc.*, Milano 1867.
- CANTALUPPI, *Istituzioni pratiche sull'arte di costruire le fabbriche civili*, Milano 1874.
- CARLETTI C., *Riflessioni sulla cubatura delle terre*, Torino 1882.
- CAVALIERI, *Istituzioni di architettura pratica*, 1826.
- CHALON P. F. *Traité theorique et pratique des explosifs modernes*, Paris 1889.
- CHALON P. F., *Le tirage des mines par l'électricité*, Paris 1883.
- CLAUDES I. et LAROCHE L., *Pratique de l'art de construire*, Paris-COLLADON L., *Die Maschinellen Arbeiten sur Durchbohrung des Gotthard Tunnels*. Zurich 1876.
- COLOMBO G., *Manuale dell'Ingegnere*, 12.<sup>a</sup> Ediz., Hoepli. Milano.
- COPPERI e MUSSO, *Costruzioni murarie*, 3.<sup>a</sup> ediz.
- CURIONI G., *Lavori generali di architettura civile, stradale e idraulica*, Torino 1872.
- DARLINGTON, *Ueber Gesteinbohrmaschinen* (*Der Maschinenbauer*, 1878).
- DOUSSAUD A., *Des extractions de matériaux et des occupations temporaires*, Paris 1892.
- DRINKER, *Tunneling, Explosive compounds and Rockdrills*, New-York 1882.
- ETIENNE M. M. CH. et MASSON A., *Nouveau manuel complet du terrassier*, Paris 1850.
- FALANGOLA F., *Sulle grandi mine nella roccia calcarea della catena peloritana in Sicilia e nella roccia granitica di Baveno* (*Rivista di Artigl. e Genio* 1887).
- FORMENTI C., *La pratica del fabbricare*, Milano 1893.
- GABBA, *Corso di costruzioni civili e militari*, Torino.
- Giornale del Genio, Civile, Torino, dal 1863 in poi.*
- GUZZO E., *Le grandi mine di Vadre e di Genova esplose nel 1883* (*Rivista di Artigl. e Genio*). 1884.
- HANARTE, *La perforation mécanique par le perforateur Ferroux*, Mons 1879.
- INGERSOLL'S rock drill, *Iron*, 1874, vol. 4.<sup>o</sup>; *Engineering*, 1874 vol. 17.
- LEONI B., *I lavori di terra*. Manuale Hoepli. Milano.
- LEVI C., *Fabbricati civili d'abitazione*. Manuale Hoepli, Milano, 1896.
- LIBERT I., *Le tirage des mines par l'électricité* (*Revue Univ. des mines*, S. III, t. VII).
- L'ingegneria civile e le arti industriali: le perforatrici a percussione meccanica* (Vol. I, 1875); *Apparecchi per abbattere le rocce: Perforatrici* (Vol. VI, 1880; *Perforatrici Brandt* (Vol. IX, 1883).
- MAGANZINI I., *Gli escavatori meccanici*. *Annali Società Ingegneri*, Roma, 1889.
- MARQUET A., *Note sur les applications de quelques procédés nouveaux dans la pratique de l'exploitation des mines* (*Revue Univ. des mines*, S. III, t. IV).
- MARTELLI, *I lavori di terra*, Milano 1881.
- MARTELLI e STABILINI, *I lavori di terra* (*Enciclopedia Arti e Industrie*), Unione tip. edit., Torino.
- PASETTI F., *I trasporti di terre e materiali nei cantieri di costruzione* (*Rivista d'Art. e Genio*, 1900).
- PERELLI G., *La perforazione meccanica delle gallerie*.
- PERREAU L., *L'arte della sonda. Manuale teorico pratico per gli apparecchi e le opere di trivellazione del suolo*, Milano 1875. *Revue Industrielle*, 1876; *Perforatrice Dubois-François*.
- RONDELET, *L'art de bâtir*, Paris 1871.
- SACCHI A., *L'economia del fabbricare*, Milano 1879.
- SOLERTIA., *Gallerie* (Dall'opera: *Costruzioni ed esercizio*), Torino.
- TAVERDON, *Application du diamant noir aux travaux des mines et au percement des tunnels. Haveux et Perforateur a grande vitesse* (Publication industrielle, fond. Armengaud père, 1879).
- TETMAYER L., *Monografia sulla dinamite a base inerte e sulle gelatine-dinamiti*. Traduzione di P. Barbe, Roma 1882.
- VEROLE P., *Draghe* (*Enciclopedia Arti e Industrie*), Unione tipogr. Edit., Torino.



# LE FONDAZIONI

## LE GENERALITÀ.

Perchè un edificio si mantenga eretto in maniera salda in tutta la compagine delle varie parti che lo costituiscono, occorre stabilirlo in maniera opportuna sopra un terreno che sia capace naturalmente o artificialmente di poterlo sostenere.

Uno strato di terreno è adatto a sopportare un edificio quando esso presenta la capacità di fare equilibrio alle pressioni, varie da punto a punto, provenienti dai sostegni che sopportano di peso tutta la fabbrica. Se un edificio fosse poggiato in un terreno facilmente, cedevole sotto il suo peso, per effetto delle pressioni, si genererebbero degli scoscendimenti che alla loro volta farebbero nascere delle spinte nelle masse murali in vario senso dirette e quindi fenditure, crepacci, strapiombi, contorcimenti, ecc. che tutti insieme combinati, ognor crescenti, porterebbero in sfacelo tutto l'edificio, ed ogni sforzo tornerebbe vano per porre un riparo a tanto male.

Emana dunque evidente la necessità di piantare ogni fabbrica sul terreno con provvedimenti speciali che nel loro complesso si chiamano *fondazioni*.

Due generi di lavori richiedono le fondazioni: quello di indagare la resistenza del terreno, perchè si sia sicuri di potervi erigere il manufatto e di renderlo adatto, qualora non lo fosse, e quello di interporre fra lo strato sodo del terreno ed i muri della fabbrica provvidamente alcune opere, perchè le pressioni provenienti dal peso dell'edificio vengano ripar-

tite sopra una maggiore superficie di terreno. Sono queste strutture speciali che chiamansi più propriamente *fondamenta*.

Il peso essendo diverso per ogni edificio e vario anche per ogni sua parte e potendo essere il terreno di natura differente, anche nello stesso luogo a diverse profondità, si hanno disperate maniere di praticare le fondazioni, le quali perciò potranno risultare varie da sito in sito.

In pratica si ritiene che un edificio di apparenza monumentale, che abbia cioè in muratura tanto i muri che le volte, i solai, ecc. produce una pressione unitaria sulle fondazioni che può oscillare da 10 a 50 kg. per cmq.; un edificio con le strutture verticali in muratura e le strutture orizzontali dei solai, delle volte, ecc., in maniera mista di legno o ferro e murature, produce una pressione unitaria variabile fra i 5 e i 10 kg. per cmq. e un edificio di leggera struttura, nel quale cioè tanto i muri che le strutture orizzontali siano il prodotto di combinazioni di legno con ferro e muratura, produce una pressione unitaria compresa fra 1 e 5 kg. per cmq. A seconda adunque del genere dell'edificio si può sin da principio, pria ancora che si venisse coi calcoli a determinare con precisione, valutare la pressione unitaria e formarci un criterio abbastanza approssimato circa l'importanza delle fondazioni da praticarsi.

Il terreno sul quale si deve fondare si può presentare all'asciutto o al coperto, ovvero semplicemente attraversato dalle acque. Distinguaosi perciò le fondazioni a seconda della natura del terreno e si chiamano

*fondazioni comuni* i procedimenti adatti per le fondazioni sopra terreni all'asciutto, *fondazioni idrauliche* o *subacquee* quelli che si addicono per i terreni coperti od attraversati dalle acque.

Essendo la superficie del suolo composta di sostanze di vario genere, a seconda della resistenza che questa superficie oppone al peso dell'edificio, distinguonsi ancora le fondazioni in *fondazioni sopra terreno incompressibile*, quelle che si eseguono in terreni che in nessun modo cedono alla pressione delle costruzioni che vi si erigono; *fondazioni sopra terreno compressibile*, quelle che si erigono sopra terreni cedevoli e finalmente, *fondazioni sopra terreni mobili*, quelle che si ri-

feriscono ai terreni che pur essendo incompressibili, qualora sono attraversati dalle acque, si lasciano trasportare, avvallandosi, e perciò cedono al peso del manufatto.

Sono *incompressibili* le rocce in genere, i tufi, le breccie, le argille asciutte e le compatte, le terre conglomerate con sassi, per le quali occorre l'uso del piccone per scavarli, e le sabbie, quando non sono attraversate da acque in movimento, nel qual caso si lasciano trasportare facilmente.

Sono *compressibili* le sabbie attraversate dalle acque, le quali diventano mobili se le acque sono scorrevoli, i terreni argillosi, le terre vegetali e i terreni melmosi.

## CAPITOLO I.

### LE FONDAZIONI COMUNI

---

#### § 1.

##### LE FONDAZIONI CONTINUE SOPRA TERRENI INCOMPRESSIBILI.

Se il terreno incompressibile, su cui si deve fondare, si trova alla superficie del suolo, il procedimento di fondazione con muri continui si riduce a rendere orizzontale la plaga di terreno sulla quale si deve poggiare la fondazione, e quando il terreno naturale è molto inclinato, si trova cioè in collina, si taglierà a scaglioni orizzontali, non potendo e non convenendo ridurlo ad un unico piano orizzontale (fig. 170). Ad

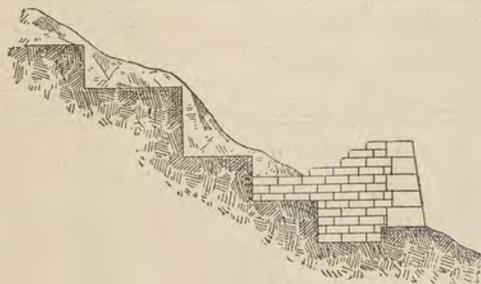


Fig. 170.

assicurare maggiormente la stabilità delle strutture murali poggiate sui piani di fondazione così preparati suolsi praticare qualche fossa in taluno di questi piani, che si riempie di muratura allo scopo di bene addentellare questa struttura col terreno ed impedire alla fabbrica qualsiasi movimento nel senso orizzontale.

Se il terreno incompressibile si trova ad una certa profondità dalla superficie naturale del suolo, il processo di fondazione con muri continui si riduce a praticare prima le trincee profonde sino a riscontrare il terreno sodo, larghe abbastanza per con-

tenere esattamente i muramenti che si vogliono eseguire, nel puntellare queste trincee secondo le norme del § 15 Cap. II dell'*Attacco degli sterri*, nel rendere orizzontale il fondo di queste trincee o a scaglioni orizzontali, se lo strato di terreno sodo è molto inclinato e nel costruire quindi le strutture di fondazione sino a raggiungere il livello del suolo naturale. Questo sistema di fondare con muramenti continui non è conveniente che fino a profondità di 4 m., oltre i quali riesce assai dispendioso.

#### § 2.

##### LE FONDAZIONI CON PILASTRI.

Per economia di muratura, allorchè lo strato di terreno sul quale si deve fondare è situato a un livello molto profondo, si possono eseguire le fondazioni costruendo dei pilastri in muratura e girando sopra di essi delle arcate robuste, delle quali se ne spiana il dorso pure con muratura (fig. I, Tav. XV). Se la consistenza del terreno permette di scavarlo soltanto nelle parti in cui devono costruirsi i pilastri, l'economia della costruzione è più sensibile, potendosi servire della terra compresa fra i pilastri opportunamente estradossata, in sostituzione delle centine, per la costruzione delle arcate, che quasi sempre si praticano a tutto sesto.

Qualora è possibile fare le fosse limitatamente agli spessori dei pilastri, questi per lo più vengono eseguiti in calcestruzzo o in muratura a sacco, mentre gli archi ed i rin fianchi si eseguono in mattoni o in pietrame listato ovvero in conci di pietra. Questo genere di fondazioni con pilastri ed arcate non si dovrebbe spingere oltre i 12 m., se non quando i

terreni attraversati, prima di giungere a quella profondità, offrano una certa resistenza alle spinte laterali.

### § 3.

#### LE FONDAZIONI CON POZZI.

Questo sistema di fondazione si addice per terreni resistenti che si trovano a notevoli profondità e specialmente quando gli strati attraversati presentano caratteri di mobilità. Consiste nello scavare dei pozzi a sezione circolare o rettangolare fino ad incontrare il terreno incompressibile, nel puntellarne convenientemente le pareti (§ 16, 17, 18, Cap. II, dell'Attacco degli sterrati), nel riempire di muratura questi cavi e nel collegare con arconi robusti le colonne così ottenute.

La superficie mediante la quale gli arconi si poggiano su queste colonne, qualora queste presentano una sezione circolare, è generalmente il quadrato inscritto nel circolo della loro base. La fig. 4, Tav. XVI rappresenta la pianta e la vista di una fondazione con pozzi per sostegno di un muro continuo. Anche quivi ci si può servire della terra compresa tra due colonne, opportunamente estradossata, in sostituzione delle centine per la costruzione degli arconi.

### § 4.

#### LE FONDAZIONI CON SOSTEGNI DI PALAFITTE.

Allorchè il terreno adatto a ricevere le fondazioni si trova a una discreta profondità sotto la superficie naturale del suolo, si può procedere alla fondazione, facendo a meno degli scavi profondi, internando in loro vece nel terreno alcuni pali fino alla profondità necessaria per adagiarsi coll'estremità inferiore sullo strato sodo del terreno. Il processo di fondazione con palafitte consiste inoltre nel collegare fra loro solidamente le teste dei pali, dopo di averle tagliate tutte al medesimo livello, mediante una intelaiatura di tavole e di travi fissate sulle loro teste, sulla quale si erige la struttura murale (fig. 5, Tav. XVI). Il numero dei pali che si conficcano nel terreno dipende dal peso dell'edificio che essi sono destinati a sopportare; ordinariamente la loro sezione non si carica oltre i 50 kg. per cmq.

La loro disposizione è in filari situati per lungo e per largo ad una distanza di m. 0,80 a 1,20 a se-

conda del loro diametro, il quale si fa corrispondere all'incirca a  $\frac{1}{20}$  della lunghezza del palo e non minore di m. 0,18. Le travi *a* disposte secondo la larghezza delle fondazioni (fig. 171) ed alle quali si as-

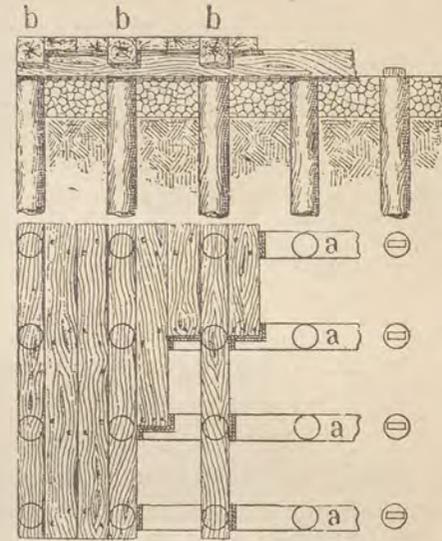


Fig. 171.

segna una sezione avente il lato di posa eguale al diametro dei pali, si chiamano *traversine* e si fermano con le teste dei pali nelle maniere indicate dalle fig. 172, 173, ossia condente a maschio e femmina o con caviglie di ferro. Le travi *b*, normali alle

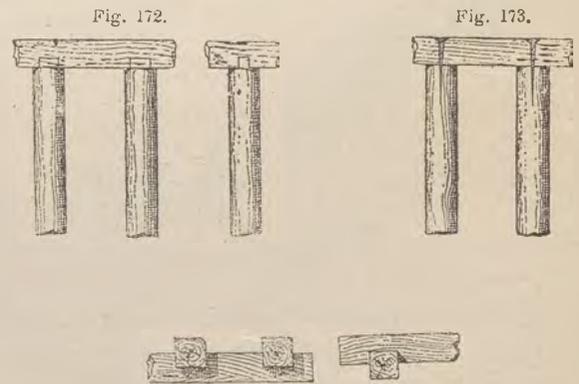


Fig. 174.

*a*, si chiamano *lungherine* e si connettono con le traversine con incastro a mezza grossezza (fig. 174). Per completare il castello fra le travi *b* si inchiodano dei tavoloni aventi uno spessore metà di quello delle travi. Le travi *b* lungherine possono direttamente adattarsi sulle teste dei pali; in questo caso sopra

le travi *b* si inchiodano i tavoloni (fig. 175) ovvero si collegano a mezza grossezza le traversine e quindi tra le traversine i tavoloni come nella fig. 171.

Pria di ultimare il castello si toglie fra le travi tutta la terra che si è smossa per l'affondamento dei pali e si riempie lo spazio dalla medesima lasciato, fino al livello del castello in legname, con sabbia asciutta e con pietre bene impostate, ovvero con calcestruzzo, se la fondazione è praticata in terreni umidi.

Non di rado a questo castello di legname si sostituisce, specialmente nei terreni attraversati dalle acque, un masso di calcestruzzo nel quale si fanno penetrare le teste dei pali per  $\frac{1}{3}$  circa del suo spessore,

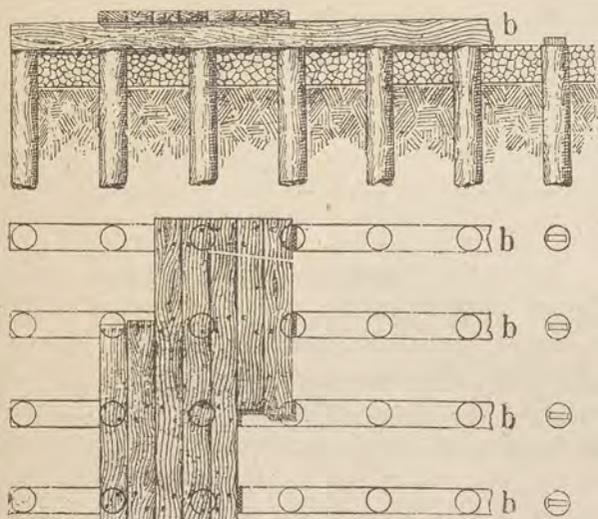


Fig. 175.

che può essere di m. 1 a m. 2,50 a seconda del carico gravante sul masso.

§ 5.

L'AFFONDAMENTO DEI PALI.

Pria di procedere all'affondamento, i pali si preparano opportunamente per facilitare l'introduzione nel terreno che si eseguisce a forza di colpi di una massa pesante sulla testa dei pali. Questi vengono tagliati anzitutto alla sommità secondo un piano normale alla direzione delle fibre, del quale si smussa lo spigolo, acciocchè le battiture non colpiscano le fibre della periferia danneggiandole per prime. La testa inoltre viene rinforzata con una *ghiera* di ferro, che si introduce a viva forza riscaldandola preven-

tivamente (fig. 176, 177). L'estremità inferiore si taglia a forma piramidale, avente l'altezza eguale al doppio del diametro, smussandone la punta alla quale si dà una base di 5 cm. di lato (fig. 178).

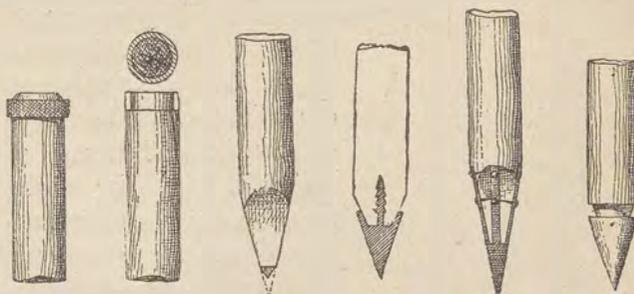


Fig. 176. Fig. 177. Fig. 178. Fig. 179. Fig. 180. Fig. 181.

Per terreni piuttosto consistenti o contenenti ciottoli e sassi, la punta del palo si arma di una puntazza che può essere di ghisa (fig. 179), di ferro fucinato con 2 o 4 alie (fig. 180) ovvero di lamiera di ferro (fig. 181). La puntazza di ghisa esige il taglio della punta del palo secondo una sezione del diametro di 6 a 8 cm. e la puntazza introdotta a colpi di mazza si mantiene aderente per un'anima barbata che si conficca nella massa legnosa. La puntazza di ferro fucinato esige pure analogo smussamento del palo e la puntazza si fissa al palo per mezzo delle alie chiodate; questa invero è la puntazza più in uso nella pratica, che per semplicità di manovra può sufficientemente munirsi di due alie soltanto. La puntazza di lamiera porta saldata un punta di ferro, con la quale termina e la saldatura dei due lembi di lamiera si fa a bordi ripiegati (fig. 182) con buchi che si fanno attraversare da chiodi che la fissano alla punta del palo.

Così preparato il palo, che è quasi sempre costituito di un legname duro (quercia, larice, ontano o castagno), lo si dispone a sito con la sua dimensione massima verticale, ed in questa posizione si affonda; il suo diametro varia tra m. 0,18 a 0,25 e la sua lunghezza fra 16 e 24 volte il diametro.

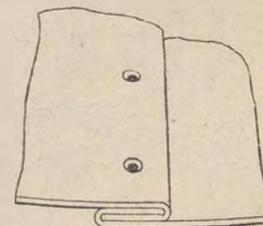


Fig. 182.

Quasi sempre i pali si affondano disponendoli con la punta in giù; però, secondo la natura dei terreni, verificandosi che le percosse prodotte per l'affondamento del palo abbiano per effetto di far sollevare quelli vicini già battuti, soglionsi anche affondare di-

sponendoli con la testa in giù, appuntandone questa estremità nella maniera indicata.

L'affondamento dei pali si ottiene con colpi reiterati di maglio dati sulla loro testa; il più semplice di questi magli consiste in un ceppo di legno pesante

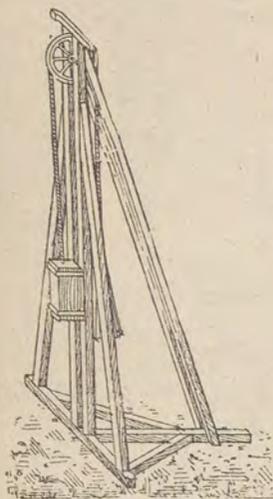


Fig. 183.

50 a 250 Kg., fortificato da ghiera di ferro alle due estremità (fig. 3, 4, Tav. XV) e provvisto all'intorno di manici di legno per essere manovrato a mano. Evidentemente questo maglio si presta soltanto per l'affondamento di pali corti che non richiedono grandi sforzi per essere conficcati nel terreno; non potendo gli operai alzarlo più di un metro dal terreno, il lavoro prodotto dalla sua caduta è relativamente piccolo. Si ottiene un maggiore effetto utile facendo manovrare il maglio per mezzo di meccanismi

adatti a facilitarne l'uso, noti col nome di *battipali*.

Il *battipalo* o *mazza a castello* o *berta* è generalmente composto di un maglio di legno o di ferro,

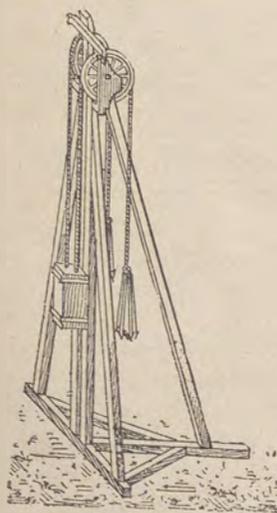


Fig. 184.

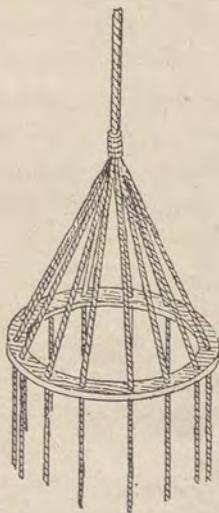


Fig. 185.

che può scorrere fra due regoli o guide parallele portate da un castello di legname avente forma piramidale con una faccia verticale secondo la quale si fa scorrere il maglio. Questo è manovrato da una corda che si accavalca sopra una puleggia situata in cima

al castello, tirata a mano da operai ovvero coll'intermezzo di un verricello. Nel primo caso chiamasi *battipalo* o *berta semplice*, nel secondo *berta capra*. La fig. 183 ci rappresenta il battipalo o berta semplice; il capo posteriore della fune è scisso in diverse funicelle a ciascuna delle quali si applica un manovale.

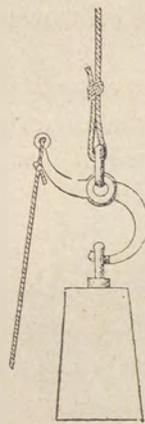


Fig. 186.

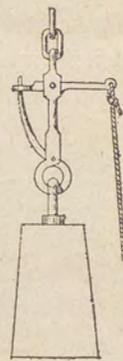


Fig. 187.

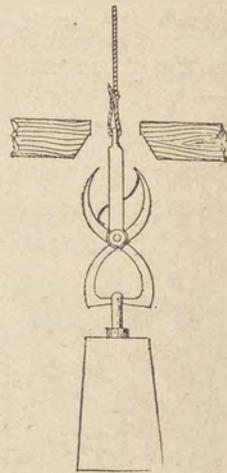


Fig. 188.

Il peso del maglio può variare tra 200 e 500 kg. e la sua manovra consiste nel tirare la corda ed abbandonarla a se stessa, allorchè il maglio ha raggiunto l'apice della sua corsa. Però lo sforzo esercitato dagli operai non viene utilizzato per intero nella manovra di questo maglio a causa della obliquità delle funicelle, che non si può evitare quando gli operai manovranti sono numerosi. Si attenua questo inconveniente o coll'assegnare alla puleggia un grande diametro (fino m. 1,20) o munendo il battipalo di due puleggie per modo che il maglio sia sollevato da due funi (fig. 184), ovvero disponendo all'estremità della fune una corona circolare di legno (fig. 185), alla quale sono legate le funicelle; con quest'ultima disposizione si richiede un numero di operai minore di un  $\frac{1}{4}$ . Nella fig. 5, Tav. XV è rappresentato il battipalo nel sistema *Rua* nel quale il maglio è manovrato da un verricello. Per provocare la caduta del maglio, quando questo ha raggiunto il limite della sua corsa ascendente, la fune è legata al maglio per l'intermezzo di un apposito uncino di ferro che un operaio fa staccare dal maglio, tirandolo con una cordicella (fig. 186, 187) ovvero a scatto ed allora ha la forma a tenaglia (fig. 188) ed agisce automaticamente. Perchè la fune ed il verricello tornino a svolgersi da loro, evitando perditempi, si è pensato di fare l'uncino pesante sufficientemente per provocare lo svolgi-

mento del verricello. Talvolta le guide entro le quali scorre il maglio non sono fisse, e si possono disporre obliquamente per battere pali inclinati all'orizzonte, senza perciò spostare dalla verticalità l'interno cavalletto con grande economia di tempo di e lavoro.

§ 6.

LO STRAPPAMENTO DEI PALI.

Si dà il caso nella pratica di dovere svellere qualche palo, allorchè sia stato malamente affondato

Dando contemporaneamente dei colpetti di maglio sulla testa del palo, questi distruggono l'aderenza che il palo ha per il terreno; l'azione tendente della fune succedendo rapidamente ai colpi, si finisce che dopo pochi di essi il palo viene estratto fuori dal terreno.

Nella fig. 189 sono indicate altre maniere di strappare un palo per mezzo di un cavalletto con dado a vite e manovelle ed è indicato il modo secondo cui la fune si può legare alla testa del palo. Nelle fig. 190, 191 la fune si attacca coll'intermezzo di un collare di ferro. Anche servendosi di una robusta leva di legname e legando alla testa del palo l'estremità del braccio più piccolo, si può procedere all'estrazione di un palo (figura 189).

§ 7.

IL RIFIUTO DEI PALI (APPARENTE, RELATIVO ED ASSOLUTO).

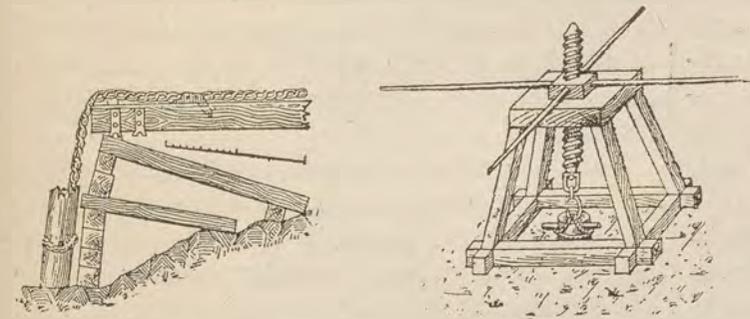


Fig. 189.

o perchè sia stato affondato provvisoriamente per servire alla costruzione. Questa operazione si può compiere facendo uso dello stesso battipalo a castello,

Nel battere un palo ad ogni 20 colpi di maglio sogliono gli operai riposare per qualche minuto. Ciascun numero costante di colpi di maglio, che separa due riposi, prende il nome di *volata*. La quantità di cui si abbassa un palo sotto l'azione di una volata chiamasi *rifiuto*.

Mai i pali si battono finchè più non si approfondiscono sotto qualsiasi numero di colpi di maglio, ossia, come si suol dire, a *rifiuto nullo* o *assoluto*; è sufficiente per la resistenza che deve opporre il palo, che questo sia affondato fino a un rifiuto determinato, ossia *relativo*.

Esiste un rifiuto relativo piccolo, oltre il quale il palo sotto ulteriori colpi di maglio si spezzerebbe. Questo *rifiuto limite* si valuta con l'eguaglianza dei due lavori, quello del maglio percuoziente e quello resistente del palo che si può esprimere con

$$k Man = SRr$$

dove

- $M$  = peso del maglio,
- $a$  = caduta del maglio.
- $n$  = numero dei colpi di una volata,
- $k$  = coefficiente di riduzione  $< 1$ , perchè non tutto il lavoro del maglio viene utilizzato per effetto dell'urto, sperimentalmente determinato per  $\frac{1}{86}$ ,
- $S$  = superficie della sezione del palo,
- $R$  = resistenza che deve offrire il palo per unità di superficie della sezione,
- $r$  = rifiuto,

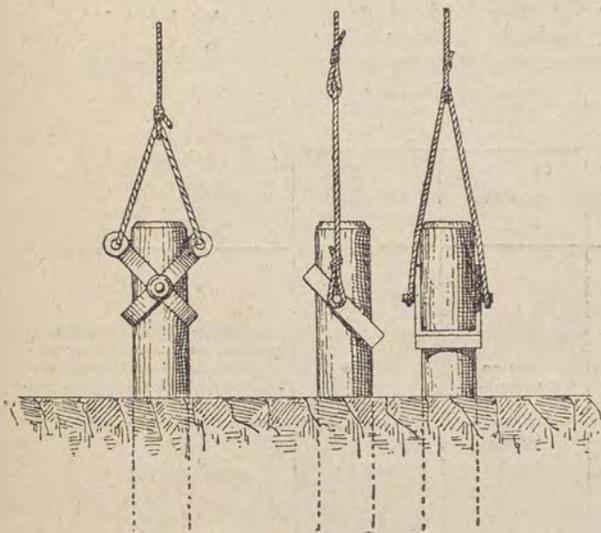


Fig. 190.

Fig. 191.

legando la testa del palo all'estremità di una fune che si fa passare sulla carrucola del battipalo e coll'altra estremità si fissa al cilindro di un verricello o di una burbera col quale si tende fortemente.

dalla quale

$$r = \frac{k \cdot M \cdot a \cdot n}{S R}$$

Così ad esempio se  $M = \text{kg. } 300$ ;  $a = \text{m. } 1,30$ ;  $n = 25$ ;  $S = 3,14 \times 0,15^2 = \text{cmq. } 706$ ; per  $R = \text{kg } 50$  per cmq. si avrebbe per valori del rifiuto

$$r = \frac{300 \times 1,30 \times 25}{86 \times 706 \times 50} = \text{m. } 0, + 0032$$

I pali adunque si battono fino a un rifiuto relativo maggiore del rifiuto limite. Avviene talvolta che il rifiuto conseguito in un palo non è dovuto al suo affondamento nel terreno sodo, ma bensì alla resistenza che oppone il terreno allorchè è troppo costipato per effetto degli altri pali affondati. Si ha allora un *rifiuto apparente*, sul quale non conviene mai fare assegnamento.

Facendo riposare i pali per qualche giorno si può verificare, ribattendoli, se il rifiuto è veramente relativo od apparente; in questo caso l'affondamento continua con un rifiuto maggiore.

Così quando nell'affondare un palo si verifica che da un rifiuto piccolo si passa rapidamente a un rifiuto maggiore, cioè il palo discende più facilmente, è chiaro che questo ha attraversato uno strato re-

sistente ed è penetrato in uno meno resistente ovvero, può darsi, si sia rotto sotto gli sforzi.

In ogni caso dall'affondamento di un palo contiguo è facile dedurre se il primo si sia spezzato o pur no.

La resistenza che oppone un palo bene affondato fino al terreno sodo è sempre qualche cosa di più grande che si possa immaginare. Laonde le fondazioni eseguite con palafitte sono sempre riuscite soddisfacenti e sono adatte a sopportare qualsiasi edificio, purchè si vari opportunamente le dimensioni dei pali e questi siano battuti con un conveniente rifiuto. L'esperienza ha dimostrato che un palo del diam. di m. 0,25 e di 3 a 4 m. di lunghezza, battuto al rifiuto di 4 a 5 mm. per l'effetto di una volata di 30 colpi di un maglio di 300 a 400 kg., cadente dall'altezza di m. 1,30, può sopportare il peso di 25000 kg. (*Poncelet*).

Ciò non ostante questo sistema di fondazione non va mai adoperato quando ai pali dovesse assegnarsi una lunghezza maggiore di 7 m. e ciò perchè coll'aumentare la lunghezza diminuisce la sua resistenza alla flessione specie quando i terreni attraversati sono poco consistenti.

Nella pratica dei lavori di palificazione si usa tener nota di tutte le particolarità che accompagnano l'affondamento di ogni palo. Le note relative si segnano sopra fogli stampati col modulo seguente (*Demanel*):

*Piantamento dei pali di fondazione . . . . . col mezzo di un battipalo . . . . . o con un maglio di . . . . . pesante . . . . . , cadente da una altezza di . . . . .*

Data del piantamento	Numero d'ordine	Diametro medio	Lunghezza	Numero d'ordine delle volate di % colpi di maglio	Affondamento osservato dopo ogni volata	Affondamento totale	Deviazioni misurate alla testa del palo; riferite all'asse		Osservazioni
	del palo						della fila	del rango	
							+ o - secondo che sarà a destra o sinistra dell'asse	+ o - secondo che sarà avanti o indietro	Indicare in questa colonna la profondità in cui si trova il terreno sodo — fenditure — inflessioni — impieghi di pali posticci — ribattiture dopo riposo — svellimenti, ecc.

§ 8.

LE FONDAZIONI SOPRA TERRENI COMPRESSIBILI.

Allorchè il terreno solido sul quale si possa poggiare con sicurezza le fondamenta, non si trova affatto

ovvero si trova a grande profondità, per cui non torna conveniente di raggiungerlo, si può fondare sugli strati superficiali del terreno, anche se questi siano insufficienti a sostenere l'edificio, correggendo la compressibilità del terreno, ovvero allargando la

base delle fondazioni allo scopo di ripartire sopra una superficie maggiore il peso dell'edificio, diminuendone così la pressione unitaria sulla base.

### § 9.

#### IL COSTIPAMENTO DEI TERRENI COMPRESSIBILI.

Il mezzo più acconcio è quello di battere il terreno con pesanti magli fino a che questo non si riduca consistente al punto da non comprimersi più sotto l'azione di nuovi colpi. Stando al Rondelet basterà percuotere il terreno con un maglio del peso di 50 kg.

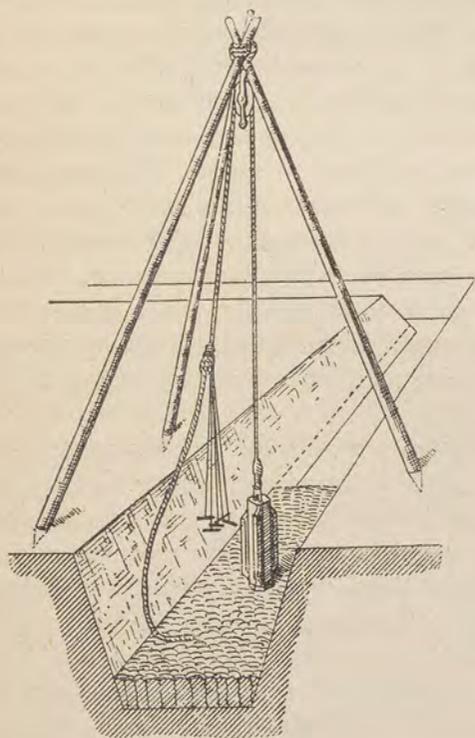


Fig. 192.

per renderlo adatto a sopportare un edificio alto fino 20 m. Molte fabbriche venete del XVI secolo si sono rinvenute fondate sopra una struttura murale a larga base che ravvisava segni non equivoci di compressione artificiale, senza avere subito alterazioni qualsiasi. Non tutti i terreni però si prestano per essere compressi, poichè se ne hanno di quelli che non oltrepassano un certo grado di costipamento; alcuni di questi terreni si giunge a renderli sufficientemente compatti cacciandovi dentro dei corpi estranei, ad esempio pietre disposte con la massima dimensione nel senso verticale, battendole col *mazzapicchio* (fi-

gure 192, 193) e continuandone l'operazione finchè non si sia raggiunta la resistenza desiderata.

Siraggiunge facilmente quella compressione, che si desidera in un terreno, mediante l'infissione di pali disposti con una certa regolarità per modo da costituire una così detta *palificata di costipazione* a differenza dell'altra trattata a § 4, che più propriamente si può chiamare *palificata di sostegno*.

Il procedimento di tale fondazione consiste nel battere i pali, lunghi 3 a 5 m., secondo filari a distanza di m. 1 a 2, fino a fior di terra e nel conficcare altri pali tra quelli regolarmente disposti fino a che il terreno si è totalmente compresso da presentare un rifiuto che si può ritenere sufficiente, se è corrispondente a mm. 3 per ogni volata di 20 colpi di maglio di 500 kg., con una caduta di m. 1,50.

Il costipamento con palafitte torna convenientissimo nei terreni attraversati dalle acque, perchè allora i pali si conservano per lungo tempo. Tal genere di fondazione però è molto costoso e può essere efficacemente sostituito dal sistema di fondazione con buche riempite di sabbia, il quale consiste nel praticare dei buchi nel

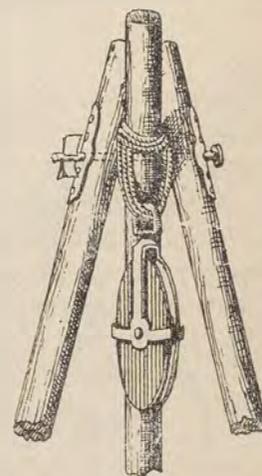


Fig. 193.

terreno per mezzo di un palo lungo m. 1 a 1,80, e grosso m. 0,18 a 0,25 che si conficca a colpi di maglio, nell'estrarre il palo e nel riempire i fori mediante sabbia fina e secca, se trattasi di terreni asciutti, ovvero con malta idraulica o con calcestruzzo nei terreni acquitrinosi. Di questi pali di sabbia, di malta o di calcestruzzo se ne praticano tanti quanti sono necessari per rendere sufficientemente compatto il terreno sul quale si vuole fondare.

### § 10.

#### I SISTEMI DEI GRANDI IMBASAMENTI.

I grandi imbasamenti hanno lo scopo di ripartire il peso dell'edificio sopra una superficie di terreno maggiore di quella segnata dalla base dei muri di fondazione. Ciò si ottiene interponendo fra il terreno e le stesse fondamenta un'ampia piattaforma, la quale può essere fatta in diverso modo.

Per edifici poco pesanti, che richiedono quindi poco allargamento della base delle fondazioni, si può adottare il sistema di costruire la struttura murale a riseghe (fig. 194), avendo cura, se si eseguisce in

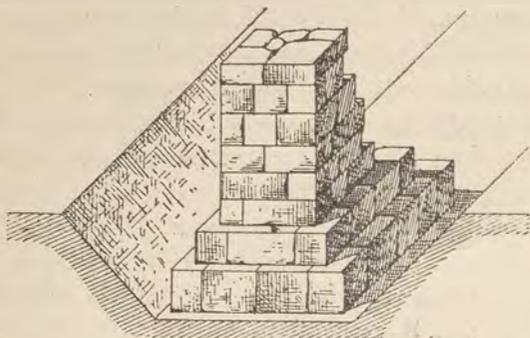


Fig. 194.

pietra da taglio, che la sporgenza delle pietre sia inferiore alla presa che queste fanno nella massa murale soprastante.

Si aumenta notevolmente la base delle fondazioni a pilastri, interponendo fra i pilastri le arcate rovescie, siccome lo indica la fig. 2, Tav. XV. Questo sistema adattato per la prima volta dall'Alberti consiste nel praticare lo scavo lungo la linea del muro fino a una certa profondità, nel costipare il fondo di questo cavo, e nel costruirvi sopra degli archi ro-

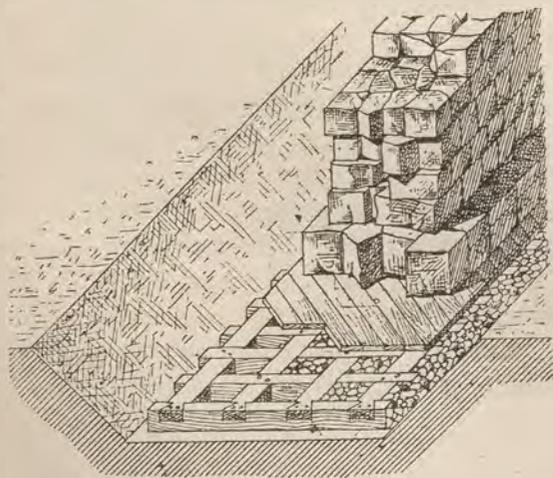


Fig. 195.

vesci, che poggiano col loro dorso sul terreno, e nell'erigere sopra di questi archi dei pilastri, sui quali poi, alla loro volta, poggiano gli archi dritti che servono a dare la continuità al muro di fondazione. In siffatto modo il peso dell'edificio si ripartisce sopra

la superficie abbracciata insieme dai pilastri e dagli archi rovesci.

Meno costoso riesce il sistema di fondare interponendo tra la struttura delle fondazioni ed il terreno un robusto telaio composto di travi longitudinali e trasversali (fig. 195) ben connesse tra loro a mezza grossezza, detto *zatterone*, che si ricopre di robusti tavoloni (grossi m. 0,12), sui quali si erige la struttura murale, dopo di avere riempito lo spazio compreso dalle travi con pietre o con muratura.

Il coperto di tavoloni presenta l'inconveniente di rendere liscia la base di posa della struttura murale onde, se per cedevolezza del terreno lo *zatterone* venisse ad inclinarsi, la struttura murale tenderebbe a scorrere. D'altro lato tale coperto rende più unito e più solido lo *zatterone* il quale, allorchè viene caricato, comprime mano mano il terreno, abbassandosi uniformemente, se le murature vengono costruite con una certa regolarità, e questo abbassamento avrà luogo finchè lo terreno non si sia ridotto compatto. A questo scopo i costruttori preferiscono preventivamente caricare lo *zatterone* di una quantità di materiali equivalenti al peso che questo deve sopportare e di mantenerli, finchè non sia cessato ogni cedimento, dopo di che, tolti i materiali, si comincia la costruzione.

In ogni caso per stabilire la superficie da assegnare all'imbasamento della fondazione occorre conoscere il peso dell'edificio, e la resistenza che può opporre il terreno, cioè la sua pressione unitaria limite, perchè allora dividendo per questo valore il peso dell'edificio, si ottiene la superficie della base delle fondazioni.

Praticamente si suole determinare la pressione unitaria che può sopportare un terreno compressibile, adagiandovi una tavola che si carica di pesi fino a che non si verifichi un primo cedimento e dividendo quindi detto carico per la superficie della tavola.

## § 11.

### LE FONDAZIONI CON PLATEE.

Le fondazioni con platee di calcestruzzo o di muratura hanno lo scopo di ammortizzare sopra una più larga superficie di terreno compressibile gli sforzi provenienti dal peso dell'edificio. Con l'uso delle platee l'abbassamento del sottostante terreno si riduce omogeneo ed impercettibile. Il calcestruzzo e le murature

allorchè si sono lapidificate, se hanno un sufficiente spessore, formano una piattaforma di un solo pezzo, capace di distribuire più uniformemente di quel che non facciano gli zatteroni di legname, il carico loro trasmesso dalla costruzione soprastante.

L'Alberti nella sua opera « *De re aedificatoria* » indica un mezzo con cui, servendosi della platea generale, si possono grandemente diminuire gli effetti della pressione nei punti di appoggio isolati. Anche il Rondelet nel suo « *Traité de l'art de bâtir* » la suggerisce per gli terreni non fermi e lo stesso pratica il Cavalieri di S. Bertolo, « *Istituzioni di architettura statica* », dicendola preferibile agli zatteroni di legname soggetti ad alterarsi, perchè il materiale tende a guastarsi coll'invecchiare.

Il Breymann suggerisce lo spessore di m. 0,75 a 1 da assegnarsi alle platee di calcestruzzo, preferibile sempre a quella di muratura anche per il suo minor costo; il Lenti ne fissa i limiti rispettivamente a m. 0,40 e 2 m.; in realtà lo spessore delle platee generali dipende principalmente dal peso che esse devono sopportare e dalla qualità del sottosuolo sul quale deve poggiarsi; difficilmente lo spessore può essere assegnato dietro un determinato processo di calcolo; in pratica viene fissato dietro induzioni ed apprezzamenti affidati al senso pratico del costruttore. Non si hanno esempi, però, in cui si è assegnato uno spessore maggiore ai m. 2,50 ed i forti spessori corrispondono sempre ad edifici di grandissimo peso e di molta altezza.

Nella pratica le platee si eseguono colando il calcestruzzo entro cavi sufficientemente profondi e resi colla loro base orizzontale, avendo cura di limitarlo lungo il suo perimetro con apposita incassatura di tavole. Alla sua volta una fondazione eseguita per platea generale, sopra un banco cedevole, esige, perchè uniforme riesca la compressione del terreno, che il peso della fabbrica soprastante risulti durante la costruzione e ad opera finita più che sia possibile uniformemente distribuito. Ed in generale per la stabilità di una platea generale si esige che questa sia costituita in maniera tale da assumere i caratteri di un monolite, che non si possa schiacciare in alcun punto e che la pressione da essa trasmessa al terreno non superi in ogni punto la resistenza intrinseca del terreno in base alla quale si valuta la sua estensione.

La sabbia si presta da sola per la formazione di platee molto più economiche di quelle di calcestruzzo e di muratura. La proprietà che ha la sabbia di ar-

chivoltarsi sopra un vano in essa praticato, allorchè umida viene compressa, e l'incompressibilità che presentano le particelle che la costituiscono, la rendono adatta per la formazione di platee generali. Ed invero se il terreno cede alla pressione in qualche punto la sabbia o si archivolta ed in questo caso rimanda la pressione che dovrebbe rimettere alla parte di terreno ceduto a quella resistente, ovvero cede anch'essa adattandosi al nuovo profilo di equilibrio del terreno, trasmettendo al medesimo una pressione tanto più

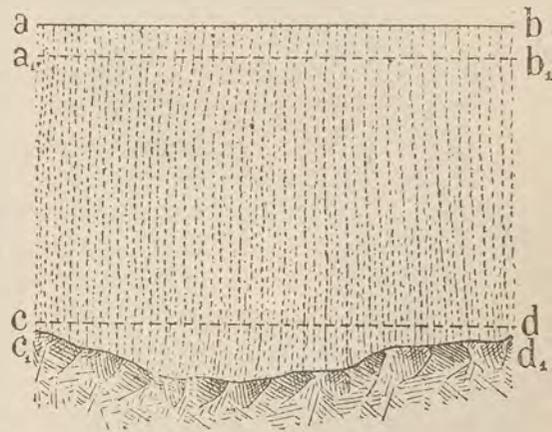


Fig. 196.

uniforme, quanto più alto è lo spessore della platea, senza che per la sua mobilità la base  $ab$  del sovrastruttura edificio (fig. 196) venga ad allontanarsi dalla sua posizione di equilibrio. Questa base  $ab$  per la deformazione del letto  $cd$  nell'altro  $c_1d_1$  si abbasserà uniformemente in  $a_1b_1$  per lo che importa soprattutto che la pressione laterale della platea non deprima le pareti che la contengono. Si evita questo inconveniente, sensibile nei terreni molto cedevoli, allargando la superficie della platea tanto quanto meno resistente è il terreno; in siffatte condizioni con le platee di sabbia si attenuano gli effetti della ineguale compressibilità del terreno, come farebbero gli altri sistemi di platee.

I diversi sistemi di fondazione sopra terreni compressibili non vanno quasi mai disgiunti da opere ausiliarie, specialmente quando il terreno è molto cedevole. Così se trattasi di fondare in questi terreni per mezzo di archi rovesci, con zatteroni o con platee, è buona regola costipare preventivamente il terreno con i mazzapicchi, ovvero conficcando palafitte di legno o di calcestruzzo, ovvero sassi, stabilendovi in ogni caso sopra una platea di sabbia bene battuta, pria di collocare lo zatterone, di costruire gli archi rovesci o la platea di muratura.

## § 12.

## LE PARATIE DI CINTA.

Di speciali costruzioni di legname si fa uso nei terreni molto cedevoli per evitare le espansioni orizzontali provocate dalle platee per effetto del carico

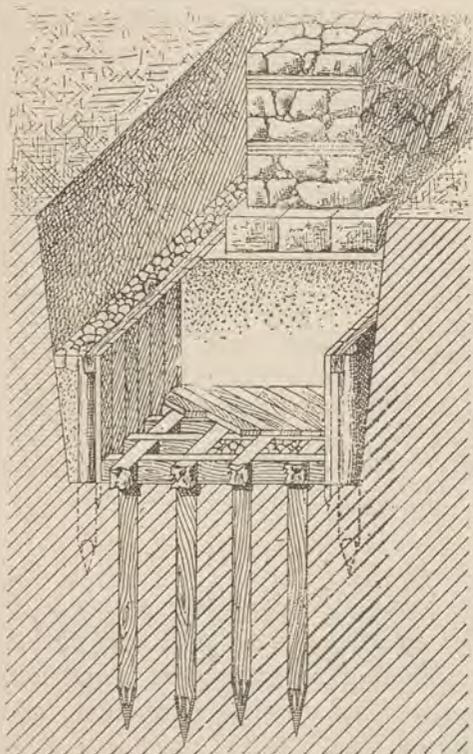


Fig. 197.

soprastante, che potrebbe avere luogo specialmente all'atto della loro costruzione.

Le paratie di legname costituiscono le costruzioni preventive nei terreni cedevoli o fluidi, e consistono nel piantare dei pali sul fondo dei cavi, lungo il perimetro dello spazio destinato alle fondazioni, alla

distanza di m. 1,5 a 2 e nel collegare le teste dei pali con una trave longitudinale (*filagna*), contro la quale poggiano e si inchiodano delle *palanche* di tavole, spesse m. 0,10 circa, collocate di costa ed a

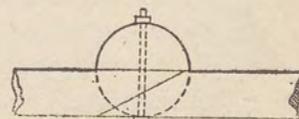
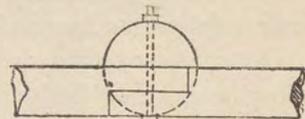


Fig. 198.

contatto, bene conficcate nel terreno per mezzo del battipalo (fig. 197).

Nelle paratie di cinta l'unione di due filagne si fa capitare sopra un palo ed il loro congiungimento ha luogo siccome è indicato nella fig. 198. Nella figura 199 si ha infine la disposizione che si adotta per le filagne nei pali d'angolo; in questa disposizione

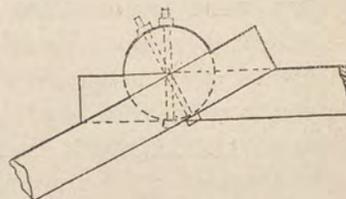


Fig. 199.

una coppia di filagne sta a un livello più basso dell'altro, se non si vuole praticare il loro congiungimento a metà grossezza.

Non di rado le palanche si dispongono con la loro testa stretta fra due filagne parallele come si pratica in genere per le ture (fig. 1, Tav. XVII).

## CAPITOLO II.

### LE FONDAZIONI IDRAULICHE

#### § 1.

##### LE GENERALITÀ.

Tutti i processi di fondazione enunciati per i terreni all'asciutto si applicano egualmente per i terreni sommersi od attraversati dalle acque, allorchè con speciali procedimenti si sarà provveduto all'ostacolo dell'acqua, eliminandola temporaneamente da quella parte di terreno sommerso nel quale si devono eseguire le fondazioni, o rimuovendola, facendo uso dei medesimi materiali che costituiscono le fondazioni, come si pratica con le fondazioni di getto di calcestruzzo, le sassaie o mediante appositi cassoni di ferro senza fondo e con fondo, quando gli operai vi devono lavorare dentro protetti da un ambiente di aria compressa.

Come per i terreni all'asciutto, le fondazioni idrauliche si praticano sul terreno sodo, quando questo si trova a piccola profondità dalla superficie del terreno sommerso, ovvero sopra terreno compressibile, non resistente, quando il terreno sodo si trova a grande profondità, per cui non torna conveniente doverlo raggiungere. Si distinguono perciò diverse specie di fondazioni e cioè *fondazioni sopra rocce sommerse*, eseguibili con diversi sistemi a seconda che le fondazioni sono praticate previo l'asciugamento delle acque, ovvero senza l'asciugamento; *fondazioni con palafitte*, se il terreno roccioso, o solido per altra natura, si trova ad una profondità non eccessiva sotto la superficie naturale del terreno sommerso, ed anche queste procedono diversamente secondo che vengono o no esaurite le acque che le coprono; *fonda-*

*zioni sopra terreni non resistenti o compressibili*, consistenti in palificate di costipamento, platee e zatteroni, la costruzione delle quali procede egualmente in modo diverso secondo che si pratica o no l'asciugamento delle acque.

Gli argini necessari per circondare e ridurre a secco quel dato spazio di terreno destinato a contenere le fondazioni e che hanno lo scopo di intercettare per quanto è possibile la via all'acqua che dall'esterno tende a penetrare nel recinto, si chiamano *ture*. Secondo che queste costruzioni tendono a precludere all'acqua le vie dai lati o dal fondo, le ture prendono il nome di *ture di cinta* e *ture fondali*.

Costruite le ture si può procedere al prosciugamento del terreno e fondarvi con i sistemi ordinari delle fondazioni sopra terreni all'asciutto.

#### § 2.

##### LE TURE DI CINTA.

Le ture di cinta si impiegano quando l'altezza dell'acqua non è superiore a 3 m. e quando il terreno sommerso è tale da non permettere l'infiltramento dell'acqua; nel caso contrario l'effetto delle ture riesce effimero. La loro disposizione dipende dalla forma e dalle estensioni delle fondazioni che devono costruirsi, seguendo quelle il medesimo andamento di queste, dalle quali si mantengono poco distanti, perchè minimo riesca il loro sviluppo, che conviene limitare al puro indispensabile per contenere lo spazio abbracciato dalle fondazioni.

A seconda della spinta alla quale devono resi-

stere, epperò secondo l'altezza dell'acqua, le ture di cinta si possono costruire in maniera diversa.

Per altezza di acqua che non supera 1 m. basta costruire le ture con terra posata sul fondo, per modo da individuare un rialzo (argine) avente le

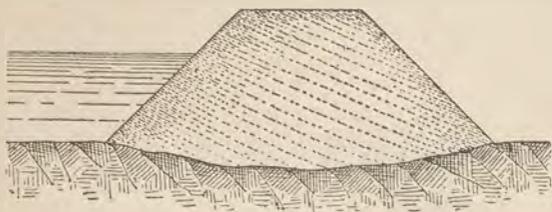


Fig. 200.

scarpe con la pendenza di 45' (fig. 200), se le acque sono stagne; se sono mobili, invece, converrà dare alle scarpe del rialzo una base eguale a  $1\frac{1}{2}$  volte l'altezza, cioè con le scarpe pendenti a 35° circa dalla parte esterna del rialzo. La loro altezza dipende an-

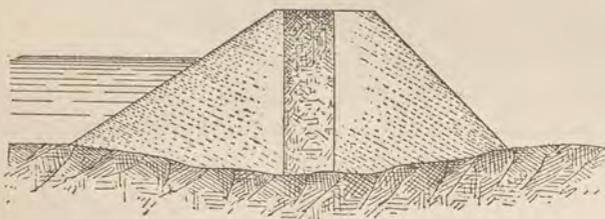


Fig. 201.

che del variare del livello dell'acqua, in quanto che le ture devono corrispondere al loro scopo anche durante le piene; la loro larghezza in testa si suol mantenere eguale all'altezza dell'acqua.

Le terre migliori per costruire ture di terra sono quelle argillose, perchè queste lasciano passare minor

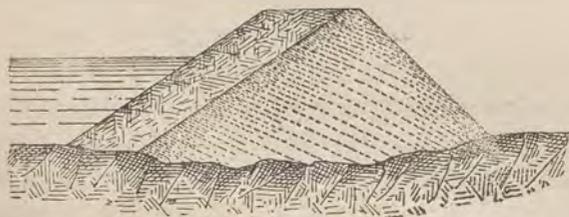


Fig. 202.

quantità di acqua attraverso la loro massa, specialmente sono costipate e battute.

Qualora non si dispone di terra argillosa, che in piccola quantità, questa si limiterà a un nucleo centrale avente almeno lo spessore  $\frac{1}{3}$  dell'altezza dell'acqua (fig. 201,) ovvero ad un nucleo dello stesso spessore situato tutto all'esterno della tura, come è

indicato dalla fig. 202, mentre per il resto si impiega terra ordinaria.

Per altezze di acqua corrispondenti a m. 1,50 si costruiscono convenientemente le ture, poggiando il rialzo di terra da una parte ad una parete di tavole, la quale può essere disposta lungo la faccia interna (fig. 8, Tav. XVIII) ovvero lungo la faccia esterna della tura.

Quest'ultima disposizione si adotta di preferenza se le acque sono correnti, potendo queste guastare, battendovi contro, la scarpa del rialzo.

Per altezze di acqua che superano i m. 1,50 conviene costruire le ture con un rialzo di terra rinchiuso fra due pareti di tavole (fig. 6, Tav. XVII) assegnandole una larghezza eguale all'altezza dell'acqua, se questa non supera i tre metri; per altezze superiori d'acqua si fa la grossezza

$$H = 3 + 0,32 (h-3)$$

dove  $h$  = altezza di acqua. Quando la grossezza della tura così calcolata risulta molto grande per  $h$  grande si può tenere meno grossa, purchè si puntelli convenientemente dalla parte interna con saettoni inclinati (fig. 3, Tav. XIX), ovvero si può far decrescere lo spessore costruendola per gradini come in fig. 2, Tavola XIX. Con questa disposizione dopo di avere riempito di terra il gradino più alto si pratica l'esaurimento delle acque fino al livello del gradino seguente; riempiendo tosto di terra il secondo gradino, si prosegue il prosciugamento fino al terzo gradino e così di seguito fino all'esaurimento totale delle acque.

La costruzione delle paratie di legno è varia. I pali opportunamente preparati si affondano per m. 1,50 circa nel terreno alla distanza di m. 1,5 a 2 l'uno dall'altro, dopo di che si collegano tra di loro mediante filagne (fig. 1, Tav. XVII). Anche le due file di pali si consolidano mediante fasce trasversali di legno o di ferro (fig. 2, 3, Tav. XIX e fig. 6, Tav. XVII) disposte al di sopra del rialzo per evitare una maggiore infiltrazione delle acque. Le pareti sono costituite di palanche come nelle paratie in genere; la loro disposizione può essere anche quella della fig. 4, Tav. XVII, dove le tavole orizzontali situate a contatto sono inchiodate ai pali nelle maniere indicate dalla fig. 5, 6, Tav. XVIII e si rinforzano con palanche trasversali.

Però, se si vuole che pure l'assito di tavole corra alla impenetrabilità dell'acqua, conviene comperlo con doppio strato di palanche situate di costa ed in maniera che quella di una fila corrispondano

con le giunture dell'altra e se questa disposizione si ritiene insufficiente anzichè disporle semplicemente di costa, si possono connettere con scanalatura a linguetta

in questo caso, fissa le teste delle due coppie di filagne così preparate, attraversando un foro di cui sono muniti i bracci orizzontali delle staffe di ferro.

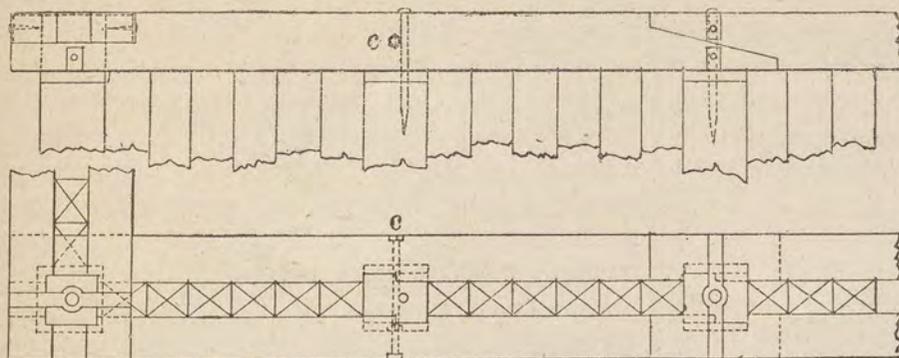


Fig. 203.

fig. 3, Tav. XVIII), ovvero con scanalatura a grano d'orzo (fig. 2, Tav. XVIII).

Diamo finalmente nella fig. 203 la maniera di preparare le coppie di filagne destinate a contenere l'assito di palanche disposte verticalmente, allorquando debbono fissarsi ai pali interamente sommersi, come può capitare appunto quando si hanno da costruire le ture a gradini e quando si vogliono stabilire le paratie sul fondo destinate a ricevere una platea di calcestruzzo.

Le due filagne sono collegate fra loro ed al palo coll'intermezzo di un tacco di legno avente l'altezza eguale a quella delle filagne, la lunghezza eguale al diametro del palo e la grossezza corrispondente allo spessore delle palanche. Questo tacco si connette alle filagne con incastro di un dente a base parallelepipedica inversamente inclinata su ogni faccia (fig. 204) e dello spessore di m. 0,03. Il collegamento del tacco col palo è fatto mediante un grosso chiodo barbato che l'attraversa; il collegamento delle

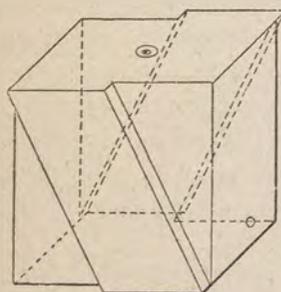


Fig. 204.

filagne col tacco è rafforzato da una chivavarda orizzontale *c* (fig. 203); l'unione di due coppie di filagne si fa capitare sul tacco tagliando le filagne a unghiatura ed egualmente il tacco che resta diviso in due pezzi, uno dei quali serve a collegare la coppia di filagne superiore e l'altro quella inferiore (fig. 205); in questo caso il collegamento delle due filagne col mezzo tacco viene rinforzato da una staffa di ferro inchiodata nei bracci verticali che sono muniti di occhi; il chiodo barbato,

composti cioè di pali conficcati a contatto l'uno con l'altro, e ture miste di tela e di legno, consistenti nel sostituire all'assito di tavole ed al rialzo di terra una tela forte di canape,

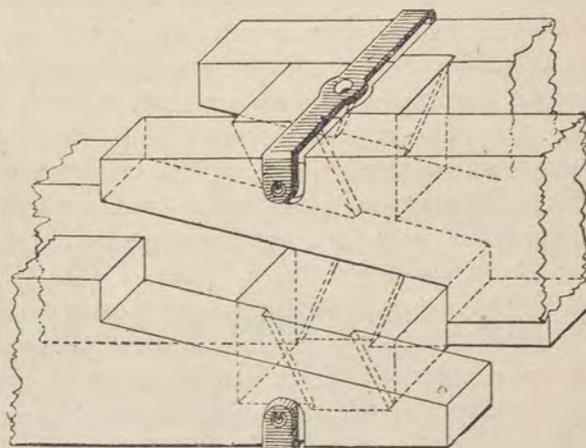


Fig. 205.

bene tesa, connessa col fondo mediante zavorra situata sopra un lembo ripiegato della medesima (fig. 3, Tav. XVII).

### § 3.

#### LE TURE DI FONDO.

Le ture fondali hanno lo scopo di precludere la via alle acque attraverso il fondo del recinto che si vuole prosciugare.

Allorchè l'acqua penetra per tutta l'estensione del terreno si costruiscono le ture generali con argille e tavole ovvero con calcestruzzo. Una tura di argilla si eseguisce ricoprendo il fondo bene conguagliato di uno strato di argilla dello spessor di

30 a 40 cm. che si comprime con una mazzaranga e adagiando su di questo strato di argilla un tavolato bene unito, che si carica di pietre per tenerlo aderente allo strato.

La tura di calcestruzzo si eseguisce colando il calcestruzzo su tutta l'estensione del fondo, al quale si assegna uno spessore sufficiente per fare equilibrio alla pressione dell'acqua sorgente dal basso verso l'alto, che si può considerare proporzionale all'altezza dello strato

acquoso epperò valutabile con  $s = a \frac{p}{p_1}$  ove  $p$  e  $p_1$

siano rispettivamente il peso specifico dell'acqua e del calcestruzzo.

Perchè il calcestruzzo non si lavi nel deporlo sul fondo sommerso si sono immaginati per colarlo congegni diversi che si impiegano a tenore della profondità delle acque e della estensione della platea. Il più semplice di questi arnesi è costituito da una cucchiara di ferro (fig. 4, Tav. XVIII), collegata a cerniera all'estremo inferiore di un'asta e che per il proprio peso, allorchè è sciolta la fune che la sostiene, si vuota facendola rovesciare a piccola distanza dal fondo. A tal'uopo si possono impiegare dei recipienti di legno a fondo mobile, che pieni di calcestruzzo si abbassano e quindi si alzano vuoti a mezzo di argani a verricelli e che si fanno vuotare a piccola distanza dal fondo di posamento (fig. 5, 7, Tav. XVIII); se la platea è molto estesa conviene colare il calcestruzzo servendosi di tramogge di legno o di ferro, le quali si fanno pescare nell'acqua, verticalmente o quasi, finchè la loro estremità inferiore sia posta a piccola distanza dal fondo. Riempiendo questa tramoggia di calcestruzzo (fig. 2, Tav. XVII) basterà spostarla di poco nel senso verticale ed orizzontale, perchè il calcestruzzo si depositi nel fondo lentamente senza diluirsi. Il sollevamento di questi condotti si fa per mezzo di argani, lo spostamento orizzontale mediante carrello sul quale può essere montata la tramoggia scorrevole su apposita armatura (fig. 8, Tav. XVIII). Quanto agli altri congegni che si impiegano per deporre convenientemente il calcestruzzo sott'acqua, ciriferiamo a quanto più estesamente sarà detto sulle norme generali che regolano la posa in opera di questo materiale, trattando l'argomento della fabbricazione del calcestruzzo.

Si sono costruite ture generali servendosi di una tela incatramata distesa sul fondo e sulla quale si cosparge uno strato di calcestruzzo o di semplice malta idraulica.

Alle ture di fondo generalmente costose, non si ricorre che nei casi speciali in cui le sorgenti sono numerose e copiose; ma quando le sorgenti sono piuttosto rare, allora torna conveniente isolarle mediante ture parziali consistenti in tubi di ferro o di legno nei quali l'acqua può elevarsi fino al livello esterno. A questo scopo i tubi terminano inferiormente ad imbuto, per meglio comprendere i getti della corrente e perchè possano tenersi aderenti con pietre o terra versate a forma di corona sulle pareti esterne dell'imbuto rovescio. Se gli imbuto capitano nello spazio occupato dalle murature non toglie che queste si possano eseguire egualmente all'intorno, salvo infine a riempire i tubi con calcestruzzo o con malta idraulica servendosi di un apposito pestello per battere questo materiale.

#### § 4.

#### L'ESAURIMENTO DELLE ACQUE.

Costruite le ture intorno al terreno che si vuole rendere asciutto, si procede all'esaurimento delle acque stagnanti. Questa operazione si compie con macchine e con congegni diversi. Si le une che gli altri hanno lo scopo di sollevare le acque ad un livello superiore a quello che ha nello spazio in cui essa è rinchiusa e nel deviarla per mezzo di canali per versarsi altrove, lungi dal sito in cui si devono praticare le strutture murali.

Il sollevamento delle acque si può fare in tre modi, cioè: attingendo l'acqua per portarla all'altezza che si desidera, premendola sufficientemente ovvero imprimendogli una conveniente velocità; epperò le macchine che si adoperano a tale scopo si possono dividere in *macchine che innalzano l'acqua, macchine a pressione e macchine centrifughe.*

#### § 5.

#### LE MACCHINE A SOLLEVAMENTO.

Se ne hanno di quelle a *slancio d'acqua*, di quelle a *recipienti* e di quelle a *condotti mobili*.

Di quelle a slancio d'acqua nelle costruzioni sono più in uso la *pala a mano* consistente in un cucchiaio di lamiera di ferro della capacità di 3 a 4 litri, unito ad un manico di legno di 1. m. di lunghezza, con la quale l'acqua attinta è slanciata a distanza nel modo identico con cui viene paleggiata la

terra nelle fondazioni. Tale pala a mano può anche manovrarsi coll'aiuto di una fune che la sostenga a bilico (fig. 206) ed in tal caso può avere forme e di-

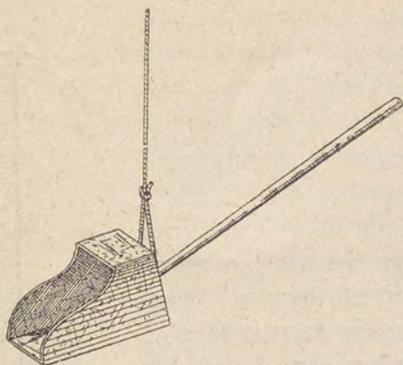


Fig. 206.

mensioni diverse. Con la pala che funziona sia a mano che ad altalena si può effettuare uno slancio d'acqua fino ad una altezza di m. 1,80.

Fra le macchine a slancio d'acqua se ne hanno di forma rotativa, costituite di ruote a palette inclinate, così dette a *schiaffo*. Nella fig. 207 diamo il disegno schematico di una di queste ruote, dal quale se ne comprende facilmente il funzionamento. La *prevalenza*, ossia lo slancio che si può conseguire con queste ruote, può ascendere fino a 4 metri di altezza.

Le macchine che innalzano l'acqua per mezzo di recipienti hanno l'inconveniente che una parte del

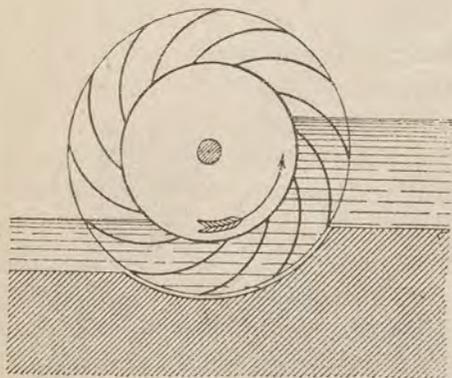


Fig. 207.

lavoro impiegato si spende per il sollevamento dei recipienti e quindi non tutto il lavoro motore va utilizzato. Tuttavia questa macchine sono quelle più in uso ove non si vogliono sostenere gravi spese di impianto.

Fra queste macchine si comprendono il *secchio a mano di tela, di legno, o di lamiera metallica* ed

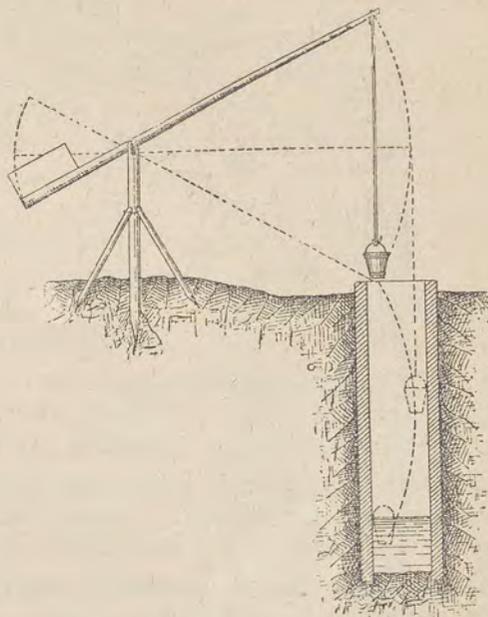


Fig. 208. — il secchio ad altalena.

il *secchio ad altalena* (fig. 208) dove, anziché maneggiato a mano, il secchio è appeso all'estremità

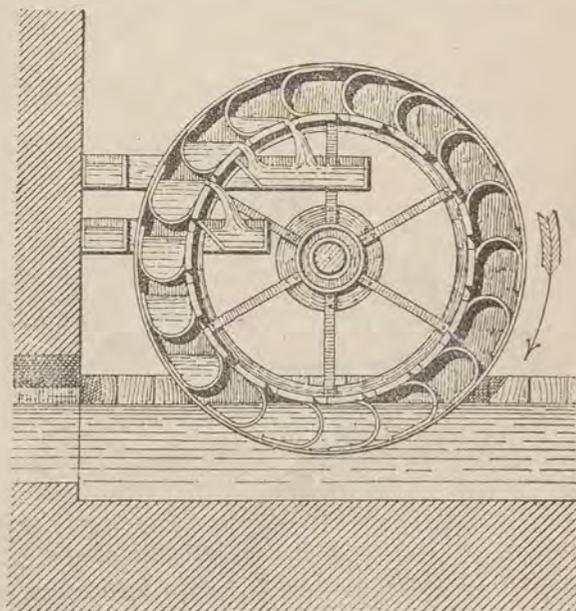


Fig. 209. — La ruota a cassette.

di una leva per mezzo di una fune o di una catena. La leva è costituita di un'asta di legno, che all'estremità opposta porta un contrappeso per fare equi-

librio al recipiente pieno. Con questo mezzo si può innalzare l'acqua fino a 5 m. di altezza.

Due secchie possono essere manovrate per mezzo

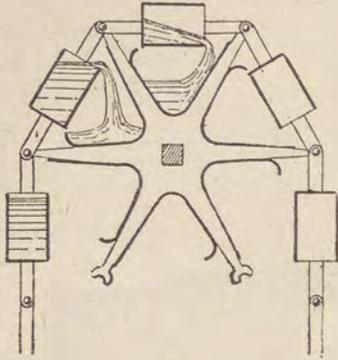


Fig. 210. — La noria a secchie.

di una fune che si avvolge ad una burbera per modo che mentre un secchio sale l'altro discende; con questo sistema di manovra si possono raggiungere grandi profondità.

Più secchie si possono manovrare contemporaneamente per mezzo di ruote, fissandole alla periferia. Questo però è un procedimento molto primitivo che fu tosto sostituito dalle ruote dette a *cassette* (fig. 209) e dalle *norie a secchie* (fig. 210) costituite da una catena senza fine alla quale sono unite le secchie, questa catena si avvolge ad un tamburo superiore motore e ad un tamburo inferiore che ne regola il movimento. In questi meccanismi a ruote le cas-

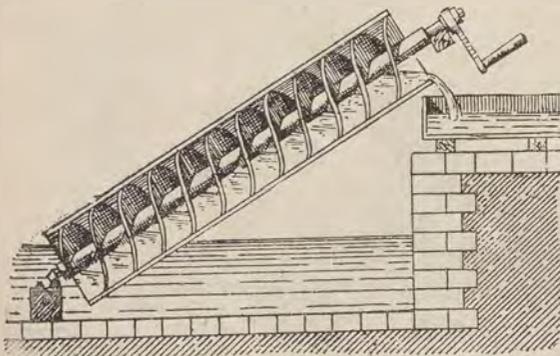


Fig. 211.

sette e le secchie si rovesciano all'atto in cui attraversano il punto culminante della loro corsa.

Quasi tutte le macchine a *condotta mobile* sono costituite e funzionano in maniera simile alla vite di Archimede. Nelle fig. 211 è dato il disegno di uno di questi meccanismi, il quale consta di un albero inclinato provvisto di un'ala a forma di elicoide con-

tenuto in un truogolo cilindrico che forma corpo con l'ala e con l'albero. Queste macchine però sono poco applicate nella pratica delle costruzioni anche perchè occupano molto spazio.

## § 6.

### LE MACCHINE A PRESSIONE.

Sono quelle in cui l'acqua si eleva perchè viene premuta meccanicamente ovvero facendovi esercitare la pressione atmosferica per mezzo di uno stantuffo, dotato di movimento rettilineo o di uno stantuffo dotato di movimento rotativo, ovvero per mezzo di un corpo gasoso o di una colonna liquida. Si hanno perciò in corrispondenza *pompe a stantuffo con moto alternativo*, *pompe rotative*, *pulsometri* e *sifoni*.

Le *pompe a stantuffo* consistono di un cilindro, detto *corpo* della pompa, entro il quale scorre uno stantuffo a tenuta d'aria con movimento alternativo, di un *tubo di presa* o *aspirante* mediante il quale l'acqua si eleva fino al corpo di pompa, del *tubo di ascensione* col quale l'acqua è condotta fuori dal corpo di pompa, dopo essere stata premuta o aspirata dallo stantuffo e di due *valvole* che chiudono rispettivamente il tubo di ascensione e quello aspirante. Secondo che lo stantuffo preme il liquido con una o con entrambe le sue faccie, le pompe a stantuffo si distinguono in *pompe a semplice* e *a doppio effetto*.

Nelle figure 212, 213, 214 diamo i disegni schematici delle pompe a semplice, effetto, *semplicemente aspirante* la prima,

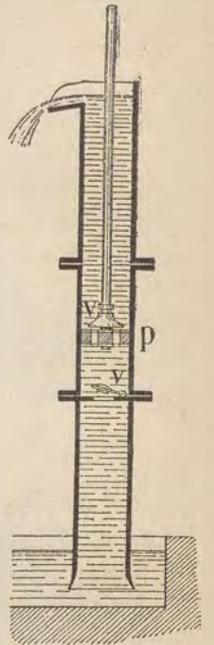


Fig. 212.

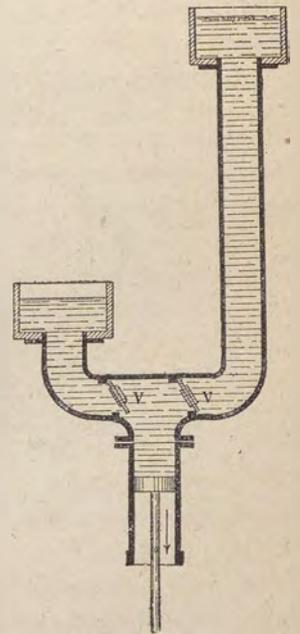


Fig. 213.

solamente premente la seconda ed aspirante e premente la terza.

Le pompe aspiranti sono sempre ad asse verticale e constano del corpo di pompa  $p$  al quale sono uniti i due tubi aspirante e di ascensione che possono avere lo stesso diametro. Si hanno due valvole una a battente e alla base del corpo di pompa e una  $v_1$  che chiude un foro praticato nello stantuffo. Col movimento di ascensione dello stantuffo l'acqua dal basso è aspirata nel corpo di pompa e quella che sta al di sopra dello stantuffo è sollevata dal medesimo.

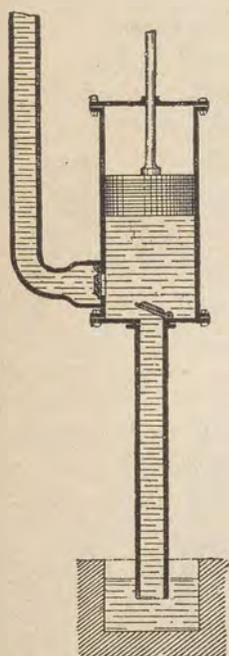


Fig. 214.

Nelle pompe prementi si ha il corpo di pompa immerso nell'acqua, la quale può penetrare da sé nel corpo di pompa. Lo stantuffo non è forato ed il movimento di ascensione dell'acqua si ottiene coll'interposizione di due valvole  $v$  e  $v_1$  a battente, che si aprono nel senso indicato dalla figura.

Nelle pompe aspiranti e prementi il corpo di pompa che possiede uno stantuffo non forato, agente perciò a semplice effetto, è situato tra il tubo aspirante e quello di discesa, chiusi entrambi rispettivamente da una valvola. Il corpo di queste pompe potrebbe essere collocato a m. 10,3 al di sopra del pelo d'acqua, cioè all'altezza della colonna d'acqua che fa equilibrio con la pressione dell'atmosfera, però in pratica si suole tenere più basso, anche perchè la pressione atmosferica non è costante.

La quantità d'acqua sollevata dalle pompe a semplice effetto è uguale al volume generato dallo stantuffo nel suo movimento ed a meno che non si munisca di una camera d'aria il tubo ascendente, il getto di queste pompe a semplice effetto è intermittente. Si può rendere continuo accoppiando due corpi di pompa ad un unico tubo aspirante (fig. 215), disposti in modo che mentre uno stantuffo preme, l'altro aspira.

Si sono però immaginate delle pompe nelle quali lo stantuffo agisce con la pressione in tutte e due le faccie, facendo le veci di due corpi di pompa a semplice effetto. In queste pompe a doppio effetto (fig. 6, Tav. XX) il tubo aspirante si divide in due

bracci per mezzo dei quali comunica con i due estremi del corpo di pompa e da questo si separa mediante due valvole. Similmente è innestato il tubo di ascensione, sicchè si ottiene lo stesso effetto di salita nell'acqua ad ogni movimento di ascensione e di discesa dello stantuffo.

Gli stantuffi nelle pompe a stantuffo sono per lo più a disco di ottone posto in movimento da un'asta cilindrica di ferro, alla quale il disco è fissato per mezzo di un dado a vite  $D$  (fig. 216.) Il disco consta di tre pezzi, tra i quali si interpone una doppia guarnizione di cuoio  $x y$ , perchè lo stantuffo agisca a tenuta d'aria. Gli stantuffi a disco possono essere pieni o traforati; in questo caso il foro

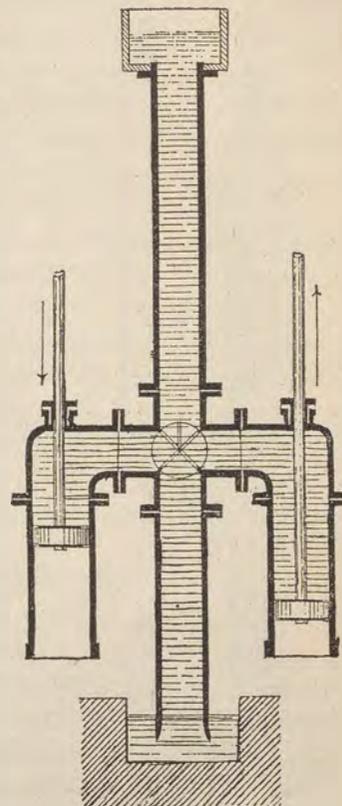


Fig. 215.

è la sede di una valvola. Talvolta lo stantuffo è immergente, cioè costituito da un corpo cilindrico completamente metallico, senza guarnizione di cuoio, che si muove dentro un corpo di pompa nella maniera indicata dalla fig. 217.

Le valvole possono essere a battente, coniche, sferiche e multiple. Quelle a battente sono costituite da una lamiera di cuoio o di caoutchouc che ricopre un disco metallico, girevole intorno una cerniera,

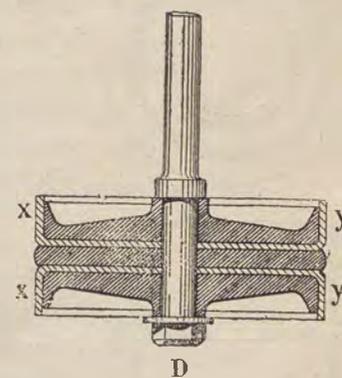


Fig. 216.

(figura 218), ovvero scorrevole verticalmente lungo un'asta di guida (fig. 5, Tav. XX). Le valvole coniche consistono in una rotella per lo più di bronzo (fig. 7, Tav. XVIII).

tornita in forma conica, la quale si adatta perfettamente a una sede pure di bronzo ed è suscettibile di un piccolo movimento rettilineo lungo un'asta di guida.

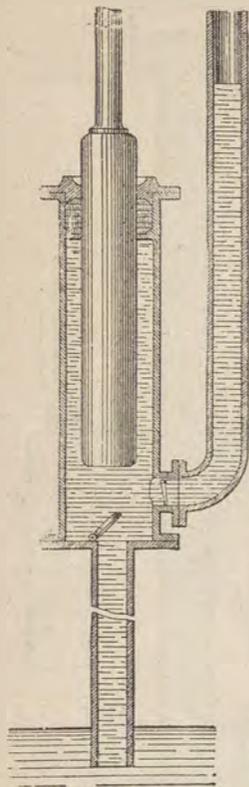


Fig. 217. — Lo stantuffo immergente nelle pompe.

Le valvole sferiche costano di una sfera metallica, la quale si adatta sopra una sede costituita da una calotta sferica di egual diametro. Il movimento della sfera si effettua in una camera che le permette soltanto una piccola corsa. Possono queste valvole accoppiarsi allorchè si vuole raggiungere una grande luce, dando luogo a una valvola multipla, della quale se ne ha la rappresentazione nella fig. 219. Nella fig. 220 invece è dato il disegno di una valvola multipla costituita da più valvole a battente o a cerniera.

La continuità di aspirazione meglio si ottiene con le pompe rotative, le quali però per la loro portata, che supera difficilmente i 50 litri a secondo si applicano più comunemente agli usi domestici. Costano di un corpo di pompa cilindrica *cc* (fig. 2, Tavola XX), il quale contiene fra due fondi una scatola cilindrica *ss* di minore diametro, sprovvista di fondi e suscettibile di un movimento di rotazione intorno al suo asse che si ottiene a mezzo di manovella, ovvero a mezzo di puleggia con fune meccanica. La scatola *ss* possiede quattro intagli attraverso i quali scorrono quattro linguette *l* costantemente a contatto con una delle loro estremità con il contorno di una anima *xy* concentrica all'asse e fissa sul fondo del corpo di pompa, per modo che con l'altro estremo strisciano contro la parete cilindrica del corpo di pompa, la quale in corrispondenza della parte di contorno

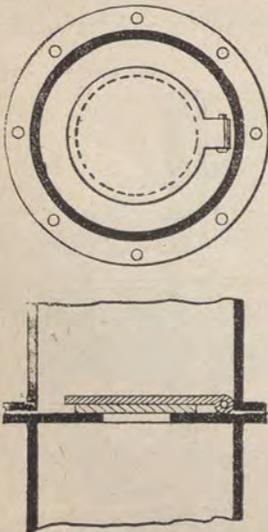


Fig. 218. — La valvola a battente di cuoio.

eccentrico della lamiera *xy* è sostituita da una lamina, *bab*, che serve come tramezzo. Questa lamina possiede due fori, uno comunicante col tubo di aspirazione della pompa, l'altro col tubo di ascensione dell'acqua. Con questa disposizione facendo girare la scatola a palette *ss*, col crescere della sua

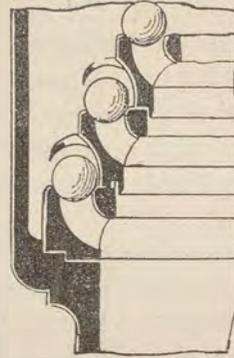


Fig. 219. La valvola sferico multipla.

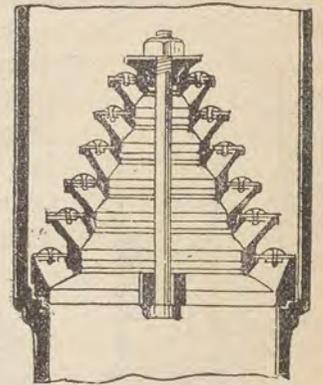


Fig. 220. La valvola a cerniera multipla.

velocità dietro le palette si forma il vuoto, epperò l'acqua viene aspirata attraverso il tubo di presa e compressa dalle palette medesime viene spinta attraverso il tubo di ascensione.

Nella fig. 221 è dato il disegno del corpo di pompa nella pompa rotativa Ramelli che, come il tipo precedente, consta di un corpo di pompa cilindrico e di un organo rotativo costituito di un disco *d* che si muove eccentricamente. Contro la superficie cilindrica di questo disco poggia, costantemente spinta da una molla, una lamiera che separa tra loro i due tubi aspirante e di ascensione. Nel suo movimento il disco lasciando il vuoto appresso di sè, aspira l'acqua da un lato mentre dall'altro la spinge pel tubo di ascensione.

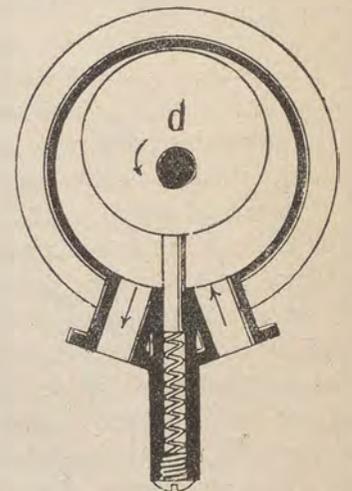


Fig. 221.

Pompe rotative si sono immaginate aventi lo stesso corpo di pompa cilindrico, ma provviste di due o più organi rotativi costituiti da eccentrici di varia forma che si sviluppano esattamente l'uno sull'altro

aspirando e spingendo l'acqua con continuità. Nella fig. 222 sono date alcune forme che possono assumere questi stantuffi doppi girevoli.

Una grande portata e la continuità dell'afflusso si conseguono con gli apparecchi speciali, detti *pulsometri*, dove la pressione sull'acqua si ottiene coll'intermezzo del vapore d'acqua portato ad una tensione corrispondente all'altezza alla quale l'acqua deve essere elevata, mentre il vuoto provocato dal condensarsi del vapore ne determina l'aspirazione. Nei pulsometri si ha un tubo aspirante ed un tubo di ascensione, come nelle pompe, muniti di valvole; il corpo

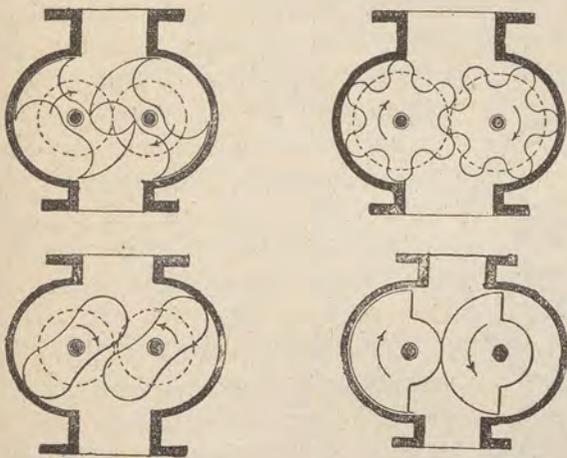


Fig. 222

di pompa soltanto differisce nella forma, essendo costituito di due cavità  $aa_1$  a forma di bottiglia nel pulsometro di Hall (fig. 1, Tav. XX), nelle quali il vapore penetra alternativamente per il condotto  $c$  e coll'intermezzo della valvola sferica  $e$  che si appoggia sull'uno o sull'altro orificio, secondo che praticasi il vuoto prodotto dal vapore in una cavità o nell'altra. Fra le due cavità ne è interposta una terza  $v$  che al pari delle prime è in diretta comunicazione con il tubo di aspirazione  $b$ , mentre un sistema di valvole separa le tre cavità di questo tubo. Nell'ultima di queste cavità non penetra vapore, vi è invece contenuta dell'aria; essa perciò agisce come cassa d'aria. A tergo dei due recipienti  $aa_1$  esiste una cassetta  $k$  comunicante con le cavità  $aa_1$  per mezzo di valvole, da questa cassetta parte il tubo di sollevamento  $h$ . Agendo tutte le valvole automaticamente è facile comprendere il funzionamento dell'apparecchio. Con la posizione della valvola  $e$  rappresentata dalla figura, il vapore d'acqua penetra nella cavità  $a_1$  finchè non vi ha scacciata, attraverso il tubo  $h$ , l'acqua che vi

si trova. Allorchè il vapore ha occupato la cavità  $a_1$  comincia a condensarsi, producendo una serie di piccolescosse bastevoli per far cambiare di sede la valvola sferica, sicchè il vapore passa subito nella cavità  $a$  dove opererà egualmente; anche la valvola ricambiando sede per aumento di pressione che si verifica nella cavità  $a_1$  per effetto dell'inerzia dell'acqua affluente, non obbliga il vapore a ripassare in quest'ultima cavità e così di seguito.

La tensione del vapore che si adopera pel funzionamento dei pulsometri è di 2 a 2,5 atmosfere: poichè una atmosfera all'incirca viene utilizzata per l'aspirazione dell'acqua, i pulsometri sollevano l'acqua al più ad una altezza totale di 30 m., laonde se l'altezza da superare è maggiore, converrà adoperare due o più pulsometri sovrapposti (fig. 3, Tav. XX). Nella fig. 6, Tav. XVII, si ha anche l'impianto di un pulsometro per l'esaurimento delle acque delle fondazioni.

Nei pulsometri fabbricati dallo stabilimento Koerting di Sestri Ponente (fig. 4, Tav. XX) alla valvola sferica superiore è sostituita la valvola a linguetta oscillante  $v$  e le valvole aspiranti e prementi sono riposte in una cassetta posteriore  $C$ , dove giungono anche i tubi aspirante e premente  $A$  e  $P$ . Anche col pulsometro di Koerting si può elevare l'acqua fino a 30 m.; oltre questo limite si sovrappongono diversi pulsometri.

Fra le macchine di esaurimento a pressione va annoverato finalmente il *sifone*, il quale non è propriamente adatto a sollevare l'acqua, bensì a deviarla superando un ostacolo senza attraversarlo. È generalmente costituito da un tubo curvo a bracci disuguali munito di valvole automatiche alle due estremità, il più corto dei quali penetra nel recipiente che si vuole vuotare, l'altro nel canale di scarico. Il suo funzionamento è automatico in virtù della differenza di altezza della colonna liquida nei due rami.

## § 7.

### LE MACCHINE CENTRIFUGHE.

Queste macchine generalmente constano di una ruota a palette girevole in una cassa chiusa attorno un'asse orizzontale; l'acqua penetrando fra le palette viene spinta verso la periferia della cassa, imboccando per il tubo di ascensione che per lo più è raccordato con la periferia. Nella fig. 7, Tav. XX è data la

sezione e la fronte di uno di questi corpi di pompa in cui la ruota a palette riceve un movimento rapido di rotazione per mezzo di una puleggia, sulla quale si avvolge una cinghia messa in moto da una motrice a vapore. Le pareti della cassa in prossimità dell'asse possiedono dei fori della forma di una corona circolare, pei quali penetra l'acqua del tubo di aspirazione biforcuto. Le palette della ruota a contorno di circolo o di spirale in numero di 4, 6 o più (fino a 12) sono sostenute da due corone di lamiera metallica ovvero da un diaframma metallico inter-

tra le palette spinta con forza nel condotto di periferia della cassa è incamminata per il tubo di ascensione, lasciando fra le palette un vuoto che viene colmato da altra acqua aspirata.

Per il buon funzionamento queste pompe non vanno collocate più di 3 m. sopra il pelo d'acqua, ed il numero dei giri della ruota a palette deve essere tanto maggiore quanto maggiore sia la portata della pompa e l'altezza alla quale deve giungere l'acqua. Queste pompe riescono ordinariamente di grande portata (fino a 4 mc. a secondo) e si adottano anche per acque fangose; son perciò quelle che più di tutte vengono impiegate per esaurimento di acque abbondanti provenienti dagli scavi di fondazione. Si fanno agire per lo più mediante locomobili a vapore disponendole nella maniera indicata dalla figura. 1, Tavola XVIII, nella quale la pompa è indipendente dalla motrice. Si hanno però pompe portate dalla stessa locomobile (fig. 223).

Talvolta la ruota a palette è girata attorno un'asse verticale, ovvero è costruita addirittura come le turbine cilindriche o elicoidali; facendo invertire la funzione di queste turbine, facendo girare cioè queste turbine meccanicamente, esse spingono l'acqua che vi perviene nella direzione inversa di quella che avrebbe l'acqua, se questa funzionasse da motrice della turbina. Questi apparecchi si chiama-

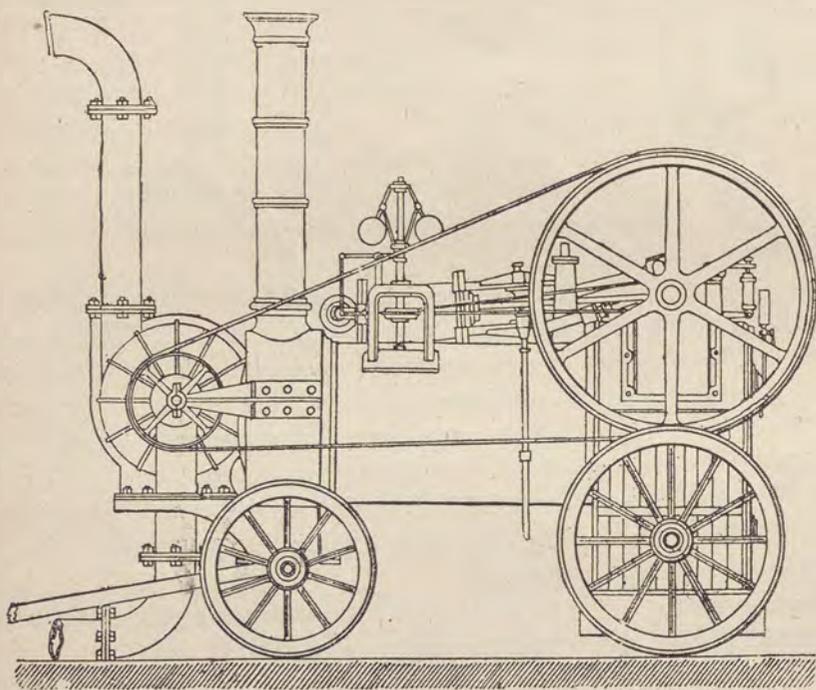


Fig. 223. — La pompa centrifuga portata dalla locomobile.

mano perciò *turbine idrofore*.

medio o laterale, se l'acqua penetra solo da un lato della cassa. Qualora le palette sono sostenute da due dischi metallici, questi presentano aperture analoghe e corrispondenti a quelle di introduzione dell'acqua, posedute dalla cassa, alla quale lungo la periferia è saldato un canale che da un diametro zero va mano mano ingrandendosi fino a raggiungere il diametro del tubo di ascensione col quale questo canale si raccorda.

Per mettere in azione una di queste pompe occorre caricare d'acqua il corpo di pompa e il tubo aspirante appositamente munito in basso di una valvola a battente, servendosi di un tappo a vite situato sul dorso della cassa; una volta adescata la pompa, si mette in movimento l'albero e l'acqua che si trova

## § 8.

### LE FONDAZIONI IDRAULICHE ESEGUITE ALL'ASCIUTTO.

Praticato l'esaurimento delle acque con uno dei meccanismi avanti descritti negli spazi abbracciati dalle ture ovvero negli scavi di fondazione, allorchè in questi si manifestano vene d'acqua, si eseguono le fondazioni secondo i procedimenti ordinari delle fondazioni all'asciutto e cioè si possono praticare *fondazioni sopra rocce naturali, fondazioni per palafitte di sostegno, fondazioni per palificate di costipazione*, a seconda cioè che il terreno solido si

trova immediatamente, a piccola profondità o a grande profondità per cui non torna conveniente, specie trattandosi di terreni sommersi, di eseguire scavi fino al loro rintracciamento. Qualunque sia il sistema di fondazione prescelto si avrà speciale cura di premunire in ogni caso la base delle fondamenta dalla erosione delle acque. Così allorchè si tratti di terreni resistenti situati alla superficie, conviene cingere la base delle fondazioni con una paratia stabile di legname, specialmente quando le acque sono in movimento.

Le paratie sono pure indicate allorchè le fondazioni sono costruite sopra palificate di sostegno; esse preservano dall'erosione la parte superiore dello strato di terreno nel quale i pali sono stati affondati; intanto è buona regola d'arte spingere gli scavi quanto più è possibile per allontanare la base delle fondazioni dalla corrente delle acque.

Analogo procedimento si tiene per fondare sopra palafitte di costipazione; si incassa il terreno non solo per ottenere un migliore assetamento delle fondazioni, ma anche per garantire queste dalle erosioni delle acque. E qualora si giudica insufficiente l'incassamento si cinge la base delle fondazioni con paratie stabili di legname o con una massiciata di calcestruzzo che circondi il piede delle fondazioni in maniera più o meno estesa a seconda del bisogno.

### § 9.

#### FONDAZIONI IDRAULICHE ESEGUITE SENZA PROSCIUGAMENTO DELLE ACQUE.

Le fondazioni possono compiersi su un terreno sommerso senza il preventivo prosciugamento delle acque. Come per le fondazioni all'asciutto si distinguono in fondazioni *sopra terreno resistente* o *sopra rocce* situate a livello della superficie sommersa, in fondazione *sopra strato solido situato a non molta profondità dalla superficie* ed in fondazioni *sopra terreno cattivo*, allorchè lo strato solido non esiste o esiste a notevole profondità.

Le fondazioni sopra rocce o terreni solidi situati al livello della superficie sommersa possono eseguirsi mediante *cassoni senza fondo*, mediante *cassoni con fondo* ovvero mediante *sassaie*. Le fondazioni sopra terreno solido situato a poca profondità della superficie sommersa si eseguono mediante *palificazione di sostegno* o *castelli di legname*.

Le fondazioni sopra terreno cattivo si possono eseguire mediante *zatterone* e *palafitte di costipa-*

*zione* ovvero mediante *platee*. Allorchè però questi terreni non sono suscettibili di costipamento, allora, quando cioè le fondazioni indicate non sono sufficienti per resistere al peso della costruzione che vi si deve erigere, altri sistemi più moderni di fondazione possono seguirsi, mediante i quali si possono raggiungere grandi profondità e pervenire quindi fino al terreno solido. Di questi sistemi quelli più in uso sono i seguenti: *fondazioni di pali a vite*, *fondazioni tubulari ad aria rarefatta o ad aria compressa*, *fondazioni con pozzi* e *fondazioni con cassoni ad aria compressa*.

### § 10.

#### LE FONDAZIONI MEDIANTE CASSONI SENZA FONDO.

Queste fondazioni si adottano per terreni resistenti situati a livello della superficie sommersa. Consistono nell'adattare sul fondo sommerso, ripulito dello strato melmoso superficiale, un cassone di legname avente le pareti alte più dello spessore dell'acqua ed inferiormente tagliate secondo le irregolarità della superficie (fig. 224), che si rilevano preventivamente riferendo la superficie a un piano orizzontale. Riempiendo questo cassone di calcestruzzo, allorchè è stato sommerso, al di sopra vi si elevano le murature appartenenti alla fabbrica che si vuole erigere.

La grandezza e la forma dei cassoni dipendono dalle dimensioni che devono avere le fondazioni per lo più i cassoni si fanno rastremati dal basso

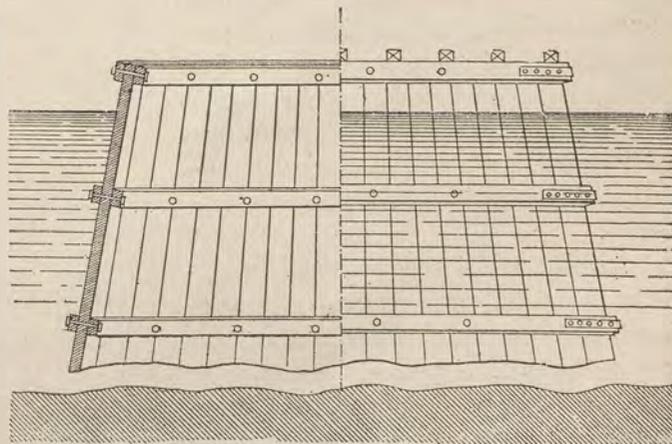


Fig. 224. — Il cassone senza fondo.

verso l'alto, perchè le fondazioni abbiano una base più stabile. La loro costruzione più semplice è quella fatta con palanche riunite a contatto per mezzo di

fascie doppie strette con chiavarde; l'unione agli angoli si può fare mediante connessione delle fascie,

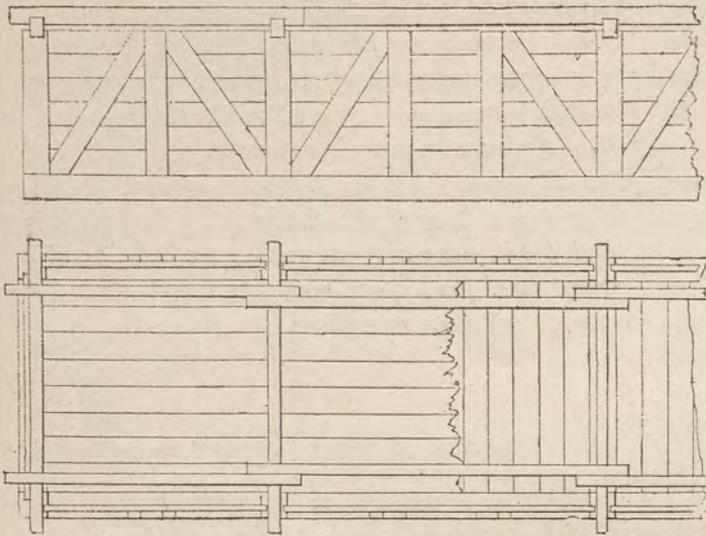


Fig. 225. — Il cassone con fondo.

ovvero mediante ferri d'angolo che uniscono le fascie medesime.

### § 11.

#### LE FONDAZIONI MEDIANTE CASSONI CON FONDO.

Queste fondazioni si adottano per rocce o terreni resistenti, situati alla superficie del terreno sommerso. Esigono che il terreno preventivamente sia spianato con esattezza, levandone lo strato superficiale. I cassoni provvisti di fondo possono essere costruiti di legname ovvero di lamiera di ferro. Si portano galleggianti sul posto dove si affondano caricandoli con le pietre che devono servire per la costruzione delle murature nel loro interno o meglio eseguendo addirittura la costruzione di parte delle murature.

Questi cassoni sono costruiti in maniera che facilmente, allorchè la costruzione della muratura è giunta fuori del pelo dell'acqua, si possono smontare le pareti e toglierle, il fondo del cassone rimanendo a funzionare come un zatterone più o meno resistente a seconda della sua robustezza. Per lo più se il cassone è in legname, il fondo va costruito con travi longitudinali e trasversali e con rivestimento di palanche nella maniera indicata per gli zatteroni.

Le pareti dei cassoni con fondi possono eseguirsi in due maniere: con ritzi verticali, connessi alle travi del fondo, presentanti sui fianchi scanalature alle quali si comettono le palanche disposte orizzontalmente a contatto e rafforzate da palanche trasversali e diagonali (fig. 225) ed in questo caso le pareti ed il fondo vanno rafforzate con un sovrapposto telaio collegato colle travi del fondo mediante tirafondi di ferro, che si svitano per lasciare separare le pareti, allorchè sul cassone sono state costruite le murature; ovvero con palanche verticali tenute a contatto mediante fascie di legno interne ed esterne e di pezzi di ferro d'angolo che si applicano alle fascie nell'interno ed all'esterno delle loro congiunzioni ed in questo caso le pareti verticali si collegano col fondo mediante chiavarde (fig. 226). La costruzione tanto delle pareti che del fondo va fatta a tenuta d'acqua.

### § 12.

#### LE FONDAZIONI MEDIANTE SASSAIE.

Le fondazioni con sassaie non si usano che rare volte, come ad esempio nelle costruzioni di avamposti.

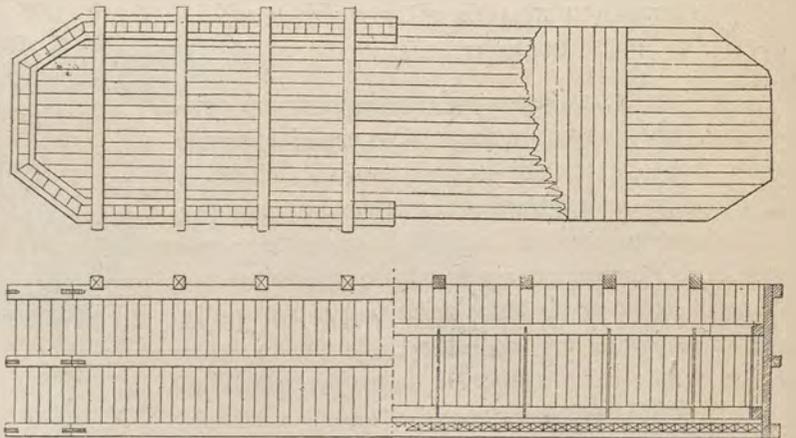


Fig. 226. — Altra maniera di costruire il cassone con fondo.

Consistono nell'ammassare delle pietre gettate alla rinfusa fino a raggiungere la superficie dell'acqua, e nell'erigere su questo ammasso di pietre le murature come all'asciutto (fig. 227).

## § 13.

LE FONDAZIONI SOVRA CASTELLI DI LEGNAME  
O PALAFITTE DI SOSTEGNO.

Senza preventivo prosciugamento delle acque si costruiscono le fondazioni con palafitte di sostegno, conficcando nel fondo sommerso i pali allineati a conveniente distanza nella maniera indicata per le fondazioni con palafitte, in terreni all'asciutto. Il loro affondamento viene eseguito per mezzo di battipali ordinari montati sopra galleggianti (pontoni) se le acque sono alte, e sopra ponti provvisori o sopra cavalletti, se le acque sono basse (fig. 4, Tav. XIX). Qualora il battipalo è sostenuto da galleggianti, si dispone con la sua faccia verticale situata sull'orlo del pontone. Se i pali debbono affondarsi al di sotto del pelo d'acqua si farà uso di una trave sussidiaria,

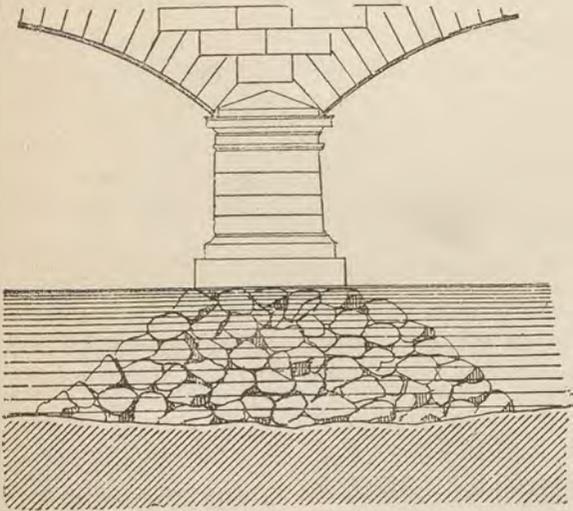


Fig. 227. — Le fondazioni per mezzo di sassaie.

che situata sul prolungamento del palo, riceve i colpi diretti del maglio, comunicandoli al palo. A questo scopo la testa del palo si munisce di un perno di ferro che entra in una cavità praticata nell'estremità inferiore della trave sussidiaria. Le fig. 5, 6, 7, 8, Tav. XIX sono quelle dei particolari costruttivi del battipalo berta capra segnato nella fig. 4 della medesima tavola.

Si tagliano i pali al livello del terreno e vi si scava intorno la terra fangosa, smossa per l'affondamento, per riempirne tosto lo spazio che avvolge la testa delle travi di calcestruzzo (fig. 228). Così preparata la base delle fondazioni vi si erige sopra la muratura, adagiandovi prima un robusto zatterone a graticcio, co-

struito in maniera che le intersezioni delle travi del graticcio capitino sulla testa dei pali. Per ottenere

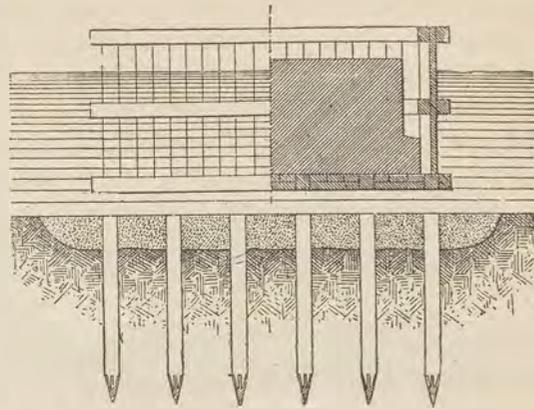


Fig. 228.

questa condizione, poichè l'affondamento dei pali non avviene sempre con regolarità, conviene eseguire un rilievo esatto delle teste dei pali ed in base a questo eseguire lo zatterone.

Facendo uso di cassoni con fondo, si rende superfluo questo lavoro di rilievo, in quanto che il fondo unito, se ben robusto, si adatta convenientemente con facilità sulle teste dei pali. A questo scopo per essere sicuri che qualcuna delle teste dei pali non capiti in falso, tra le travi del graticcio, questo si costruisce con parete continua di traversine a contatto, ovvero con diversi strati di panconi a contatto, sovrapposti ed incrociati. Nelle fig. 229, 230 è dato il particolare della costruzione di un fondo zatterone a superficie continua, mediante due travi principali, traversine a contatto e sovrapposto strato di panconi il tutto rafforzato con chiavarde di ferro a vite. Anche le sassaie si sono sostituite in luogo dello zatterone e del cassone col fondo; a questo scopo l'affon-

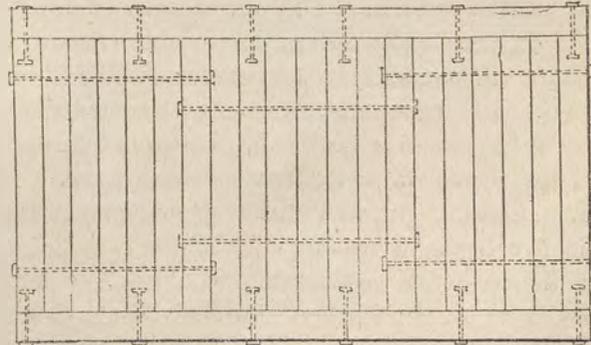


Fig. 229

damento di pali va limitato fino a che le teste delle travi si trovano poco al di sotto del pelo d'acqua;

togliendo allora lo strato melmoso che cinge i pali e gettando pietre alla rinfusa fino al livello dell'acqua si può costruire convenientemente sopra di questo ammasso, costituito dalle pietre e dai pali, le murature di fondazione, per lo più coll'intermezzo di uno zatterone a graticcio che meglio consolida la costruzione del castello (fig. 1, Tav. XIX). Qualunque sia il metodo di fondazione seguito, ove si presenti

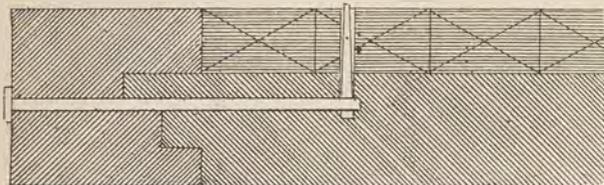


Fig. 220.

il pericolo di corrosione delle acque sulla base di fondazione, la prudenza consiglia di cingerla con paratie fisse di legname, e qualora si tratti di sassaie, estenderle, oltre lo spazio abbracciato dai pali, in quella misura *c* e si ritiene necessaria per garantirla dalle escavazioni.

## § 14.

LE PALIFICATE DI COSTIPAMENTO NEI TERRENI  
SOMMERSI.

Allorchè si è obbligati a fondare sopra un terreno cattivo sommerso, il migliore sistema da seguire è quello di costipare il terreno affondandovi dei pali di legno ( giammai di sabbia o di calcestruzzo come si pratica pei terreni all'asciutto). I pali si affondano sopra una estensione di terreno maggiore di quella necessaria per le strutture murali di fondazione, perchè sopra di essi si possa adagiare uno zatterone continuo o a graticcio, ampio abbastanza per diminuire sufficientemente la pressione unitaria sul terreno, accoppiando così, utilmente, il sistema dei grandi imbasamenti a quello di costipazione del terreno. Le platee di calcestruzzo possono sostituire vantaggiosamente gli zatteroni di legname; queste platee inoltre hanno il vantaggio di potersi applicare senza il preventivo costipamento con pali, se loro si assegna una base sufficientemente ampia. Con le platee di calcestruzzo, poggiandosi sopra terreno compressibile, epperò di facile corrosione, si rende necessaria la costruzione delle paratie stabili perimetrali, tendenti ad evitare questo pericolo.

## § 15.

## I PALI A VITE DI MITCHELL.

La necessità, talvolta sentita, di dovere gettare le fondazioni colla maggior possibile lestezza, anche sotto forti spessori di acqua, ha fatto suggerire diversi processi di fondazione, alcuni dei quali hanno conseguito una pratica applicazione, riconosciuta tuttavia eccellente.

Fra questi processi figura la fondazione con *pali a vite*, suggerita per la prima volta dall'ingegnere inglese Mitchell, di cui conservano il nome. Sono pali di ferro fucinato o di ghisa cavi che terminano inferiormente a punta, nella quale portano una spira elicoidale di ferro tagliente. Sono di forma svariata, con *punta cilindrica*, cioè (fig. 231) convenienti pei terreni sciolti e con *punta conica* (figura 232) se si impiegano in terreni resistenti. Hanno un diametro che può variare da pochi centimetri fino a un metro e le spire non aggettano mai meno di un terzo del loro diametro. In taluni le spire cominciano dalla loro estremità (fig. 233, 234, 235), in altri ad una certa distanza dall'estremità, la quale allora è foggjata come quella di una vite o di una trivella (fig. 236, 237, 238).

Si mettono in opera questi pali disponendoli verticalmente poggiati sul fondo ed applicando alla loro estremità superiore una testa di argano con 6 od 8 leve, alle quali si applicano gli operai. Il movimento di

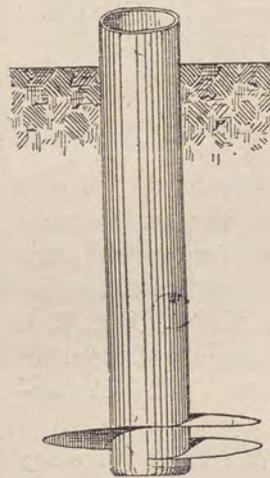


Fig. 231.

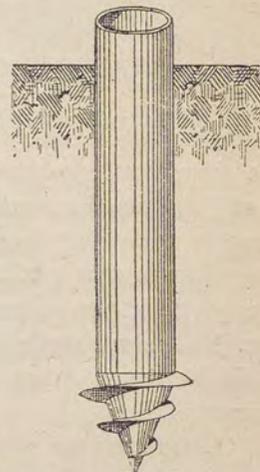


Fig. 232.

discesa di questi pali può essere rapido come lentissimo; così il numero degli uomini necessario per gi-

rarli varia a seconda della resistenza che oppone il terreno. Questo è un sistema di fondazione assai lesto ed economico, da consigliarsi specialmente per costruzioni di carattere provvisorio poichè, oltre a presentare una notevole resistenza allo sradicamento ed

deve al Potts. Il suo processo, sebbene oggidi quasi del tutto abbandonato, consiste nel fare uso di pali tubulari di ferro, aperti all'estremità inferiore foggiate con orlo tagliente, chiusi superiormente mediante un coperchio a tenuta d'aria e comunicanti con una macchina aspirante.

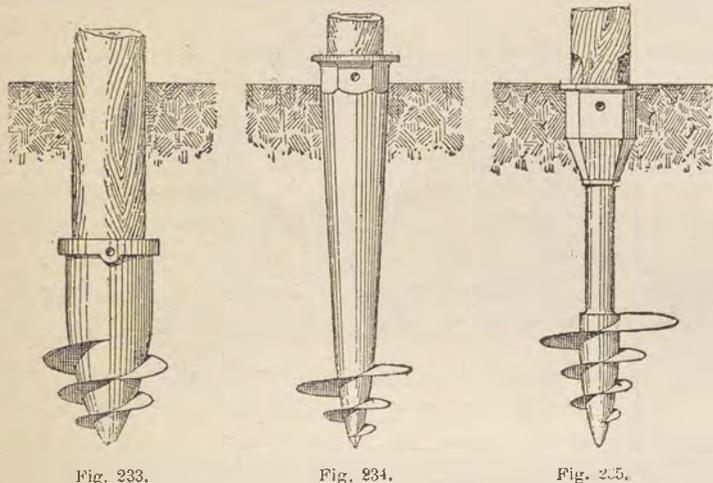


Fig. 233.

Fig. 234.

Fig. 235.

alla compressione a motivo che le spire della vite si allargano e comprimono il terreno su una base molto ampia, i pali a vite sono assai facili a svitare. Per notevoli profondità sono indicabili i pali di ferro costruiti in diversi pezzi che si connettono con perni a vite che ne serrano i bordi o collari, di cui ciascun pezzo è fornito.

Nelle fig. 236, 237, 238 sono rappresentati alcuni pali pieni di ferro con vite del diametro rispettivamente compreso tra m. 0,08 a 0,12, 0,15 a 0,20, 0,12 a 0,20, convenienti i primi due per terreni sciolti, il terzo per rocce tenere: il diametro delle loro spire è rispettivamente m. 0,45 a 0,65, m. 1,20 e m. 0,50 a 0,70.

Nelle fig. 232, 231 si hanno due tipi di pali di ghisa vuoti del diametro di m. 0,20, a 0,30, convenienti rispettivamente per terreni duri e terreni molto sciolti, aventi le spire del diametro di m. 0,40 a 0,65 per il primo e m. 0,60 a 0,90 per il secondo.

Nelle fig. 233, 234, 235 si hanno invece tre tipi di puntazze di ferro a vite del diametro di m. 0,40 a m. 0,65 da applicarsi a pali di legno di m. 0,20 a 0,35 di diametro.

#### § 16.

#### LE FONDAZIONI TUBULARI AD ARIA RAREFATTA.

Il primo tentativo di servirsi della pressione atmosferica per l'affondamento dei pali di fondazione si

deve al Potts. Il suo processo, sebbene oggidi quasi del tutto abbandonato, consiste nel fare uso di pali tubulari di ferro, aperti all'estremità inferiore foggiate con orlo tagliente, chiusi superiormente mediante un coperchio a tenuta d'aria e comunicanti con una macchina aspirante.

Poggiando verticalmente sul fondo sopra un terreno di fango, di sabbia o di argilla un palo siffatto, e praticato in questo il vuoto, l'acqua ed i materiali che circondano l'orlo inferiore vengono trascinati nel tubo, il quale affonda sensibilmente per effetto del proprio peso e della pressione atmosferica agente sulla base superiore del coperchio e per il fatto che il materiale sul quale era poggiato viene aspirato nella cavità del tubo. Allorchè il tubo si è riempito d'acqua e di materiali, si toglie il coperchio, se ne estrae il contenuto e si ricomincia l'operazione, che si continua fino a che il tubo non abbia raggiunto la desiderata profondità.

Questo sistema presentava l'inconveniente di lasciar penetrare nel tubo soltanto acqua del sottosuolo, di modo che per poco che il terreno fosse resistente ed impermeabile all'acqua, il tubo non si affondava. Si pensò allora di unire al tubo un recipiente più grande nel quale si praticasse il vuoto mediante pompe aspiranti; allora aprendo improvvisamente il

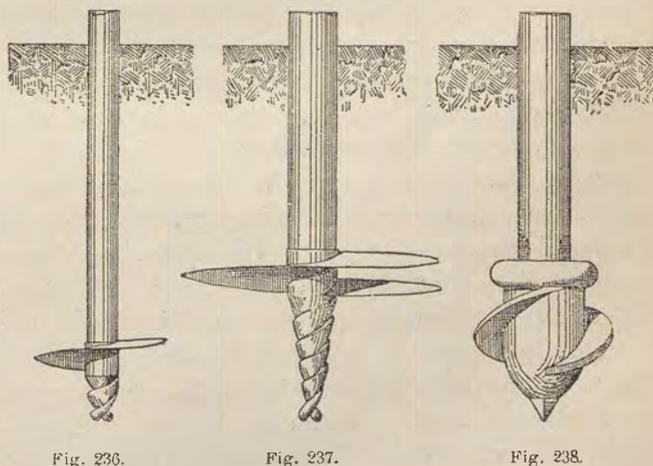


Fig. 236.

Fig. 237.

Fig. 238.

rubinetto di comunicazione col tubo, l'aria del tubo affluiva nella camera dove era praticato il vuoto e la improvvisa rarefazione d'aria nel tubo facendo irrompere con impeto l'acqua del sottosuolo, questa disgregava il materiale in prossimità dell'orlo inferiore del tubo, aprendole nuove vie di adito. Con

questo sistema in Inghilterra, dove esso ebbe più vasta applicazione, furono affondati tubi aventi perfino un diametro di m. 0,76 per la fondazione del viadotto di Chester e fu soltanto in occasione delle fondazioni del ponte sul Medway presso Rochester (anno 1849), nelle quali si voleva affondare tubi del diametro di m. 2,15, che si riscontrò questo sistema insufficiente e fu sostituito totalmente dall'altro di principio opposto nel quale si faceva uso dell'*aria compressa*

### § 17.

#### LE FONDAZIONI TUBULARI AD ARIA COMPRESSA.

Questo sistema di fondare consiste nell'impiego di grandi tubi capaci di contenere le fondamenta da costruirsi. La sua prima applicazione si è avuta nella ricostruzione del ponte di Rochester sopra menzionato, avvenuta nell'anno 1851.

Il procedimento consiste nel disporre un tubo di ghisa o di lamiera di ferro del diametro di m. 1 a 2,50 a contorno inferiore tagliente in posizione verticale nel sito dove devesi affondare. La lunghezza del tubo deve essere tale da sorpassare il livello dell'acqua coll'estremo superiore al quale è applicato un coperchio a tenuta d'aria.

Se in questo tubo situato nella indicata posizione si fa pervenire dell'aria compressa, la tensione interna evidentemente scaccierà tutta l'acqua e potrà permettere agli operai di lavorarvi dentro a secco come in una campana di palombaro.

Per introdurre gli operai nell'interno del tubo il coperchio è munito di foro con valvola che si apre verso l'interno, mediante il quale comunica con una camera sovrapposta di ghisa o di lamiera di ferro, cilindrica e di conveniente grandezza, che prende il nome di *camera d'aria o di equilibrio*, anch'essa munita di apertura chiusa, come quella del coperchio, con valvola che si apre verso l'interno.

La grandezza di tali aperture è tale da permettere l'introduzione degli operai, degli attrezzi e dei materiali. Posto ciò se nel tubo si inietta aria compressa, la sua valvola si chiude per effetto della tensione interna esuberante; allora nella camera d'aria vi si potrà entrare senza difficoltà. Se chiudendo tosto la porta della camera d'aria si mette questa in comunicazione graduale (a mezzo rubinetto) con la cavità del tubo, si stabilisce nella camera d'aria la medesima tensione interna del tubo, la porta intermedia si potrà aprire e gli operai potranno discen-

dere nel fondo del tubo e lavorarvi. Dopo ciò è facile immaginare come si debba procedere per sortirne dall'interno del tubo verso l'esterno e come tra l'interno e l'esterno possono trasmettersi i materiali scavati e viceversa introdurre i materiali da costruzione.

Gli operai sul fondo scavano il terreno in vicinanza dell'orlo del tubo, il quale affonderà in virtù del proprio peso. Per evitare che il tubo sia negligente ad affondarsi ed il suo possibile movimento in ascesa, allorchè la pressione interna contro il coperchio superasse il peso del tubo, questo viene sovraccaricato di materiali nella misura opportuna.

È necessario che il movimento di discesa del tubo sia regolato da apposita impalcatura, che ne de-

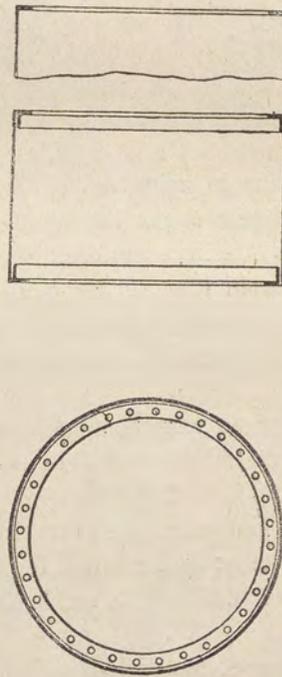


Fig. 239.

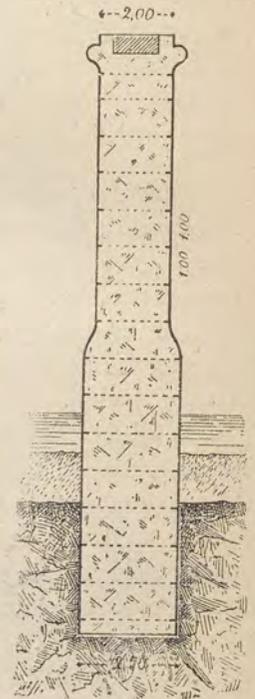


Fig. 240.

termini la verticalità in ogni suo movimento discendente e si comprenderà come sia facile affondare il tubo fino a che questo non abbia raggiunto il terreno resistente sul quale viene definitivamente a posarsi; dopo di che si pone mano alla costruzione della muratura di fondazione, ottenendosi per risultato una vera colonna di pietra rivestita di metallo.

Ciascun tubo è costituito generalmente di diversi tronchi di eguale altezza e diametro (fig. 239), collegati con risalti interni se sono di ghisa, o ferri d'angolo se sono di lamiera di ferro; mediante questi

bordi interni con perni a vite si uniscono questi tronchi cilindrici, avendo cura di spalmare di mastice l'orlo di ciascun tronco prima di applicarlo.

Questo metodo con qualche variante relativamente al modo di sopraccaricare il cilindro di affondamento e con qualche modificazione nella camera d'aria, la costruzione della quale è andata sempre migliorando, sia nella disposizione, che nelle dimensioni, fu adottato dopo il ponte di Rochester in parecchie altre costruzioni in Inghilterra ed in Francia. A maggior chiarimento nella fig. 240 è dato il disegno di una delle colonne accoppiate che costituiscono le pile del ponte di Moulins sull'Allier, costruito col sistema predetto di tubi di lamiera riempiti di calcestruzzo. Anche in Italia non mancano esempi di strutture simili, le pile di diversi ponti della linea ferroviaria Torino-Milano essendo costruite in siffatto modo. Questo procedimento di fondazioni tubulari riesce molto spedito e conveniente dal punto di vista economico per profondità da raggiungersi non superiori ai m. 15 e per diametri delle colonne non superiori ai m. 2; pei diametri e per profondità maggiori l'affondamento dei tubi presenta difficoltà talvolta insormontabili, specialmente col crescere della resistenza del terreno.

### § 18.

#### LE FONDAZIONI PER POZZI IN TERRENI SOMMERSI ED IN TERRENI ATTRAVERSATI DALLE ACQUE.

Il sistema delle fondazioni tubulari con aria compressa riesce impossibile ad effettuarsi allorchè il diametro dei tubi e la profondità dei cavi necessaria per raggiungere il terreno solido crescono oltre i limiti sopra indicati. È egli evidente che servendosi dell'aria compressa con l'aumentare della profondità, aumentando necessariamente la tensione interna dell'aria, si giunge a un limite nel quale gli operai lavorano a disagio o si ammalano per non più lavorare. Fra i casi più eccezionali di profondità raggiunte colle fondazioni ad aria compressa si notano quella del ponte di Saint-Louis sul Mississippi, che raggiunse m. 31 sotto il livello dell'acqua, e quella del ponte di Lymfjord nel Iutland, dove si raggiunsero m. 36, però con grande pericolo degli operai, molti dei quali si ammalarono.

Ai tubi ad aria compressa si sostituiscono perciò per fondazioni molto profonde i *cassoni tubulari*

*aperti* di lamiera metallica, se si tratta di fondare in terreni sommersi ed i *pozzi con rivestimento di muratura*, analoghi a quelli indicati per i terreni all'asciutto, se si tratta di fondare in terreni poco consistenti, mobili ed attraversati dalle acque. Tanto i cassoni tubulari, che il rivestimento di muratura, agiscono in sostituzione di sbadacchiature e si fanno approfondire scavando il terreno nel loro interno mediante opportune *draghe verticali*, che si manovrano stando al di fuori del livello delle acque. Con le fondazioni per pozzi si sono raggiunte notevoli profondità, essendosi arrivati a 47 m. nelle fondazioni del ponte di Atchafalaya (Texas, Pacifico) ed a 38 m. nel ponte di Poughkeepsie sull'Hudson; a 42,80 in quello di Bénarès e finalmente nel ponte di Hawkesbury nella nuova Galles i pozzi di fondazione giunsero alla profondità di m. 49,90, la più grande che si conosca.

Ingegnoso fu il sistema adottato per l'escavazione nella fondazione con cassoni tubulari per il ponte sul Gerai (India) nell'anno 1867 (1). Ogni pila è composta di due pozzi cilindrici distanti m. 11,25 fra asse ed asse. Il cassone tubulare di lamiera di ferro, del diametro di m. 4,25, è rappresentato nella fig. 241; la sua profondità raggiunse i 30 m. sotto il livello di marea. Per l'escavazione si ricorse a un disco o rastrello orizzontale *d*, munito di vomeri disposti sopra quattro nervature radiali, e la sua azione si estendeva soltanto per un raggio di m. 1,35 alla base; così l'escavazione aveva una forma conica, la corona circolare, che rimaneva franava da sé e lo sterro usciva automaticamente per mezzo di un tubo che si elevava nell'interno dell'asta del rastello e si piegava superiormente a sifone per finire nel fiume. Mediante pompe

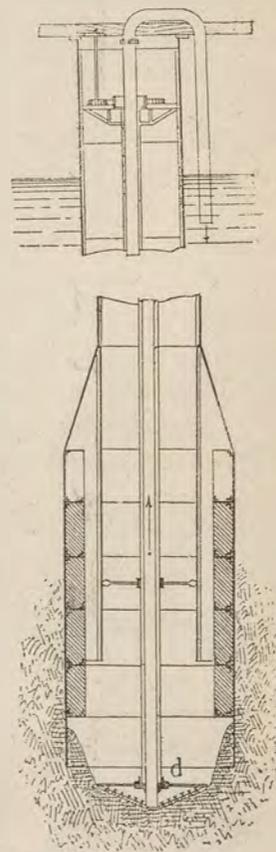


Fig. 241.

(1) Engineer, 1889.— CRUGNOLA, Fondazioni nelle sabbie. Torino 1892.

si introduceva nel pozzo tanta acqua da superare il livello dell'acqua esterna di m. 0,75 a m. 1,25; in tal modo generavasi nel tubo una forza ascensionale

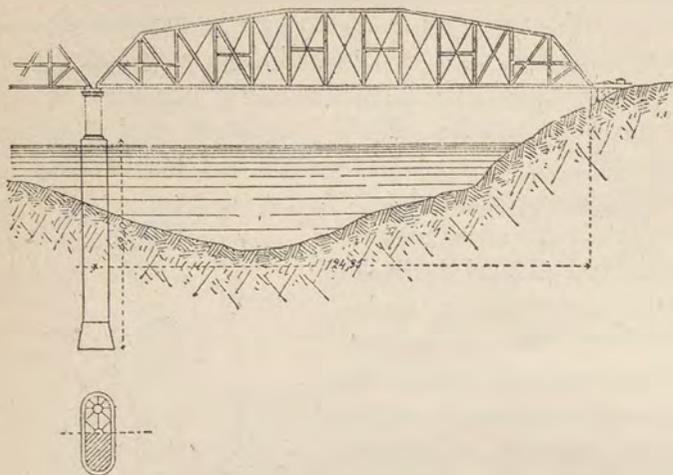


Fig. 242.

aspirante anche pietre e materiali provenienti dallo scavo che così si approfondiva di m. 0,30 per ora.

Ciascuna delle 6 pile del ponte sull'Hawkesbury ha una fondazione profonda m. 49,40 ottenutasi

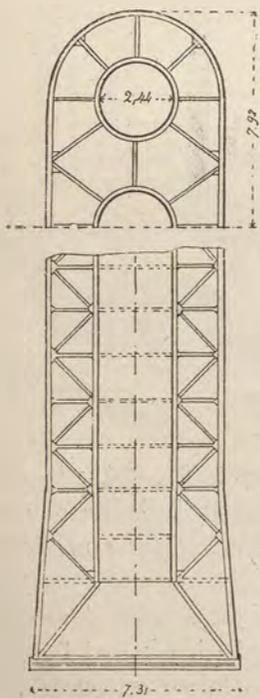


Fig. 243.

mediante un cassone tubolare di acciaio a pareti ben sbadacchiate, del quale è dato il disegno nelle fig. 242 e 243. Dopo però la messa in opera del primo di questi cassoni, essendosi riconosciuto nocivo, per mantenere verticale il cassone nella discesa, l'allargamento a campana verso la base, questo venne sostituito da una contro-camicia a parete parallela alla prima. Ciascun cassone era diviso in tre scompartimenti, ciascuno dei quali era servito da speciale tubo di discesa (diam. m. 2,44), che serviva per praticare l'esaurimento dei materiali. Si aumentava il

peso del cassone riempiendo di muratura di calcestruzzo lo spazio anulare fra la camicia e i tubi di discesa. Evidentemente la stabilità di questi pozzi con cassoni così profondi si deve più che alla pressione che que-

sti esercitano sul fondo del pozzo (talvolta ancora mobile o compressibile come gli strati superiori), alla grande forza di attrito esercitata dalla colonna sulle pareti laterali dello scavo, che cresce col crescere della profondità della pila. Il Gaudard ci diè la formula

$\frac{1}{2} K \pi a b^2$  avvalorata in seguito dallo Schmoll per

calcolare questa resistenza di attrito dove  $K$  = coefficiente variabile con la natura del suolo, sperimentalmente determinato in 0,04 per la ghiaia e fra 0,6 e 0,7 per le sabbie, quando si assegna a  $\pi$  = peso specifico del liquido = 1 tonn. ed essendo  $a$  = perimetro del cassone e  $b$  = profondità.

Nella fig. 1, 2, 3, Tav. XVI, è dato il disegno delle fondazioni per pozzi con rivestimento di muratura, eseguite per le pile del ponte canale di New-Nadrai sul Kali-Nadi (canale del Gange-India). Ciascuna pila è fondata con otto pozzi del diametro esterno

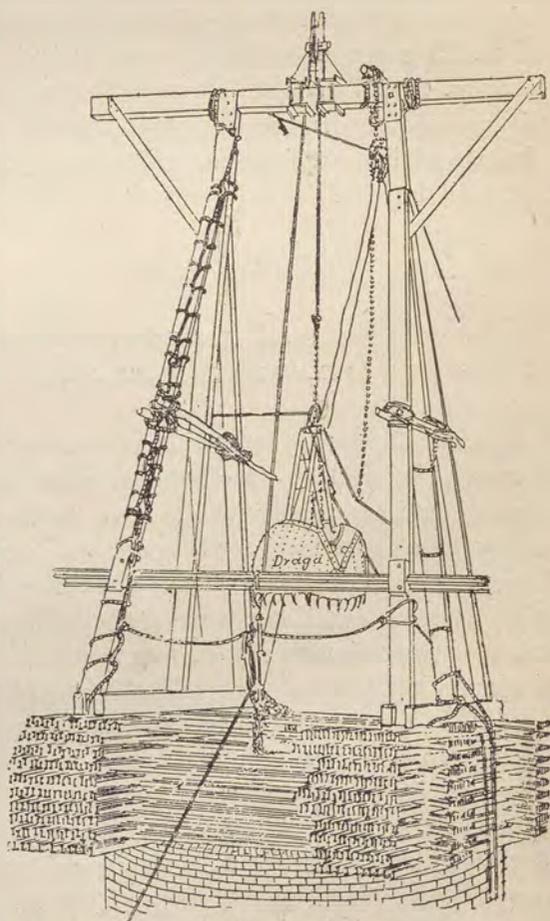


Fig. 244.

di m. 6,10, interno m. 3,35 e distanti m. 0,60 l'uno dall'altro dall'orlo esterno. Per lo scavo dei materiali

nell' interno di questi pozzi si adoperarono draghe della portata di mc. 1,130, manovrate meccanicamente e montate sopra apposito castello, alto m. 9,75, del quale è dato il disegno nella fig. 244. In alcune pile però si praticarono pozzi più ristretti e quindi si adoperarono draghe effossorie di più limitate proporzioni. La corona inferiore, sulla quale si erigeva la colonna cava di muratura dei pozzi, si fece di legno durissimo e l'approfondamento della colonna si agevolò caricandola con circa 550 tonn. di ferro, corrispondenti a Kg. 4,30 di pressione circa per cmq. Nella discesa questi pozzi impiegarono in media m. 0,30 per ogni 6 ore di lavoro della draga e ciascun pozzo giunse alla profondità media di 15 m. La corona di muratura dei pozzi fu eseguita in mattoni ed il nucleo centrale fu riempito di calcestruzzo.

### § 19.

#### LE FONDAZIONI CON CASSONI AD ARIA COMPRESSA.

La fondazione con *cassoni ad aria compressa* non è che una modificazione del procedimento di fondazione tubulare ad aria compressa. Mentre con questo sistema i solidi da affondare si individuavano per mezzo di anelli cilindrici di ferro o di ghisa che si congiungevano fra loro mano a mano che la colonna si affondava, con l'altro procedimento il solido da affondare consiste in un vero e proprio cassone di lamiera di ferro, privo di fondo, avente la forma e l'estensione tale da contenere esattamente le fondamenta da costruirsi. L'essenziale modificazione consiste nel costruire questo cassone senza coperchio e nel dividerlo in due compartimenti mediante un diaframma stagno di lamiera di ferro assai robusto, a guisa di soffitto, situato all'altezza di 2 a 3 m. dall'orlo inferiore.

Il compartimento inferiore costituisce la *camera da lavoro* o di *escavo* propriamente detta, quello superiore aperto è di una altezza che può essere aumentata senza limite, mediante sovrapposizione di anelli metallici come si praticava nelle fondazioni tubulari.

Esistono sul soffitto della camera di lavoro uno o più tubi (diam. m. 1 circa), costruiti ad anelli ed indefinitivamente prolungabili come la parte superiore del cassone, i quali mettono in comunicazione la camera di lavoro con l'esterno per l'intermezzo di una camera d'aria o di equilibrio di cui ciascun tubo è fornito.

Il processo di affondamento è simile a quello de-

scritto per le fondazioni tubulari; si inietta cioè l'aria compressa attraverso i tubi allo scopo di scacciare tutta l'acqua contenuta nella camera di lavoro, nella quale gli operai scendono e scavano il suolo lungo il bordo del cassone che si affonda in virtù del peso proprio, del cavo praticato e del sovraccarico di cui questo appositamente si grava, costruendo, durante l'operazione di affondamento, parte delle murature di fondazione che occupar devono il compartimento superiore del cassone. Mediante aggiunta di anelli si manterrà il cassone alto abbastanza per sorpassare il livello delle acque esterne.

La discesa degli operai si effettua mediante una scala a piuoli applicata alla parete dei tubi; i materiali si elevano quasi sempre facendo uso di ceste o di corbe tirate sù da una fune che si accavalca ad una puleggia situata dentro la camera d'aria. Allorchè il cassone avrà raggiunto la profondità voluta si riempie di calcestruzzo anche la camera di lavoro ed i tubi di modo che, a lavoro compiuto, si ottiene per fondamento una colonna avente per base quella stessa del cassone con struttura murale, diremo, mista di pietrame e di metallo, poichè resta internata colla muratura la camera di lavoro nonchè i tubi e la parete esterna, fino a coprire la struttura medesima. Questa struttura di fondazione si termina ordinariamente con una platea di lastroni di granito sulla quale si eleva la struttura murale esterna.

Il soffitto della camera di lavoro deve essere molto resistente. Si costruisce in lamiera di ferro rinforzate da un graticcio di travi a doppio T al pari delle pareti e con mensole di ferro viene per lo più rinforzato e collegato il soffitto con le pareti (fig. 245). Lo spessore delle lamiere varia di m. 0,008 a m. 0,012 ad eccezione delle lamiere che costituiscono le pareti del compartimento superiore del cassone, di cui lo spessore è compreso tra 4 e 5 mm. a seconda delle dimensioni del cassone.

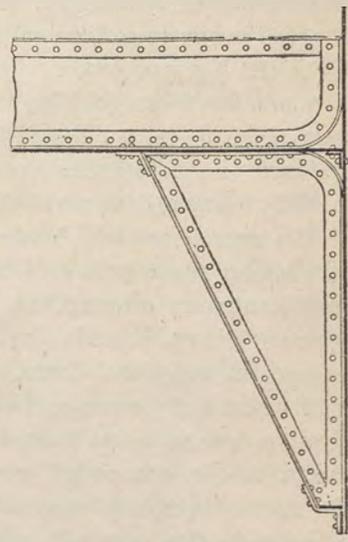


Fig. 245.

Nelle varie parti costituenti il cassone si curano soprattutto, più che gli spessori e le dimensioni, i collegamenti e le disposizioni delle travature di rinforzo delle pareti per impedire le deformazioni del cassone tanto pericolose per la buona riuscita del lavoro.

Speciali ponti sono necessari per la montatura e l'affondamento dei cassoni; oltre ai ponti di servizio per i bisogni inerenti alla costruzione delle mura- ture, per dirigere i cassoni durante l'affondamento, si costruiscono appositi castelli di legname composti di pali conficcati nel fondo dell'alveo e di travi diagonali e trasversali, sui quali poggia l'impalcatura che circonda il cassone da affondare e che serve anche alla manovra della camera d'aria, allorché si devono allungare i pozzi di comunicazione.

Le dimensioni delle travature che supportano il cielo della camera di lavoro sono calcolate in base al carico di muratura che esse devono sopportare durante l'affondamento del cassone. Il coefficiente di resistenza, però si può spingere in queste costruzioni metalliche fino a 12 Kg. per mmq., una ulteriore economia non è consigliabile specialmente nelle travi maestre del soffitto, perchè una loro piccola inflessione porta con sé una deformazione delle pareti del cassone.

In previsione che il bordo inferiore del cassone possa urtare in tutto o in parte contro un ostacolo, ad esempio una pietra, un tronco d'albero, di modo che in quel punto si debba vincere un maggiore sforzo, al vomero o fendente della camera di lavoro suolsi dare molta robustezza. Giova a questo scopo eseguire fin dal principio la muratura che occupa gli spazi fra le mensole.

La montatura del cassone va fatta sopra la piattaforma di tavole con la quale termina il castello di legname costruito nel sito di affondamento. Non è raro il caso però che questo venga montato sulla sponda e trascinato a sito mediante un galleggiante; così si è praticato recentemente in alcuni lavori di sistemazione del Tevere.

Preparato il piano di montatura, l'altezza del quale dipende dal livello dell'acqua sottostante, si congiungono primieramente le parti che costituiscono le pareti della camera di escavo, passando in seguito alla costruzione del soffitto e quindi alla montatura

della camicia superiore che si spinge ad una altezza sufficiente, perchè il cassone messo a posto sorpassi con l'orlo superiore il livello dell'acqua. Montato il cassone, lo si sospende mediante catene speciali, a maglie lunghe da 1 a 2 m. che terminano con viti (*verrini*) fisse nel castello e di facile uniforme manovra (fig. 246), lo si mette in asse e si fa discendere lentamente finchè il fendente sia penetrato nel terreno. Indi si mettono a posto i tubi costituenti i pozzi e le camere d'aria, servendosi per questo lavoro della sospensione fornita da apposita grù situata nel castello di montatura, dotata dei tre movimenti ortogonali per situare gli apparecchi nella posizione che si desidera. La giusta verticalità del cassone nella discesa,

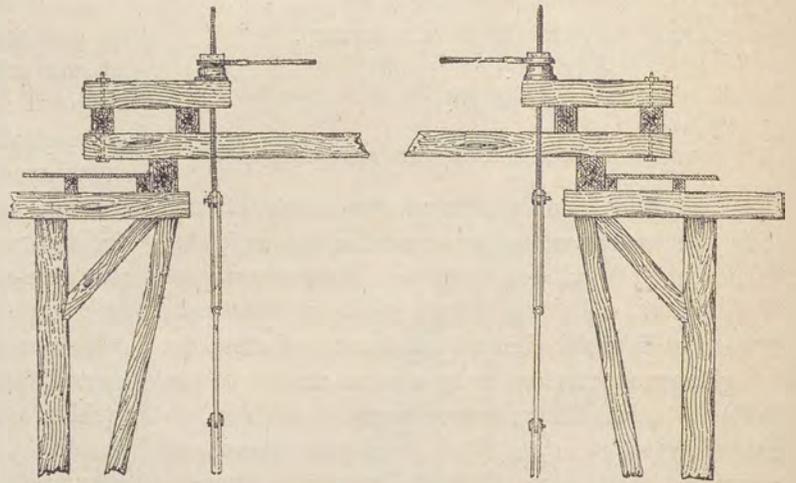


Fig. 246.

conseguita da principio con la sospensione a vite, si conserva guidandolo con travature di legno fisse nel castello e aderente alla parete della camicia superiore. Così praticando gli spostamenti del cassone si riducono a pochi centimetri, per avviare all'effetto dei quali le murature superiori soglionsi costruire con opportune riseghe.

### § 20.

#### L'ESAURIMENTO DEI MATERIALI NELLE FONDAZIONI PNEUMATICHE.

Per esaurimento di materiali si intende il lavoro di scavo, quello di innalzamento dei materiali e quello della loro espulsione. Questi lavori si eseguono secondo due procedimenti, cioè per *via umida*, ovvero per *via asciutta*, con l'intermezzo delle camere d'aria che sovrastano i tubi dei pozzi.

Le camere d'aria si compongono, generalmente,

di due parti: *dell'anticamera* e della *camera di equilibrio* propriamente detta. L'anticamera serve per accedere alla camera di equilibrio, consiste perciò in una semplice cassa metallica alta 2 m. circa e della capacità di 3 a 5 persone (fig. 247), munita di un foro con porta *a* e di un rubinetto *r* con cui si mette in comunicazione con l'esterno, e di una porta *b* ed un rubinetto *r*<sub>1</sub> che la mettono in comunicazione con la camera di equilibrio. Chiudendo il rubinetto *r*<sub>1</sub> ed aprendo il rubinetto *r*, l'anticamera è posta in comunicazione con l'atmosfera e vi si può facilmente penetrare. Una volta che si è dentro si chiude il rubinetto *r* e la porta *a* aprendo il rubinetto *r*<sub>1</sub>, la pressione della camera di equilibrio e di lavoro si propaga all'anticamera; si può aprire allora la porta *b*

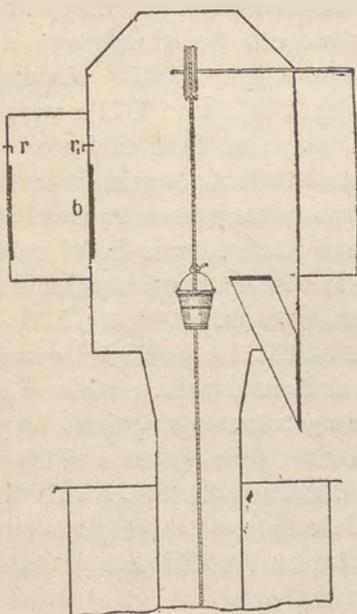


Fig. 247.

e gli operai possono penetrare nella camera di equilibrio e discendere in quella di lavoro.

La camera di equilibrio più ampia dell'anticamera ( $2 \times 2,5$  a  $3$ ) è in lamiera metallica molto resistente e serve a contenere gli apparecchi destinati al sollevamento ed all'espulsione dei materiali.

Il fondo di questa camera ha due fori muniti di un tronco di cono pur metallico, del diametro di 1 m., con l'orificio inferiore talmente costruito che si adatta perfettamente ai tubi dei pozzi ai quali si unisce per mezzo di bulloni a vite.

L'esaurimento dei materiali per via secca si effettua d'ordinario con le secchie sostenute da una fune che si avvolge sopra una puleggia situata nella ca-

mera di equilibrio, manovrata a mano ovvero con macchina a vapore situata all'esterno, la cui forza viene comunicata con puleggie che girano in cuscinetti a tenuta d'aria, ovvero con un stantuffo ad aria compressa che si muove entro cilindro applicato all'esterno della camera di equilibrio. In quest'apparecchio elevatore l'estremo superiore dell'asta dello stantuffo porta una carrucola sulla quale si avvolge la fune che porta ad un capo la secchia, mentre l'altro capo dopo avere girato sopra una puleggia di rimando, per una o più volte, è fisso. Conseguentemente montando lo stantuffo, l'estremità superiore con la carrucola si allontana dalla puleggia fissa, la corda che sostiene la secchia si svolge per una lunghezza che sarà 2, 4, 6, 8, ecc. volte a seconda che la fune si avvolge per 1, 2, 3, 4, ecc., volte sulla puleggia fissa di rimando, come avviene nelle gru idrauliche, dando per risultato l'innalzamento della secchia.

L'espulsione dei materiali si suole conseguire versando le secchie in un vagonetto situato nella camera di equilibrio capace di contenere 3 o 4 secchie di materiali; il vagonetto è scorrevole e si vuota in una tramoggia di metallo o di legname coll'intermezzo di una piccola anticamera, capace appena di contenere il vagonetto per non disperdere grandi quantità di aria compressa.

L'esaurimento dei materiali si può effettuare per mezzo di draghe o norie effossorie. Per servirsi di questo sistema meccanico abbisogna l'istallazione di un pozzo adatto a contenere la draga e l'impianto di una motrice che la possa mettere in azione. La noria si spinge fino alla profondità del terreno da scavarsi nella camera di lavoro e quivi da una fossa a forma di imbuto prende il materiale di scavo spintovi dagli operai lavoranti nella camera di escavo. Questa fossa si lascia occupare dall'acqua fino a un livello tale che l'orlo inferiore del pozzo rimanga costantemente immerso; ciò si ottiene manovrando opportunamente la tensione dell'aria interna. Così praticando se il pozzo contenente la noria è aperto all'estremo superiore, si manterrà pieno d'acqua in virtù della tensione interna della camera di lavoro e l'acqua vi resterà fino al livello dell'acqua esterna.

L'esaurimento del materiale finalmente si può conseguire per via umida con le così dette *pompe a sabbia* che agiscono a pressione idraulica in modo simile all'apparecchio Jandin a pressione d'aria (§ 4 *Trasporto delle terre*). Questo procedimento si pre-

sta per esaurire le sabbie ed i terreni molto sciolti. Nella fig. 248 è dato il disegno di uno di questi corpi di pompa che felicemente si impiegarono per l'esaurimento delle sabbie nelle fondazioni del ponte di S. Louis nel Mississippi. È chiaro il funzionamento di questa pompa essendo segnata con frecce nella figura la via percorsa dall'acqua in pressione proveniente da un alto serbatoio per mezzo del tubo di discesa A. Il corpo di pompa che termina inferiormente con

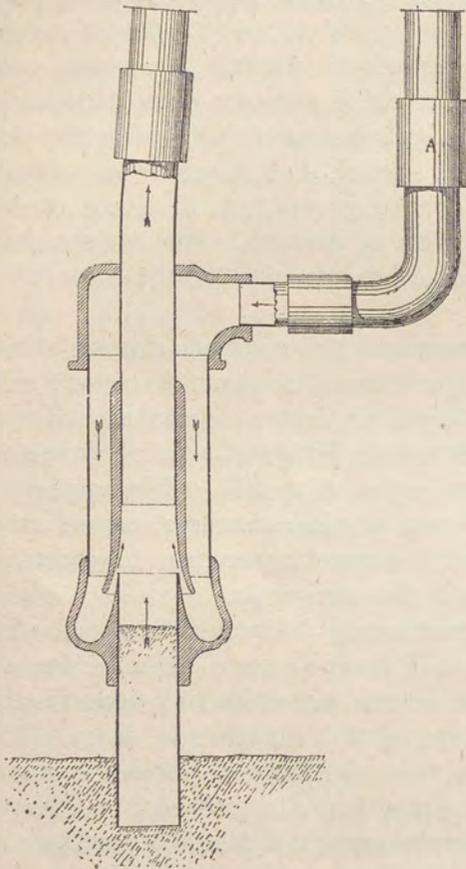


Fig. 248.

un tronco di tubo, penetra nella sabbia aspirandola assieme all'acqua e compiendone l'esaurimento. A S. Louis un corpo di pompa di 88 mm. di diam., messo in funzione da una corrente d'acqua alla pressione di 10 atmosf., sollevava 15 mc. di sabbia all'ora.

### § 21.

#### GLI ESEMPI PIÙ NOTEVOLI DI FONDAZIONE AD ARIA COMPRESSA.

La costruzione delle fondazioni ad aria compressa si è applicata su larga scala nelle fondazioni delle pile dei ponti e delle muraglie di sistemazione dei

fiumi urbani. In Italia fra le costruzioni più importanti eseguite con questo procedimento si menzionano i ponti sul Pò a Piacenza, a Mezzanacorti (Voghera-Pavia), a Casalmaggiore, a Pontelagoscuro, a Borgoforte; quelli sul Ticino a Sesto-Calende ed a Turbigo; quello sul Serchio verso Pisa, quello sul Tanaro ad Asti e quelli più recenti a Roma dove furono eseguite con questo procedimento le fondamenta dei muraglioni urbani del Tevere per una estensione di oltre 4000 m. Nella tav. XXI diamo i disegni delle fondazioni pneumatiche eseguite in Roma nell'anno 1884 per la costruzione del ponte Garibaldi sul Tevere. Il ponte lungo m. 141,40 e largo m. 20 consta di due arcate metalliche, di cui le centine poggiano sopra le spalle e sopra una unica pila situata nel mezzo. Le fondazioni si eseguirono mediante l'aria compressa con tre grandi cassoni, posti alla rispettiva distanza di m. 52,50, misurata dai loro bordi. Nella fig. 2 e 3 tav. XXI è rappresentato il cassone della pila centrale, il più importante sotto il punto di vista costruttivo, eseguito in lamiera di ferro, avente il corpo rettangolare terminato con due semicerchi lungo i lati più piccoli del rettangolo, che costituiscono la base dei rostri circolari della pila. Le sue dimensioni sono  $m. 23,40 \times 15,30 + 3,14 \times 7,65^2 = mq. 540,61$ . Le pareti del cassone avevano lo spessore di 6 mm. nella camera di lavoro e di 5 mm. nel compartimento superiore. La parete della camera di lavoro però è stata rinforzata pel fatto che prima di affondarla, nel cassone si costruì il masso murale compreso tra le mensole di ferro destinate a collegare il soffitto con le pareti della camera di lavoro.

In causa della grande dimensione di questo cassone si credette utile suddividere la camera di lavoro in 5 compartimenti mediante 4 travi trasversali a traliccio, alti quanto l'altezza della camera stessa allo scopo di rendere l'enorme cassone indeformabile e di sostenere il soffitto della camera di lavoro, diminuendo sensibilmente la portata delle travi secondarie.

Le travi maestre sono composte con 4 cantonali lungo l'orlo inferiore situato al livello del coltello perimetrale del cassone (fig. 5, tav. XXI), mentre le pareti sono a semplice traliccio con montanti e diagonali; però furono lasciate in ciascuna di esse due aperture rettangolari per far comunicare i compartimenti fra loro. Le mensole di sostegno del soffitto si attaccarono alle pareti esterne della camera di la-

voro e da ambo le parti lungo i montanti delle travi maestre trasversali e lo spazio tra le mensole, meno quelli corrispondenti alle porte di comunicazione, venne riempito di muratura prima che il cassone si affondasse. La montatura del cassone si fece sul posto stesso dell'affondamento sopra una impalcatura costruita a m. 1,50 sopra il livello di magra, sostenuta non da un castello come suolsi praticare, ma da una tura di cui si è voluto cingere il posto di affondamento per essere più sicuri contro le piene frequenti del fiume. La fig. 4, tav. XXI dà il particolare di attacco del tubo di un pozzo col soffitto della camera di lavoro. Il costruttore, ing. Zschokke, nella costruzione di queste fondazioni si servi di un tipo di camera di equilibrio, da lui stesso ideata, che si può ritenere per una delle più semplici ed agevole per le manovre di montatura e smontatura senza bisogno di speciale castello di legname, essendo anche molto leggera (tonn. 1,5).

Questa camera di forma cilindrica ha il diametro di m. 1,50 e porta due casse di scarico per le materie che vengono estratte dal cassone e portate su per mezzo di secchie, delle quali la fune è messa in movimento da una puleggia situata nella camera di equilibrio per mezzo di trasmissione esterna della forza di un motore a vapore. Due operai situati dentro la camera di equilibrio accudivano alla manovra di scarico delle secchie; però essendo le secchie troppo piccole e quindi piccolo il rendimento economico, ben presto questo tipo di camera di equilibrio fu adibito esclusivamente all'ingresso ed all'uscita degli operai dall'interno del cassone, mentre per l'estrazione dei materiali escavati si usò una nuova camera di equilibrio (fig. 249).

Questa camera ha lo stesso diametro dei tubi del pozzo (m. 1,05), di modo che essa costituisce la continuazione di questo. I tubi nel loro interno non portano alcuna membratura sporgente, poichè le giunture dei vari tronchi del cilindro si ottengono mediante briglie esterne. Soltanto all'estremo inferiore del cilindro che costituisce la camera havvi un cantonale  $xx$  sporgente m. 0,10 verso l'interno e forma così una corona il cui bordo inferiore è guarnito di un anello di guttaperca. Il secchione è sospeso e può oscillare facilmente fra due cuscinetti  $y$  sostenuti da due ritti verticali  $z$  montati sopra una specie di piatto di ferro  $p$  col diametro di poco inferiore a quello della camera. I due ritti suddetti, uniti fra loro da una traversa  $t$ , sono sospesi mediante due nastri me-

tallici a due tamburi collocati sopra un albero  $g$  che attraversa la parte superiore della camera mediante premistoppa e che riceve il movimento dall'esterno. Quando il secchione carico viene sollevato sin dentro la camera il suo piatto  $p$  batte contro il cantonale  $xx$  ed in questo istante la traversa, che unisce i due ritti urta contro una sbarra a contrappeso  $k$ , la quale mediante un sistema di leve scioglie il motore ed apre contemporaneamente un rubinetto che permette la

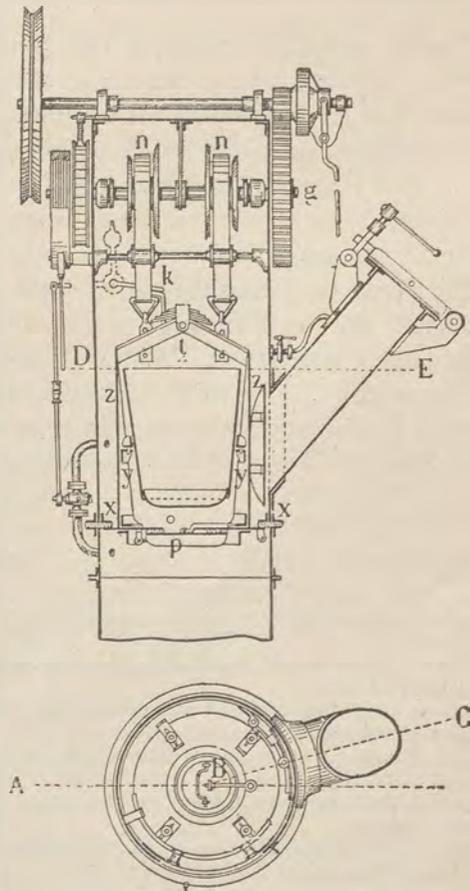


Fig. 249. — La camera di equilibrio dell'ing. Zschokke nelle fondazioni ad aria compressa.

fuga dell'aria compressa che si trova al di sopra del piatto suddetto.

L'aria compressa spinge allora dal disotto energicamente il piatto contro l'anello di guttaperca interrompendo così la comunicazione tra la campana e il cilindro inferiore. Si può aprire allora la porta laterale della camera e versare il secchione inchinandolo innanzi.

Col sussidio di questo meccanismo il cassone fu affondato in soli 85 giorni di lavoro continuo, alla profondità di m. 10,044 sotto il livello dell'alveo, con

un affondamento medio giornaliero di m. 0,18 ed uno sterro di mc. 100. L'illuminazione della camera di lavoro durante l'affondamento si ottenne mediante 8 lampade elettriche ad incandescenza per ciascun compartimento (ciascuna di 8 candele). Ultimato l'affondamento del cassone la camera di lavoro venne riempita con calcestruzzo fattovi pervenire per mezzo di betoniere indicate nella fig. 2 tav. XXI, mentre in tufo si eseguirono le murature al disopra del soffitto metallico.

Il Biadego nelle sue memorie sulle fondazioni pneumatiche, dalle quali furono attinte parte delle notizie qui referite, fra gli altri illustra con maggiore estensione la costruzione del ponte sul Pò a Piacenza, importante perchè l'esaurimento dei materiali dei 9 cassoni costituenti le nove pile del ponte, venne fatto per mezzo di una draga che lavorava in acqua. Nella tav. XXII è riprodotto il disegno di uno di questi cassoni e di una parte del ponte, il quale consta di 6 luci intermedie ampie ciascuna m. 75,60 e di due all'estremità ampie m. 62,10 contati fra gli assi delle pile. Il cassone di fondazione di ciascuna pila ha base rettangolare terminata con due semicerchi lungo i lati

più piccoli e con una superficie complessiva di mq. 49,63 (fig. 2 e 4 tav. XXII). La camera di lavoro è alta m. 2,20; le lamie delle sue pareti e del soffitto sono grosse mm. 12, quelle del compartimento superiore di mm. 4, rinforzate da cantonali orizzontali a distanza di m. 0,42. Si hanno tre camini, uno centrale per la draga (diam. 2,06) e due laterali provvisti di camera di equilibrio (diam. 1,00). La draga è messa in funzione mediante una macchina a vapore esterna ed è costituita da una catena senza fine, alla quale sono attaccate le secchie, che si avvolge ad un cilindro orizzontale superiore che le trasmette il movimento e ad un cilindro inferiore che la dirige.

Collocato in asse il cassone sul fondo dell'alveo preventivamente spianato orizzontalmente per mezzo di badili, dopo che si era affondato per effetto del suo peso, veniva introdotta l'aria compressa per scacciare l'acqua e mandati tosto nella camera di lavoro gli operai si smuoveva il terreno uniformemente all'ingiro per gettarlo nella fossa scavata dalla draga. La fig. 5 e 6 della tav. XXII ci rappresentano rispettivamente il particolare della camera di lavoro e quello del collegamento orizzontale delle lamie.

#### Tavola bibliografica.

- ANCONA U., *Pompe moderne per alimentazione d'acqua nelle città*. Id. id. 1891.
- ANCONA U., *Ruote idrauliche elevatrici a palette curve* (Annali du Genie Civil) Paris 1876.
- BARBEROT E., *Traité de construction civiles*, Paris 1895.
- BELIDOR., *Architecture hydraulique*, 1836.
- BENETTI, *Monografia sulle ruote idrofore a pale*. Bologna 1876.
- BIADEGO G. B., *Le fondazioni ad aria compressa*. Torino 1886.
- BLOUET A., *Traité de l'art de bâtir*. Supplemento al *Rondelet Liegi* 1848-Paris 1868.
- BONATO P., *Monografia sul ponte Garibaldi nel Tevere*. Roma 1888 (Annali Società Ing. Ital.)
- BRENNECKE, *Baukunde des Ingenieurs*. Berlin 1887.
- CANTALUPI A., *Tavole formole e istituzioni pratiche per l'ingegnere architetto ecc.* Milano 1867.
- » » » *Istituzioni pratiche sull'arte di costruire le fabbriche civili*. Milano 1874.
- CARIATI, *Manuale dell'ingegnere architetto*.
- CHOISY A., *L'art de bâtir chez les Romains*. Paris 1873.
- CLAUDEL J. ET LAROQUE L., *Pratique de l'art de construire*, Paris.
- CLAUDEL J., *Formules, Tables et Renseignements usuels. Aide-mémoire des ingénieurs, des architectes, ecc.* Paris. 1864
- COLOMBO G., *Manuale dell'ingegnere*, Hoepli 17.<sup>a</sup> ed. Milano.
- COPPERI e MUSSO, *Costruzioni murarie*. 3.<sup>a</sup> ediz. (Paravia).
- CRUGNOLA G., *Monografia sopra alcune fondazioni profonde nelle sabbie o terreni facilmente amovibili*, Torino.
- CUPPARI C., *Sui risultati pratici di varie macchine idrofore applicate in Olanda*. Id. id. 1882-83.
- CURIONI G., *Arte del fabbricare*. Torino 1872.
- » » » , *Lavori generali di architettura civile, stradale e idraulica*, Torino 1872.
- FORMENTI C., *La pratica del fabbricare*. Milano 1883.
- FRAUENHOLZ W., *Baukonstruktionslehre für Ingenieure*. München 1876.
- FOSSA-MANCINI C., *Pompa rotativa*. Id. id. 1891.
- GABBA, *Corso di costruzioni civili e militari*. Torino. *Giornale del Genio civile*, Torino.
- Giornale dell'Ingegnere-architetto ed agronomo*. Milano.
- GOTTGETRAU R., *Lehrbuch der Hochbau-Konstruktionen*. Berlin 1882.
- GOUIN E., *Manuel pratique de construction*. Paris 1877.
- GUILLEMAIN P., *Cours de procédés généraux de construction à l'école des ponts et chaussées* (autografia) 1880.
- HARTMANN K., *Die Pumpen*. Berlin 1889.
- HÜTTE, *Prontuario dell'ingegnere* (Traduzione di C. Molescott e A. Rossi) Torino 1879.
- LEVI A., *Fabbricati civili di abitazioni*. Milano.
- MORIS A., *Des machines et appareils destinés à l'élévation des eaux*. Paris 1863.
- NICOLA CAVALIERI di S. BERTOLO, *Istituzioni di architettura statica e idraulica*. Mantova 1855.
- PASTORE G. E RICOTTI P., *Macchine idrauliche* (Enciclopedia. Arti e industrie) Unione tip. editr. Torino.
- PATTON W. M., *A practical treatise on foundations*.
- POILLON, *Traité théorique et pratique des pompes et machines à élever les eaux*.
- RAMÉE D., *L'architecture et la construction pratique*. Paris 1871.
- RICH. W. E. *On pumping engines* (The institution of civil engineers) London 1884.
- RONDELET I., *L'art de bâtir*. Paris 1871.
- SACCHI A., *L'economia del fabbricare*. Milano 1879.
- SACHERI G., *Il pulsometro di Hall*. Ingegneria civile Torino 1878.

# I MATERIALI IMPIEGATI NELLE COSTRUZIONI

## CAPITOLO I.

### LE PIETRE NATURALI

I materiali che più comunemente si impiegano nelle costruzioni e di cui le proprietà devono essere ben note ai costruttori, perchè da queste in gran parte dipendè la buona o cattiva riuscita di una fabbrica, sono: le *pietre naturali*, i *laterizi*, le *calci*, i *cementi*, le *pozzolane*, il *gesso*, le *sabbie*, le *malte*, il *calcestruzzo*, i *mastici bituminosi*, i *legnami* ed alcuni dei metalli. A questi materiali si aggiungono poi quelli che si impiegano nelle opere di finimento delle fabbriche e che sono i *vetri*, le *vernici*, i *colori*, ecc. Nei capitoli seguenti sono dati alcuni cenni sopra questi materiali da costruzione, limitatamente alle principali nozioni che sono necessarie al costruttore e che principalmente si riferiscono al loro impiego nelle costruzioni.

#### § 1.

##### LE GENERALITÀ.

Col nome di *rocce*, di *pietre* o di *sassi* si comprendono tutte le sostanze minerali che si rinvengono sulla crosta terrestre sotto forma di depositi, di banchi e di ammassi terrosi di vario spessore, di diversa durezza e di peso specifico superiore a quello dell'acqua. Si classificano le rocce secondo le epoche della loro geologica formazione, secondo le loro proprietà fisiche, ovvero secondo la loro chimica composizione. Quest'ultima distinzione essendo quella che mette in rilievo le proprietà più importanti delle pietre, perchè più direttamente influiscono sulla buona riuscita della fabbrica, è quella che incontra maggior

favore presso i costruttori, per cui le pietre ordinarmente si classificano in pietre *calcaree*, *silicee*, *argillose*, *gessose* e *vulcaniche*. Diverse altre classificazioni sono state proposte per lo studio scientifico delle rocce, tutte più o meno però presentano dei difetti, in quanto che sempre qualche categoria di rocce, specialmente quelle d'origine incerta e controversa, male vi trova posto. Ond'è che, stando alla citata distinzione, nelle rocce calcaree si comprendono tutte le varietà di *marmi antichi* e *moderni*, *gli alabastrini*, *le breccie ed tufi calcarei*; nelle rocce silicee, *il granito* il *porfido*, *i gneiss*, le rocce frammentarie in genere e cioè le *arenaree*, le *breccie*, le *puddinghe silicee*, ecc.; nelle rocce argillose *gli amianti*, *lemiche*, *i talchi*, *gli scisti*, *le ardesie* e *le lavagne*; nelle gessose, la *silenite* o *pietra da gesso* e *l'alabastrite* o *alabastro gessoso*; nelle vulcaniche *il basalto*, *le lave*, *i tufi vulcanici*, *la pozzolana*, *la pomice*, ecc.

#### § 2.

##### LE ROCCE CALCAREE.

Le rocce calcaree sono quelle che in prevalenza sono costituite di carbonato di calce con cui d'ordinario si trovano associate la silice, l'allumina, la magnesia, gli ossidi metallici, ecc. Queste pietre si adoperano nella costruzione dei muri laddove si esige una grande resistenza e nelle ornamentazioni delle pareti, perchè la massima parte di esse sono di facile lavorazione e suscettibili di prendere le forme più delicate ed un maggior pulimento quanto più sono com-

patte. Tutti i calcari compatti, qual si sia la loro struttura, allorchè hanno la proprietà di lasciarsi levigare e lucidare prendono il nome di *marmi*.

Fra i *marmi antichi* si annoverano il *giallo antico*, molto raro e stimato, il *rosso antico* apprezzato per il suo colore vivace, il *nero antico* o *nero luculliano*, l'*alabastro antico* di color giallo miele, l'*affricano fiorito*, ecc., dei quali oggidì non si ha più traccia alcuna per le cave esauste in massima parte. In Roma soltanto dove i nostri antichi seppero raccogliere i marmi più belli per decorare i loro grandiosi edifici, si può avere cognizione di questi marmi tanto preziosi, nè è raro il caso, praticando lavori nel sotto suolo, di rinvenirne fra gli avanzi sepolti di antichi edifici.

Fra i *marmi moderni* ossia fra quelli provenienti da cave note od attive, che danno materiali da costruzione, si comprendono il *marmo statuario* ed i *marmi bianco, venato, bigio, bleu macchiato o bardiglio*, che si estraggono in gran copia dai monti di Massa Carrara, Serravezza ed in parte anche nelle Alpi Apuane e nei Pirenei; il *marmo nero* di Varenna ed il *portoro* (nero con venature gialle e rosse) che si estrae abbondantemente in Portovenere (Spezia); il *marmo giallo mandorlato* (giallo con venature rosse) ed il *rosso (persichino)* del Veronese; il *giallo di Siena* di colore uniforme; il *marmo verde*, noto anche col nome di *verde d' Egitto*, venato e macchiato color sangue, che si estrae in Sicilia, in Liguria ed in Carrara; il *marmo roseo* dell'isola di Gran Sasso d'Italia (Teramo); il *broccatello di Siena* di colore arancio e macchie violacee, il *broccatello rosso variegato* di Val Brembana, il *cipollino* venato in bianco, giallo e verde del Veronese; la *tumachella* di color grigio più o meno carico della Sicilia e del Veronese; l'*occhiadino* di Val Camonica; il *marmo brecciato* delle Alpi Apuane, di Mondragone e Cassino presso Caserta, di Ascoli e Campobasso, ecc.

Fra i *calcari compatti*, molti dei quali sono usati per la fabbricazione della calce e dei cementi, si notano principalmente: la *pietra d' Istria* di colore bianco verdognolo delle cave di Rovigo; il *biancone* del Veronese e del Vicentino; il *botticino* di Brescia di colore bianco sporco; il *calcare alberese* o *pietra paesiva* della Toscana; la *pietra corsiva* di Udine, ecc.

L'*alabastro calcareo* detto anche *alabastro orientale* si distingue dai marmi per la struttura fibrosa, cristallina e trasparente, di considerevole durezza. Si estrae in Italia a Como (Moltrasio), Cuneo (Garessio e Busca), Avellino (Mercogliano), Caserta (Sora).

I *tufi calcarei* o *calcari concrezionati* riescono leggeri perchè sono molto porosi. Sono rocce di sedimentazione meccanica (detriti di organismi calcarei con precipitazione di calcite) o di origine chimica. Le prime sono quasi sempre di origine marina, per cui se ne hanno cave importanti nelle regioni litoranee di Ancona (Fabbriano), di Manfredonia (Foggia), di Girgenti, di Porto Empedocle, di S. Flavia e di Palermo in Sicilia; di Laconi in Sardegna; nel Leccese, Bari e Barletta. Le seconde si riscontrano anche in luoghi distanti dal mare, e segnatamente nelle caverne dei monti calcarei, come a Niscemi e Caltanissetta in Sicilia, e a Matera in Basilicata. Se ne hanno depositi anche lungo le sponde dei fiumi, attraversanti regioni calcaree, come l'Oglio, il Serio ed altri fiumi minori del Bergamasco ed in più luoghi sulla sinistra del lago di Lugano, presso Caprino. Celebrefra i calcari poco compatti è finalmente il *travertino* di natura meno porosa dei tufi calcarei, e più coerente nella struttura, di colorito giallo più o meno tendente al grigio o al rossiccio. Prende il nome dalla pietra di Tivoli (Roma) usata nelle costruzioni di Roma antica e moderna, ed ora esteso a tutti i calcarei dello stesso genere. Oltre a Tivoli si hanno cave di travertino ai Bagni di S. Filippo in Toscana, Orte, Terni, Perugia, Telesse e Caserta in Terra di Lavoro.

### § 3.

#### LE ROCCE SILICEE.

Le rocce silicee si impiegano come materiali da costruzione, essendo suscettibili la maggior parte di fine lavoratura; si impiegano convenientemente anche come materiali di decorazione degli edifici. Molte di queste rocce sono composte di frammenti minerali di diversa natura, collegati da un cemento naturale che più sovente è siliceo, ma può essere anche argilloso e calcareo.

Il *granito* composto essenzialmente di quarzo e di ortose, ed accidentalmente di mica, orneblenda, talco ed altre sostanze di minore importanza, può essere di colore bianco, bigio, giallognolo, roseo o rosso e grigio verde a seconda del colore dell'ortose, che è la materia colorante e del numero dei granelli neri (mica, orneblenda). Può essere a grana fina, media o grossa, se i grani che lo compongono sono visibili con la lente (*microgranitoide*), o hanno la dimensione di m. 0,005 circa (*granitoide*), ovvero hanno di-

mensioni ancora maggiori (*macrogranitoide*). Ordinariamente il granito ha una struttura uniforme, ma non è raro il caso che i grani presentino un orientamento, dando al granito un aspetto scistoso; in questo caso il granito prende il nome di *gneiss*.

Presso gli antichi era celebre il *granito orientale* (rossiccio) impiegato dagli Egiziani prima e dai Romani dopo per le colonne e per gli obelischi.

Oltre al *granito comune* di color bigio e roseo si hanno le seguenti varietà di granito, dipendentemente dalle sostanze accessorie che vi predominano. Si chiama *granito sienitico*, o altrimenti *sienite*, quel granito in cui si ha associata l'orneblenda, ovvero questa è sostituita al mica; questo granito è di colore oscuro. Si chiama *protogino* quel granito di colorito verdognolo che contiene il talco associato o in sostituzione del mica.

Si hanno cave di granito in Francia, Inghilterra, Svizzera, Danimarca e Russia. In Italia sono rinomate le cave di Baveno sul Lago Maggiore (bianco e roseo), di Melano nel Luganese (rosso), di Alzo presso il lago d'Orta e di Montorfano presso il lago di Merzozzo (bianco e grigio), di Balma presso Biella e di S. Fedelino presso Chiavenna (bigio). Cave di minore importanza sono quelle delle isole dell'Elba e del Giglio, di Capo Palizzi a Reggio Calabria, del Monte Peloro a Messina, dell'isola della Maddalena e di S. Stefano, di Tempio, Quarto S. Elena, Tortoli e Terranova in Sardegna. In Toscana presso Prato si ha il *gabbro* o *granito verde* del monte Ferrato, il *gabbro* o *pietra di Filigne*, detta *granitone*, che fornisce le migliori macine per molini della Toscana e serve anche per decorazioni, il *gabbro* o *serpentino nero verde* di Siena, che si impiega come materiale da costruzione e per fabbricare macine.

I *porfidi* sono graniti essenzialmente costituiti di ortose e quarzo; manca il mica e l'orneblenda, che però possono eventualmente trovarvisi.

Sono caratteristiche queste rocce per la loro struttura porfiroide di apparenza omogenea, compatta e per la loro durezza superiore a quella dei graniti. Il loro colore è variamente brizzolato (bruno, rosso, giallo, verde), per cui riescono ottimi materiali di ornamentazione. Le diverse specie sono: il *porfido rosso antico* proveniente dalle coste del mar Rosso e dal basso Egitto, il *verde antico*, detto anche *porfido serpentino*, il *bigio*, il *nero* e quello *giallo-rosso orbicolare*, *globulare* o *sferulitico* di Corsica. Si hanno poche cave in Italia nell'isola d'Elba (Porto-

ferraio), a porto Ceresio (Como) ed a Reggio Calabria (Gallico).

I *gneiss* (*graniti venati* o *scistosi*) sono di costituzione analoga al granito, dal quale differiscono per la struttura scistosa da questo non posseduta. Si impiegano come pietre da costruzione ed in lastre di vario spessore per la formazione di gradini, balconi, soglie, pavimenti, ecc. In Italia si hanno cave di gneiss a Villaperosa (*pietra di Malanaggio*), a Pinerolo (*pietra di Cumiana*), a Como (*pietra di S. Rocco*) e presso il fiume Toce in Lombardia. Le lastre di gneiss in Lombardia sono chiamate *beole* ed in Piemonte *lose*.

Le *rocce frammentarie* sono quelle composte di frammenti di altre rocce unite insieme da cementi naturali; esse prendono il nome di *breccie*, *puddinghe* o *arenaree* secondo la qualità dei componenti.

Le *breccie* constano di frammenti angolosi di altre rocce, grosse fino a parecchi centimetri, cementati tra loro. Le *puddinghe* differiscono dalle breccie per la forma arrotondata dei frammenti (ciottoli). Entrambe si classificano dalla qualità delle rocce di cui sono costituiti i frammenti; si hanno perciò *breccie* e *puddinghe quarzose*, *granitiche*, *calcaree*, *dolomitiche*, ecc. Quelle a grossi elementi prendono il nome proprio di *conglomerati*, le altre ad elementi di piccole dimensioni chiamansi *brecciole*.

Le *puddinghe* però prendono anche diverse denominazioni locali. In Germania sono note sotto il nome di *grauwache* alcune arenaree formate da frammenti di rocce quarzose con abbondanza di mica, di aspetto scistoso, utili più che per materiali da costruzione per la fabbricazione di cementi artificiali. In Lombardia chiamano *ceppo* le *puddinghe* che si cavano lungo il corso dei fiumi dell'altipiano lombardo. Secondo la grossezza dei frammenti di pietra che lo compongono il ceppo prende l'epiteto di *ceppo rustico*, se i frammenti hanno dimensioni maggiori di cent. 5, *ceppo mezzano*, se sono minori di cent. 5 e *ceppo gentile* quando le parti sono così piccole, che solo da vicino si scorge la sua struttura granulare. Le *puddinghe* appena estratte dalle cave sono piuttosto tenere e quindi facili ed essere lavorate, in seguito a contatto dell'aria induriscono enormemente; il loro colore è giallo-bruno.

In Italia si hanno cave di *puddinghe* in Val Brembana e dell'Adda (Capriate, S. Gervasio, Brembate, Trezzo, Paderno, S. Pellegrino), a Poltragno (lago

d'Iseo), a S. Quirico (Ancona), a Brindisi, Taranto, Portoferraio, Montorfano e Piazza Armerina (Caltanissetta). Buone breccie si cavano a Renna (Modena), Garessio (Cuneo), Monte S. Giuliano di Trapani, e brecciole a Bologna (Cumugnano), detta *granitello*, a Camerata (Bergamo). Le breccie calcaree, con cemento della stessa o di altra natura, si qualificano per *marmo brecciato*; il marmo brecciato è suscettibile di bel pulimento e molto si adatta come ornamentazione per la sua policromia dovuta al cemento che è di colore diverso da quello dei frammenti. Il *mischio* violaceo delle Alpi Apuane, l'*occhiadino* a cemento alabastrino occhiforme, la *breccia ossilifera* e la *dolomitica* costituiscono le sue varietà.

Le *arenaree* sono rocce conglomerate a grana minutissima, costituite di grani di sabbia silicea, riunita da un cemento siliceo, calcareo o argilloso. Sono per lo più di colore grigio giallognolo o verdastro; difficilmente si lasciano tagliare e aderiscono malamente alle malte per cui non molto convenientemente si impiegano come materiali da costruzione, mentre si adattano per la formazione di pavimenti stradali e delle meno dure se ne fabbricano anche mole d'arrotino e filtri per l'acqua. Le concrezioni di quarzo siliceo assai dure, comunemente note col nome di *pietre molari*, si impiegano per la costruzione di eccellenti macine.

Le arenaree come le puddinghe prendono sovente nomi locali. Le arenaree di Viganò, Broncio, Malnate ed altri luoghi della Brianza oltre il nome di *ceppo gentile* portano quello di *cornettone* e di *molera*, secondo che si presentano più o meno resistenti. Quest'ultima pietra è di facile lavorazione per cui riesce di costo non elevato; essa si presta per la formazione di stipiti di finestre, cornici, balaustrate ed altre opere di ornamento. Si hanno cave di arenaree a Mapello, Sarnico ed altri luoghi del Bergamasco (*pietra di Sarnico*), Spezia (usata per lastricati in conci prismatici detti *tacchi*), Artegna e S. Pietro al Natis (Udine, *pietra piacentina* ed anche *masegna*), Astino e Costa di Mezzate nel Bergamasco. Se ne hanno ottime nel Parmigiano, Piacentino e Modenese; in Toscana prende il nome di *macigno* di colore azzurro-bigio che si coltiva in più luoghi e specialmente in Arezzo, Cortona, Marradi, Porretta, Borgo S. Lorenzo, Montelupo, Galluzzo, Lucca, Pienza, Volterra (Monte Cesari), Capannori, ecc. Non tutta la pietra di queste cave però e della medesima qualità; gli strati superiori danno una qualità meno resistente de-

nominata *pietra morta*; gli strati inferiori danno la così detta *pietra bigia*, che è più buona, e la *pietra serena*, che è migliore e più resistente, viene più in basso. Della *pietra forte* di Firenze, che è una arenaria più ricca di calce carbonata e più scarsa di mica, che si usa per lastricati, e della *pietra serena*, le cave più rinomate sono quelle delle colline di Fiesole intorno Firenze.

#### § 4.

##### LE ROCCE ARGILLOSE.

Le *rocce argillose* o *argilloseisti* sono composte di terre alluminose in unione con silice ed ossido di ferro. Sono di struttura scistosa e comprendono gli *amianti*, le *miche*, i *talchi*, gli *scisti*, le *ardesie* e le *lavagne*. Di queste varietà soltanto le due ultime ridotte in lastre si prestano come materiali per la costruzione delle coperture dei tetti, degli stipiti, di soglie, scalini e pavimenti. Le *ardesie* o *scisti tegulari* hanno colorito azzurro verde; si lasciano facilmente dividere in lastre, anche sottili, e le più buone sono quelle che danno, percuotendole, un suono chiaro e non assorbono acqua.

Le cave più preziose in Italia sono quelle dei monti presso Chiavari e precisamente nella valle di Fontanabona, Cogorno e Lavagna (Liguria); dal nome di quest'ultimo paese queste pietre nel commercio si chiamano *lavagne*. Scisti simili che si prestano come materiale tegulare si cavano anche in altri paesi, così a Moneglia, Pignone, Sestri Levante, Valdieri e Boves; in Valle Malenco (Sondrio), dove se ne fanno lastre per copertura (*piode*) e in Valle Condrio (Sondrio) dove si chiama *pietra verde* e *pietra venere*; nei territori di Barge e Sanfron presso Saluzzo, di Malonno (Treviso), di Valdobbiadene presso Treviso, dove si cavano le così dette *lastre foghere* per pavimenti dello spessore di m. 0,05, di Bondione (Bergamo) e di Aspromonte in Calabria.

#### § 5.

##### LE ROCCE GESSOSE.

Queste rocce sono costituite in prevalenza di solfato di calce e si dicono comunemente *seleniti*, *pietre da gesso* o semplicemente *gesso* dal nome del materiale cementante che da esse si ricava colla cottura;

assoggettate all'azione del fuoco perdono l'acqua d'idratazione, trasformandosi in quel prodotto che più propriamente si chiama *gesso*. Per la loro tenerezza queste pietre non si impiegano come materiali da costruzione. Una varietà piuttosto rara delle seleniti è l'*alabastrite* o *alabastro gessoso*, di struttura sacca-roidale, semitrasparente, di colore bianco o leggermente colorato in giallo o variegato, tenero ma compatto, che si impiega per opere di decorazione e per la formazione di oggetti minuti d'arte. Se ne hanno cave a Pietraligure, Fontana Elice, Volterra e Castellina. La *volpinite*, che si cava a Volpino (Bergamo) è una varietà ed è detta anche *bardiglio* di Bergamo.

## § 6.

## LE ROCCIE VULCANICHE.

Queste rocce secondo il loro stato di aggregazione si possono distinguere in coerenti ed in incoerenti. Le coerenti sono i prodotti di vulcani estinti e comprendono i tufi vulcanici, cioè il *basalto*, la *trachite* e la *pomice*. Le incoerenti si riferiscono per lo più a vulcani attivi o estinti da non molto tempo e comprendono la *pozzolana*, il *lapillo* e la *sabbia vulcanica*.

Il *basalto* è un tufo vulcanico di colore scuro, quasi nero, composto di silicato di magnesia con particelle di ferro ed orneblenda e di feldspato a base di allumina, calce e soda. Per la sua durezza riesce poco lavorabile, e fa poca presa colle malte. Non è molto usato per costruzioni, ma, essendo facilmente divisibile in masse prismatiche, si impiega utilmente per pavimentazione di strade. Se ne hanno estese cave nei monti presso Roma (Castelli romani, Marino, Velletri, Albano, Genzano, Frascati), ad Acicastello in Sicilia, a Macomer e Cabras in Sardegna, nei colli Euganei e nel Monte Gadda presso Padova.

La *trachite* di colore grigio giallognolo, verdastro o rossigno, è detta talvolta *granitello*, forse per la sua struttura granelloso squamosa. Si usa comunemente per pavimenti in forma di *selci* come il basalto, ma trova anche applicazione nelle costruzioni come rivestimento di muri ed anche nelle murature. La *trachite* si trova nell'Italia meridionale (Ischia, Pozzuoli, Pianura), dove ha anche il nome di *Piperno*; in Sardegna (Bosa, Carloforte, Pula, Ozieri), non che nel Padovano, dove forma la massa principale dei colli Euganei (Battaglia, Montemerlo, Monselice). Nell'Italia centrale si ha a Grosseto (Arcidosso e Roccastrada)

e presso Roma (Bracciano, Viterbo, Civitavecchia e Manziana), detto anche *pietra manziana* o *nenfro*. Le *pietre pomice* sono scorie vulcaniche di color bianco o grigio giallo che si impiegano per riempimento di volte e di solai, essendo un materiale leggero, di peso specifico minore di quello dell'acqua. Servono anche per pulire o *pomiciare*, come si suol dire, altre pietre. Se ne trovano nell'isola d'Ischia, nelle Eolie e nell'isola di Pantelleria.

Alle rocce coerenti si possono ascrivere anche le *lave*, che sono deiezioni di vulcani attivi, di colore grigio-nero, liquide appena sono eruttate e che si solidificano raffreddandosi. Danno pietre porose e facili a tagliarsi; aderendo facilmente con le malte si adoperano come pietrame per strutture murali, per imbasamenti e lastricati. Le cave più importanti si hanno alle falde del Vesuvio (Torre del Greco), nei pressi del lago di Bolsena (Orvieto) e alle falde dell'Etna (Giarre, Zafferana).

I detriti di rocce vulcaniche, uniti da cementi di natura diversa, danno le pietre note col nome generico di *conglomerati vulcanici*, dei quali la varietà più importante è il *peperino* di colorito giallobruno di cui si fa tanto uso a Roma ed a Napoli (monti Laziali e Pozzuoli) caratteristico per la leggerezza e per la facilità di lasciarsi squadrare.

Il *lapillo*, la *sabbia vulcanica* e la *pozzolana* non si impiegano come materiali da costruzione. Solo quest'ultima, costituita da un ammasso di frammenti di scorie laviche, di colore bigio, rosso o bruno, è ottimo ingrediente per dare malte idrauliche, allorchè è impastata con la calce.

## § 7.

LE PROPRIETÀ DA CONSIDERARSI NELLE PIETRE  
DA COSTRUZIONE.

Le proprietà fisiche delle pietre da costruzione hanno una grande importanza, perchè dalla loro conoscenza dipende la scelta che un costruttore fa tra i materiali per la costruzione di una fabbrica.

Le proprietà che meritano una maggiore considerazione sono: *volume*, *peso specifico*, *durevolezza*, *durezza e tenacità*, *permeabilità*, *affinità colle malte*, *lavorabilità*, *colore e resistenza allo schiacciamento*, alla *flessione* ed alla *trazione*.

Il *volume* concerne le dimensioni che si devono

assegnare alle pietre. Non tutte le cave danno pietre di qualsiasi volume, specialmente se le rocce sono stratiformi. Le pietre di grandi dimensioni sono le più difficili ad aversi, perchè, anche quando gli ammassi e gli strati lo permettono, sovente non tutto lo spessore della roccia è della medesima compattezza e coerenza. L'attitudine delle rocce a dare pezzi monolitici deve essere presa in considerazione in tre casi, allorchè il pezzo, cioè, deve avere una, due o tutte e tre le dimensioni grandi. Il primo caso si presenta quando si debbono avere *colonne* ed *obelischi* di un sol pezzo. Questi non possono altrimenti ricavarsi che coll'asse parallelo al verso di rottura della roccia. Si prestano per avere tali monoliti le rocce cristalline giacenti sotto forma di grandi ammassi (*granito, sienite, porfidi e porfiriti*), e le stratificate cristalline (*gneis, calcari marini e saccaroidi*), allora quando gli spessori degli strati sono grossi e questi si presentano piani e molto aderenti. In condizioni favorevoli si possono cavare colonne ed obelischi di grandi dimensioni; ne fanno fede gli obelischi antichi esistenti in Roma (*l'obelisco Laterano* con geroglifici alto m. 32,20, *l'obelisco Vaticano* senza geroglifici alto m. 25,30, quello di *Fiazza del Popolo* di poco differente dai precedenti e quelli di minori dimensioni del *Circo Agonale*, della *Trinità dei Monti*, del *Quirinale*, di *Montecitorio*, di *S. M. Maggiore* (compresi tra i 14 e 17 m.), quelli più recentemente eretti a Parigi (*Luxor*, alto m. 23 circa), a Londra (*Ago di Cleopatra*, alto circa 21 m.), nonchè le 16 colonne antiche del Pantheon di Agrippa in Roma alte m. 12,50, con un diam. di m. 1,45, di granito rosso e bigio d'Egitto, la colonna di Pompeo in Alessandria di granito rosso che era alta m. 20,50, quella di marmo in S. M. Maggiore in Roma, alta m. 14,30 e quelle moderne di S. Paolo f. m. in Roma di granito rosso di Verbanò alte circa 13 m. con un diam. di m. 1,56 e le 8 colonne dell'Arco del Sempione a Milano alte m. 10,54 di marmo saccaroide, ecc.

Quando i pezzi da estrarre hanno due dimensioni grandi rispetto la terza si è al caso di dover cavare le *lastre*. Queste però non sono mai richieste, per costruzioni, di dimensioni oltre un certo limite; per cui si prestano a dare lastre un numero maggiore di rocce e generalmente tutte quelle stratificate che presentano una sola facile divisibilità. Quanto minore è lo spessore richiesto tanto meno le lastre possono essere estese; crescendo la grossezza, cresce la possibilità di potere ottenere una superficie maggiore.

Sono caratteristici gli argillocisti (*ardesie*) che possono fendersi anche secondo lastre di m. 0,005 di spessore con una superficie di oltre mq. 0,25, i gneiss che con uno spessore di m. 0,04 a 0,10 ci possono fornire lastre di 10 a 15 mq. di superficie ed alcuni calcari, specialmente quelli dei giacimenti del Veronese, che hanno fornito lastre aventi 20 mq. di superficie con uno spessore di m. 0,30.

Se tutte e tre le dimensioni sono grandi, si è al caso di dover cavare i grandi blocchi che si impiegano nella costruzione dei basamenti, delle tazze per fontane, delle statue colossali, ecc. Per questi valgono le stesse considerazioni fatte per i blocchi da servire per la costruzione di colonne ed obelischi monolitici, però con una certa restrizione, perchè difficilmente le dimensioni di quelli raggiungono quelle di questi. Si prestano per dare tali monoliti anzitutto i *graniti*, indi in ordine decrescente il *calcare saccaroide*, i *gneiss*, i *calcari compatti*, le *arenarie*, le *breccie*, i *porfidi*, le *porfiriti*, il *travertino*, la *trachite* e il *basalto*.

Attualmente le cave di Baveno e di Carrara possono dare monoliti superiori ai mezzi di trasporto. Sono esemplari il basamento granitico di un sol pezzo della statua di Pietro il Grande a Pietroburgo del volume di 800 mc. circa, la cupola di un sol pezzo della tomba di Teodorico a Ravenna di calcare d'Istria del diam. di m. 11 con una freccia di m. 3,20 ed i colossi granitici antichi dell'Egitto.

Nel provvedere al cavo dei monoliti si deve porre attenzione, perchè questi siano scelti fra le parti della roccia, le quali riescono esenti di difetti come interclusioni e peli, che naturalmente scemano la resistenza del materiale, la bellezza ed il valore.

Il *peso specifico* delle pietre è necessario a conoscersi perchè quasi sempre le pietre più pesanti sono le più dure e le più resistenti e perchè il costruttore possa calcolare le pressioni e le spinte provenienti dal peso delle varie parti della fabbrica. Le rocce semplici, nelle quali predomina un sol componente, hanno il peso specifico pressochè uguale a quello dei componenti. A parità di composizione il peso specifico varia con la struttura, scema nelle strutture meno compatte, nelle macromere in genere e nelle incoerenti, porose e cavernose. Il peso specifico di una roccia è maggiore negli strati interni e minore in quelli situati nella periferia, anche quando non havvi differenza di struttura. Il peso specifico si determina dividendo il peso per il volume appa-

rente di un saggio della roccia. Il volume si determina immergendo il saggio nell'acqua e misurando il volume dell'acqua spostata. Nelle tabelle seguenti sono dati i limiti entro i quali oscillano i pesi specifici delle principali rocce usate nelle costruzioni (*Salmoiraghi*).

Pomice . . . . .	0.60 — 1.10
Tufo vulcanico . . . . .	1.10 — 1.75
Tufo vulcanico . . . . .	1.10 — 2.00
Selenite . . . . .	1.75 — 2.50
Arenaria . . . . .	1.80 — 2.30
Peperino . . . . .	1.90 — 2.30
Calcarea tenero . . . . .	2.00 — 2.40
Travertino . . . . .	2.20 — 2.50
Dolomia . . . . .	2.30 — 2.95
Calcarea compatto . . . . .	2.40 — 2.70
Trachite . . . . .	2.40 — 2.80
Gneis . . . . .	2.40 — 2.80
Porfido . . . . .	2.45 — 2.75
Quarzite . . . . .	2.45 — 2.75
Ofiolite . . . . .	2.50 — 2.75
Alabastro calcarea . . . . .	2.60 — 2.88
Granito . . . . .	2.60 — 2.90
Micascisto . . . . .	2.60 — 3.00
Porfirite . . . . .	2.65 — 2.80
Argilloscisto . . . . .	2.65 — 3.50
Calcarea saccar. . . . .	2.70 — 2.75
Sienite . . . . .	2.70 — 3.00
Basalto . . . . .	2.70 — 3.10
Talcoscisti . . . . .	2.75 — 3.00
Volpinite . . . . .	2.90 — 3.10

La *durevolezza* nelle pietre è la capacità di potere resistere all'azione del tempo, del gelo, dell'umidità e del fuoco. E' questo uno dei più importanti requisiti da considerare nella scelta delle pietre da costruzione; non tutte le pietre resistono egualmente a ciascuna di queste azioni distruttive, mentre quasi tutte sono alterate più o meno dal fuoco, nessuna essendo veramente refrattaria.

La loro esposizione più o meno verso il Nord, come verso la direzione dei venti dominanti, il clima ed il grado di lavoratura delle pietre possono influire non poco sulla gelività, essendo questa il più potente distruttore delle pietre. Anche la composizione e la struttura influiscono nel grado di durevolezza delle pietre. Così è che le arenarie a cemento siliceo sono più durevoli delle arenarie a cemento calcarea, le rocce quarzifere, delle non quarzifere, i gneiss nor-

mali di quelli granatiferi, ecc. In generale la presenza della silice favorisce la durevolezza, la presenza dei metalli e dell'argilla nuoce; i calcari argillosi infatti sono i meno durevoli. Le rocce di struttura micromerica sono generalmente più durevoli di quelle a struttura macromerica, così dicasi delle rocce compatte rispetto alle meno compatte. I pori, le venature, le superficie di divisibilità moltiplicano il contatto delle rocce cogli agenti meteorici rendendole più esposte all'azione corrosiva di questi.

Si può conoscere la resistenza al gelo di una pietra facendola bollire per 30 in una soluzione satura a freddo di solfato di sodio ( $\frac{2}{3}$  di acqua e  $\frac{1}{3}$  di sale), estraendola e facendola raffreddare in un ambiente secco per provocare la cristallizzazione del sale nei pori della pietra. Ripetendo più volte queste operazioni, le pietre gelive si sfaldano specialmente negli angoli riducendosi in polvere; dal peso della polvere caduta si può formare anche un concetto circa al grado di gelività della pietra. Questo procedimento proposto dal Brard però non dà risultati intieramente soddisfacenti in quanto che l'azione della cristallizzazione del solfato di sodio è stata riconosciuta più forte di quella del gelo. Ad ogni modo la gelività di una pietra sembra che sia in ragione diretta con la sua porosità, in quanto che le rocce più sono porose, maggior quantità d'acqua esse assorbono e quindi maggior facilità si ha d'essere distrutte dal gelo. Stando a questo principio il coefficiente di imbibizione può servire a dare un criterio della gelività della pietra; ciò però non toglie che vi possano essere pietre porose, come il travertino ed alcuni calcari teneri, che non si lasciano guastare dal gelo.

Nel caso di rocce destinate a resistere contro la salsedine, basterà immergerne un saggio nell'acqua di mare, ed osservare il risultato di questo esperimento diretto, dopo un certo tempo.

La resistenza al fregamento nelle pietre costituisce quella proprietà che si chiama *durezza*. Questa si misura paragonandola alla durezza dei dieci minerali componenti la scala crescente di Mohs cioè: *talco, selenite, calcite, fluorite, apatite, ortose, quarzo, topazio, corindone e diamante*.

La *tenacità* invece è la resistenza opposta dalle rocce a lasciarsi rompere per urto ed il suo opposto è la *fragilità*.

Tanto la composizione che la struttura influiscono sulla durezza delle rocce. Nelle rocce semplici la durezza è eguale all'incirca a quella del componente;

nelle composte risulta generalmente maggiore di quella dei rispettivi componenti, così le quarziti ed i calcari riescono più duri rispettivamente del quarzo e della calcite: ciò indica che la durezza dipende anche dalla aderenza dei componenti e quindi dalla struttura delle rocce; infatti la durezza decresce dalle rocce compatte alle medesime meno compatte e da queste alle medesime porose. E poichè le rocce più compatte sono anche le più pesanti, al maggior peso specifico nelle rocce corrisponde spesso la durezza più notevole.

La durezza nelle rocce si può determinare in maniere differenti. Scalfendole con una punta resistente (*ferro, acciaio, quarzo, ecc.*) e paragonandone la scalfitura con quella che la medesima punta fa sopra altre rocce o nei minerali della scala di Mohs ovvero misurando il tempo necessario per compiere un determinato lavoro sopra di esse.

Per le pietre destinate a resistere all'attrito del carreggio (*pavimenti, massicciati, scanzaruote, ecc.*) conviene il metodo suggerito dal Rondelet, fregarne cioè un saggio con un pezzo di arenaria, misurando e paragonandone il consumo con quello di altre rocce nelle medesime condizioni di tempo e di volume.

Il criterio più adattato però è quello della segabilità e del peso specifico, per cui le rocce, relativamente alla loro durezza, si classificano in:

rocce *tenere*, se il peso specifico è minore di 2,50 e si lasciano segare facilmente con seghe a denti (Es.: i *tufi vulcanici* ed i *tufi calcarei*);

rocce *mediamente tenere* o *mezzane*, se il peso specifico è compreso tra 2,50 e 2,70 e sono segabili difficilmente con la sega a denti e facilmente con la sega liscia, col concorso della sabbia (es.: i *calcari semiduri*);

rocce *dure*, se il peso specifico supera 2,70 e si lasciano segare soltanto dalla sega liscia, col concorso di sabbia quarzosa o di smeriglio (es.: il *marmo*);

rocce *durissime*, se non si lasciano segare che con le seghe a diamanti (es. il *porfido*).

La durezza è un requisito di somma importanza a conoscersi per le pietre da pavimentazione. Nella tabella seguente sono indicati i risultati di esperienze di resistenza alla corrosione per attrito di alcune pietre, eseguite dal Prof. Canevazzi nel laboratorio sperimentale per la resistenza dei materiali annesso alla Scuola per gli Ing. di Bologna, nella determina-

zione dei quali è stato scelto come materiale tipo di riferimento il granito d'Alzo 1.<sup>a</sup> qualità perchè universalmente conosciuto (1).

<i>Pietra sperimentata</i>	Coefficiente specifico di corrosione per attrito	Coefficiente specif. di resist. alla corrosione per attrito
(Anno 1895)		
Granito d'Alzo 2. <sup>a</sup> qualità . . . . .	1.47	0.680
Macigno del Sasso (Arenaria molassa).	56.80	0.018
» di Varignana (sabbie agglutin.)	20.13	0.050
» » Porretta . . . . .	4.88	0.205
» » Firenzuola . . . . .	6.16	0.162
» » Battedizzo (arenaria molassa)	42.07	0.024
» » Brisighella (molassa grigia)	15.63	0.064
» » Burcianella (granitello) . . . . .	2.44	0.410
» » Vergato (molassa) . . . . .	3.77	0.265
» » Montovolo a grana fina . . . . .	3.51	0.285
» » » » » grossa . . . . .	4.43	0.226
Sasso di Pesaro (arenarea calcare) . . . . .	5.40	0.185
Pietra di Verona (biancone) . . . . .	4.59	0.218
» » » (rossetto) . . . . .	5.62	0.178
(Anno 1896 e 1897)		
Luserna * . . . . .	0.886	1.128
Bevola . . . . .	2.89	0.346
Arenaria Molassa grigia normale (cava Madonna del Bosco presso Vergato)*	3.16	0.316
Id. Id. * *	2.95	0.339
Trachite di Monselice . . . . .	2.43	0.411
Pietra di Pesaro . . . . .	5.32	0.188
Biassa . . . . .	3.74	0.267
Grizzana . . . . .	1.88	0.532
Pietra di Porretta . . . . .	3.61	0.277
Calcescisto (Alpi Apuane) . . . . .	9.53	0.104
Peperino (Colli Laziali) . . . . .	8.594	0.0543
Travertino di Tivoli . . . . .	5.783	0.172
Lava basaltica (S. Pietrino) . . . . .	1.81	0.552
» (Seleio) . . . . .	2.47	0.404
Pietra di Indemo Olona . . . . .	0.743	1.345
Granito rosso di Baveno . . . . .	0.716	1.39
Granito di Novate Valtellina . . . . .	0.908	1.101
Granito bianco di Montorfano . . . . .	0.800	1.25
Pietra di Montorfano . . . . .	2.46	0.406
Pietra di Sirone . . . . .	6.027	0.165
Pietra di Oggionno . . . . .	4.60	0.217
Pietra di Albate * . . . . .	0.743	1.345
» » * *	1.10	0.909
Marmo di Oleio . . . . .	2.616	0.382
Arenaria delle cave di Sarnico . . . . .	6.567	0.152
» » » Mapello e Fontanella . . . . .	3.89	0.282
Sarnico . . . . .	4.108	0.243
Id. . . . .	3.46	0.289
Malanaggio . . . . .	1.78	0.561
Luserna (S. Giorgio) . . . . .	1.277	0.799
» » . . . . .	1.035	0.969
Luserna (S. Giovanni) . . . . .	0.920	1.087
Viggiù . . . . .	6.325	0.159
Borgogne . . . . .	1.48	0.675
» . . . . .	1.138	0.878
Balma . . . . .	1.120	0.892

I seguenti risultati sperimentali (2) sono quelli

(1) *Annali Società Ingegneri Roma* 1897.

(2) Salmoiraghi, *Materiali da costruzione*. 1892.

\* Secondo il piano di sedimento.

\* \* In direzione normale al piano di sedimento.

di Bauschinger di Monaco. Quelli marcati con A esprimono gli estremi di logorabilità (rappresentata dalla perdita di volume in cmc.) di diverse rocce in stato asciutto; quelli marcati con B in stato bagnato e con smeriglio parimenti bagnato; gli stessi dati sono estesi anche ad altri materiali da costruzione. Questi risultati si ottennero con una macchina composta di un disco in ferro girevole ad asse verticale contro cui erano premuti i saggi in forma di cubi di 0,06 di lato, coll'intermezzo di uno smeriglio provocante il logorio.

	A	B
Granito compatto . . . . .	3.7-4.3	6.2-6.8
Granito a grana grossa . . . . .	5.6-5.9	11.5-11.8
Granito { da banchi sup. . . . .	3.5-4.1	
»   »   inf. . . . .	4.3-4.9	
Granito { a grana grossa . . . . .	3.2-3.7	
»   »   fina . . . . .	4.0-4.8	
Granito { compatto . . . . .	3.3	
poroso . . . . .	4.4	
Sienite . . . . .	6.9	13.2
Porfido . . . . .	2.6-2.7	3.8-4.1
Porfido { molto quarzifero . . . . .	2.6	
»   meno   » . . . . .	4.7	
Basalto . . . . .	2.9-3.0	6.7-7.3
Basalto con punti vetrosi . . . . .	5	
Gneis . . . . .	3.2-4.1	
Argilloscisti . . . . .	1.9-3.7	5.1-6.5
Breccia silicea . . . . .	2.4-4.2	
Marmo bianco . . . . .	27.7	48.8
Calcarea litografico . . . . .	17.7	47.0
Calcarea granulare . . . . .	13.3-18.2	30.0-30.2
Arenaria bigio-giallognola . . . . .	5.4-5.7	10.1
»   bigia . . . . .	10.9-16.0	25.9-32.7
Arenarea rossa { a grana grossa . . . . .	13.0-13.5	28.8
»   »   fina . . . . .	19.0-21.0	41.8
Arenarea { con vene quarzose . . . . .	12.4	34.5
senza   »   » . . . . .	28.9	41.5
Arenarea { grossa con quarzo . . . . .	32.9	
fina senza   » . . . . .	82.3	
Laterizi per pavim. stradali . . . . .	1.7-18.3	7.1-31.3
Materiali cementati . . . . .	4.6-18.4	12.6-52.3
Asfalto . . . . .	6.0	18.2
Asfalto con sabbia . . . . .	13.8	34.8
Quercia . . . . .	6.6-7.1	9.3-9.7
Ottone . . . . .	0.66	0.74

La permeabilità rispetto all'acqua nelle rocce è costituita dal potere assorbente delle medesime. Essa è necessaria a conoscersi per le pietre destinate a stare a contatto dell'acqua o dell'umidità, come avviene nelle coperture dei tetti. Tutte le rocce sono permeabili sebbene in grado diverso; l'impermeabilità all'acqua non esiste in modo assoluto per alcuna di esse. Talune, le più porose, si imbevono facilmente

d'acqua, allorchè vi sono tuffate, altre l'assorbono per forza di capillarità, altre difficilmente ovvero sotto pressione, di modo che l'imbibizione, l'assorbimento e la penetrabilità individuano tre gradi diversi di permeabilità, dei quali il primo è il più importante a conoscersi dal costruttore per la scelta delle pietre.

Il rapporto tra il peso dell'acqua imbevuta e il peso del saggio  $h = \frac{P_1 - P}{P}$  chiamasi *coefficiente di imbibizione riferito al peso del saggio*, che è diverso del rapporto col volume  $h = \frac{P_1 - P}{V}$  che si chiama *coefficiente di imbibizione riferito al volume del saggio*.

Nella seguente tabella sono dati i coefficienti di imbibizione delle principali pietre da costruzione riferito al peso del saggio, riportati dal Salmoiraghi:

Granito . . . . .	0.0006	--	0.002
Marmo comp. . . . .	0.0008		
Argilloscisto . . . . .	0.002	--	0.028
Selenite . . . . .	0.022		
Calcarea siliceo-cloritico . . . . .	0.028		
Basalto . . . . .	0.030		
Calcarea cavernoso . . . . .	0.032		
Dolomite . . . . .	0.033		
Trachite cellulare . . . . .	0.037		
Calcarea oolitico . . . . .	0.069	--	0.073
Arenaria . . . . .	0.007	--	0.250
Calcarea tenero . . . . .	0.097	--	0.211
Creta . . . . .	0.241		
Gneis . . . . .	0.010	--	0.025
Travertino di Orte . . . . .	0.085	--	0.116
»   di Tivoli . . . . .	0.102	--	0.238
»   di Magliano (Grosseto) . . . . .			0.123
»   di Fiano romano . . . . .	0.158	--	0.213
Calcarea compatto . . . . .	0.001	--	0.006
Grovacca . . . . .	0.002		

La seguente tabella ci dà i coefficienti di imbibizione riferiti al volume del saggio:

Arenaria di Parigi . . . . .	0.050	--	0.058
Granito . . . . .	0.0005	--	0.021
Marmi . . . . .	0.003	--	0.020
Calcari teneri . . . . .	0.32	--	0.40
Breccia diabas . . . . .	0.0018		
Basalto . . . . .	0.013		
Arenarie . . . . .	0.154	--	0.270
Granito belga . . . . .	0.0005		
Marmo di Carrara . . . . .	0.001		
Sienite . . . . .	0.014		
Tufo calcareo . . . . .	0.202		
Calcarea cavernoso . . . . .	0.398		
Trachite . . . . .	0.096		
Arenaria compatta . . . . .	0.172		

Da esperienze dello stesso professore Salmoiraghi (1886-89), dopo immersione del saggio per dodici a quaranta mesi, ricaviamo i seguenti altri coefficienti:

	Peso specifico del volume in stato asciutto	Coefficiente d'imbibizione
Macigno di Fiesole (Firenze) } a grana fina. . . . .	2.72	0.014
» » grossa . . . . .	2.71	0.016
Arenaria di Sarnico (Bergamo) . . . . .	2.65	0.043
Arenaria pud. di Brembate . . . . .	2.41	0.088
Arenaria ceppo gentile di Brembate . . . . .	2.46	0.121
Calcere di Brenno Useria (Como) . . . . .	2.44	0.145
Calcere tenero di Quinzano (Verona) . . . . .	2.29 — 2.03	0.171 — 0.290
Travertino di Pesto (Salerno) . . . . .	2.16	0.177
Calc. ten. (Pietra Gallino) di Avesa (Verona) . . . . .	2.13	0.227
» di Valle . . . . . » » » » . . . . .	2.11	0.235
» di Castelcerino . . . . . » » » » . . . . .	2.01	0.262
» dei Colli Berici (Vicenza) . . . . .	2.01	0.269
» di Castelrotto (Verona) . . . . .	2.00	0.272
Tufo vulcanico di Roma . . . . .	1.46	0.274
Calcere tenero di Lugo (Vicenza) . . . . .	1.89	0.317
Tufo vulcanico di Roccapiemonte (Salerno) . . . . .	1.11	0.537
» » di Siano (Salerno) . . . . .	1.25	0.548

L'*affinità colle malte* è quel requisito importante delle pietre per cui esse aderiscono ai materiali cementanti. Due cause influiscono su questa proprietà, per cui l'*affinità* può essere solamente *meccanica* o anche *chimica*.

L'*affinità colle malte* in parte è dovuta al fatto che queste, per la loro natura pastosa, nella composizione delle strutture murali occupano tutti gli interstizi e le rugosità delle pietre contro le quali la malta viene compressa. L'insieme di tutti questi piccoli incastri costituisce l'*affinità meccanica*, la quale in generale non è forte. Alcune malte, specialmente quelle costituite con calce di buona qualità ed ottima sabbia, poste a contatto colle pietre, aderiscono non solo meccanicamente, ma anche chimicamente, combinandosi con alcuni elementi delle pietre (silice, allumina, ossidi di ferro, ecc.), per cui, all'atto del loro indurimento, si può dire che la pasta forma un corpo solo e continuo con le pietre; questa aderenza costituisce l'*affinità chimica*, la quale può anche essere maggiore della coesione della malta, il distacco infatti di due pietre cementate non avviene mai netto, le pietre portando seco sempre l'impronta delle malte.

Conseguentemente nell'*affinità meccanica* influisce la struttura delle pietre e il grado di lavorazione delle loro faccie. Le pietre grezze e le cavernose son quelle che meglio aderiscono colle malte. Sull'*affinità chimica* influisce la composizione delle roccie. Ordinariamente le roccie silicee e le silicate reagiscono con la calce delle malte più che le carbonatate e le solfate.

La *lavorabilità* è l'attitudine delle pietre a lasciarsi tagliare secondo forme convenienti e pulire con faccie o superficie più o meno levigate e lucenti per cui se ne possa godere il loro vero colore e farne la scelta come materiale decorativo.

Le pietre possono subire diversi gradi di lavorazione e cioè si possono *fender*, *segare*, *scolpire*, e *lucidare*. L'eccesso come la mancanza di durezza e di tenacità nuoce alla fenditura, la quale in gran parte dipende dalla stratificazione o dalla scistosità delle roccie. La durezza si oppone a che le pietre siano segate e scolpite; le roccie tenere sono quelle che più facilmente si lasciano lavorare, specialmente se sono abbastanza tenaci da resistere all'urto degli strumenti. Gli attrezzi e gli strumenti variano secondo la natura delle roccie; la loro descrizione è contenuta in uno dei paragrafi seguenti.

Il *colore* nelle roccie è dato dai componenti; esso ha importanza per le pietre destinate come ornamentazione degli edifici, nelle altre no. Le roccie possono essere di un sol colore o di più colori. I colori dominanti sono il *bianco*, il *nero*, il *verde*, il *rosso* il *giallo* e l'*azzurro*. Il bianco è dato dalla calcite, dolomite, selenite, dai feldspati incolori; il nero dalla presenza del ferro, dell'orneblenda, e in generale dalle sostanze bituminose e carboniose e di magnetite; il verde dal serpentino, dal talco ed in generale dai silicati di magnesio e ferro; il rosso dall'ortose e dal granato; il giallo dalla limonite; l'azzurro dalla presenza di silicati o di solfuri. Altri colori intermedi come il *violetto*, l'*arancio* si possono avere

per effetto della convivenza di diversi dei componenti enunciati.

La resistenza allo schiacciamento è senza dubbio il più importante requisito delle pietre, perchè queste siano convenientemente disposte nelle strutture murali in corrispondenza della pressione alla quale devono essere sottoposte e poichè il costruttore in base alla stessa possa determinare lo spessore dei muri. Praticamente il carico permanente al quale per garanzia conviene sottoporre le pietre non supera  $\frac{1}{10}$  di quello necessario per lo schiacciamento. Per le costruzioni leggere e di carattere provvisorio questo carico si può spingere fino a  $\frac{1}{6}$ , ma non di rado conviene ridurlo ad  $\frac{1}{15}$ , e perfino a  $\frac{1}{20}$ , allorchè si tratti di pilastri o di sostegni isolati e di materiali teneri e di piccole dimensioni.

La resistenza allo schiacciamento delle rocce ha rapporti con la struttura delle medesime, col peso specifico, con la durezza e tenacità, e con la giacitura che queste possedevano nella cava.

Quanto più i componenti di una roccia tendono ad essere eguali in dimensione e piccoli, tanto più la roccia ha maggiore resistenza, essendosi provato ad esempio che i graniti, le puddinghe, ecc. a grana comune riescono più resistenti delle medesime rocce macromere; le rocce cristalline sono maggiormente resistenti e le compatte in genere più delle stratificate e scistose, sebbene non manchino gli esempi in contrario. Fra le rocce cementate le arenaree sono le più resistenti. E poichè le rocce più compatte hanno un peso specifico maggiore, si può dire che col crescere di questo si ha in corrispondenza una maggiore resistenza. Dato il peso specifico di una roccia quindi si può anche avere il suo grado di resistenza ricavandolo graficamente da un diagramma avente per ascisse i pesi specifici di rocce analoghe e per ordinate le resistenze.

E' provato inoltre che la tenacità favorisce la resistenza più che la durezza, e che le pietre di una stessa cava appartenenti agli strati superiori (*cap-pellaccio*) sono meno resistenti di quelli appartenenti agli strati sottostanti. Le interclusioni, le venature, i peli, i difetti in genere delle pietre riescono dannosi alla resistenza, per cui sono da escludersi queste pietre quando sono destinate a sopportare una grande pressione.

Nella tabella seguente sono indicati i risultati sperimentali di resistenza allo schiacciamento delle principali pietre da costruzione.

a) Esperienze del prof. C. Guidi (1895) sopra cubi di 7 a 10 cm. di lato (1).

Qualità e provenienza	Peso specifico	Resistenza in kg per cm. <sup>2</sup> (val. medio)
Gneis di Luserna (S. Giovanni) Torino	—	1225
» Borgone (Susa) . . . . . »	—	744
» Malanaggio . . . . . »	—	656
Granito bianco di Montorfano. Novara.	—	950
» rosso di Baveno . . . . . »	—	937
Sienite della Balma . . . . . »	—	934
Pietra del Colle di Tenda (versante Nord)	—	905
Pietra della cava comunale di tenda . .	—	1280
Pietra della cava Lanteri . . . . .	—	1845
Roccia serpentinoso di Cornigliano (Genova). . . . .	—	1310
Roccia serpentinoso della cava Baiarda (Acquasanta) Genova . . . . .	—	1030
Lherzolite (cave Cogoletto) Genova . .	—	1250
Arenaria di Sarnico (Bergamo) . . . .	—	600
» » Fivizzano (Lunigiana) . . . . .	—	1038
» » Pontremoli . . . . .	—	816
» » Spezia (cava Bagnone) . . . . .	—	975
» » » (cava di Biassa) . . . . .	—	1230
» » Biassa (Spezia) Propr. De Scalzi, Bonati e Bertano.	—	1324
» » Serra (Tramonti) Riomaggiore (Spezia). . . . .	—	1473
» » Serena di Val di Pino (Cassella) Spezia . . . . .	—	1179
Arenaria Serena di Val di Pino bianca	—	885
» » di Montoro (Terni) . . . . .	—	780
Marmo bianco di Carrara . . . . .	—	831
» bianco di Gressio (Cuneo) . . . . .	—	939
» paonazzo » » . . . . .	—	886
» nero. » » . . . . .	—	1216
» persichino » » . . . . .	—	1837
» di Pont Canavese (Torino) . . . . .	—	760
Calcarea d'Istria (normalmente agli strati)	—	1590
» » (parallelamente » » )	—	1350
» di Viggiù (rossetta) Como . . . . .	—	816
» » » (bigio) » . . . . .	—	620
» » Saltri . . . . .	—	909
» » Botticino Mattina (Brescia) . . . .	—	931
» » mandorlato di Verona . . . . .	—	872
» » nero di Genova . . . . .	—	853
» » Ceparana, Bolano (Genova) . . . .	—	860
» » Popoli (Abruzzi) . . . . .	—	840
» compatto delle cave di Neviano (Lecce) . . . . .	—	834
Pietre litografiche di Sellano (Umbria)	—	1650
Pietrame di Uliveto (Pisa) cava Grassi-Mariani . . . . .	—	970
Pietrame di Uliveto (Pisa) cava Bedini	—	670
» » » » » Iaccola	—	776
» » » » » Sighieri	—	667
» di Caprona (Pisa) cava Sighieri, bianco . . . . .	—	837
Pietrame di Caprona (Pisa) cava Sighieri rossiccio . . . . .	—	554
Pietrame di Caprona (Pisa) cava Sighieri bianco cenere . . . . .	—	500
Pietrame dei Bagni di S. Giuliano (Pisa)	—	1143
» di Valle di Ripafratta (Pisa). . . . .	—	1422
» di Vecchiano (Pisa) . . . . .	—	574
» » S. Giovanni alla Vena (Pisa)	—	943
» Alberese del torrente Morra (Pisa) . . . . .	—	> 1563
Pietrame Alberese del Monzone . . . . .	—	1059

(1) Annali Società Ing. Roma. 1895.

Qualità e provenienza.	Peso specifico	Resistenza in kg. per cm. <sup>2</sup> (val. medio)	Qualità e provenienza	Peso specifico	Resistenza in kg. per cm. <sup>2</sup> (val. medio)
Pietrame alberese del torrente Sterza	—	1252	Calccare compatto di Lucca . . . . .	—	625
Pietra leccese o calcare tenero delle cave di Cursi . . . . .	—	160	» » di Caserta . . . . .	2.72	595
Tufo calcare di Gallipoli (Lecce) . . . . .	—	44	» » di Bellona (Caserta) . . . . .	—	984
Tufo calcare delle cave di Nardò (Lecce)	—	26	» » S. Eleuterio (Benev.) . . . . .	—	606
» » » » » Accetta » . . . . .	—	33	» semiduro Cesio (Belluno) . . . . .	—	241
» » » » » S. Giorgio » . . . . .	—	24	» » Lavazzo » . . . . .	—	294
» » » » » Carduccia (Taranto) . . . . .	—	45	Calccare tenero di Lonigo (Vicenza) . . . . .	1.97	204
Pietra damascata di Sardegna . . . . .	—	400	» » (Gallina) di Verona . . . . .	2.56	123
Peperino di Bassano (Sutri) chiaro . . . . .	—	81	» » (Ungarino) di Verona . . . . .	2.30	118
» » » » » scuro . . . . .	—	164	» » (Mattone) di Verona . . . . .	2.38	150
			« » di Siracusa . . . . .	—	132
			Pietra pece Ragusa (Siracusa) . . . . .	—	133
			Travertino Magliano (Grosseto) . . . . .	2.42	454
			» Fiano Romano (Roma) . . . . .	2.44	372
			» Orte (Roma) . . . . .	2.45	498
			» Tivoli (Roma) . . . . .	2.56	390
			» Pesto (Salerno) . . . . .	2.25	226
			Tufo calcareo di Varana (Modena) . . . . .	—	34
			» » Renno » . . . . .	2.13	83
			Breccia ofiolitica . . . . .	—	637
			Arenaria rossa Darfo (Brescia) . . . . .	2.83	481
			» a grana fina Camerlata (Como) . . . . .	—	244
			» a grana grossa » (Como) . . . . .	—	137
			» Missaglia (Como) . . . . .	2.75	758
			» pudding Rocchetta (Aless.) . . . . .	—	391
			» » Novi (Ligure) . . . . .	2.64	488
			» a grana grossa (Ligure) . . . . .	2.64	500
			» a grana grossa Pietrabissara (Genova) . . . . .	—	367
			Macigno di Montardone (Modena) . . . . .	—	103
			» » Pievepelago » . . . . .	—	236
			» Sestola (Modena) . . . . .	—	281
			Tufo Vulcanico di Roma . . . . .	1.22	58
			Peperino (Roma) . . . . .	1.97	228
			Tufo vulcanico di Napoli . . . . .	1.30	52
			» » di Fontanelle (Napoli) . . . . .	1.74	47
			Granito di S. Fedelino (Sondrio) . . . . .	2.62	488
			Ghiandone (errat.) Brianza (Como) . . . . .	2.67	299
			Granito di Alzo (Novara) . . . . .	—	665
			Sienite di Biella . . . . .	2.75	913
			Porfido di Gana (Como) . . . . .	2.62	921
			» di Boarezza (Como) . . . . .	2.59	731
			Piperno duro di Napoli . . . . .	2.60	592
			» tenero di Napoli . . . . .	2.28	151
			Lava del Vesuvio . . . . .	2.64	635
			» dell'Etna . . . . .	—	972
			Scoria vulcanica (Roma) . . . . .	0.89	37
			» » (Napoli) . . . . .	0.86	33
			Pomice (Napoli) . . . . .	0.67	42
			Lava scoriacea di Catania . . . . .	—	381
			Gneis di Post (Torino) . . . . .	2.73	510
			» di Beura (Novara) . . . . .	2.55	462
			» Cumiana (Torino) . . . . .	2.65	995
			» Perosa » . . . . .	2.88	750
			» S. Basilio (Torino) . . . . .	2.64	1128 *
			» granito (Torino) . . . . .	2.63	841 *
			Steascisto di Mongiovetto (Torino) . . . . .	2.74	200 *

## b) Esperienze dell'ing. A. Raddi (1896)

Qualità e provenienza	Peso specifico	Resistenza in kg. per cm. <sup>2</sup> (val. medio)
Pietra forte dei dintorni di Firenze (Monte-ripaldi) . . . . .	2.800	1220
Calccare di Parana (Pisa) . . . . .	2.800	730
Marmo nero chiaro delle Alpi Apuane . . . . .	2.850	610
Marmo statuario di Carrara . . . . .	2.800	570
Granito dell'Isola del Giglio . . . . .	2.800	504
Pietra serena di Fiesole . . . . .	2.600	500
Calccare alberese di Firenze . . . . .	2.630	400
Travertino di Monsummano . . . . .	2.600	400
Calccare dolomitico della costa orient. del Golfo di Spezia . . . . .	2.875	1230
Pietra calcare delle isole Polmonaria, Tino e Tinetto . . . . .	2.840	800
Pietre calcare di Arcola (Golfo di Spezia)	2.700	730

A complemento dei dati sopracennati si aggiungono i seguenti:

## c) Risultati riportati dal Salmoiraghi (1)

Qualità e provenienza	Peso specifico	Resistenza in kg. per cm. <sup>2</sup> (valore medio)
Calccare saccaroide di Musso (Como) . . . . .	—	585
Calccare saccaroide di Ornavasso (Novara) . . . . .	2.75	417
Calccare saccaroide di Crevola d'Ossola (Novara) . . . . .	2.65	612
Bardiglio Mallare (Genova) . . . . .	—	490
Marmo Secchiario (Verona) . . . . .	2.75	992
Marmo Nembro e Cenzia (Verona) . . . . .	2.74	868
Marmo Rossetto (Verona) . . . . .	2.82	778
Biancone (Verona) . . . . .	2.80	1147
Marmo giallo (Verona) . . . . .	2.71	537
Marmo ghiandone (Verona) . . . . .	7.68	254
Calccare nero di Moltrasio (Como) . . . . .	—	324
Calccare compatto di Brenno-Useria (Como) . . . . .	2.55	386
Marmo Gassino (Torino) . . . . .	2.68	718
Calccare compatto di Millesimo (Genova) . . . . .	—	433
Marmo rosso di Renno (Modena) . . . . .	—	448

(1) Materiali naturali da costruzione. 1892

In costruzione le pietre possono essere assoggettate anche a sforzi di *flessione* e più di rado a sforzi di *trazione*. Esempi di sforzi di flessione si hanno nelle mensole, negli scalini a sbalzo, nelle lastre dei balconi, nei ripiani delle scale, nelle piatta-

\* Normalmente agli strati.

forme, ecc. Invece la resistenza alla trazione è importante a conoscersi nelle pietre, perchè essa costituisce la misura esatta della loro coesione; è un mezzo perciò di valutare anche la coesione delle malte, uno dei più importanti fattori della stabilità di una fabbrica. Secondo Vicat la resistenza alla trazione sta alla resistenza allo schiacciamento di una medesima pietra come  $\frac{4}{9}$ . Influiscono sopra entrambe le resistenze, alla flessione ed alla trazione, i medesimi fattori che influiscono sulla resistenza allo schiacciamento, cioè la struttura e le dimensioni dei componenti delle rocce e quindi il peso specifico.

Nella seguente tabella si hanno i valori delle resistenze alla flessione di alcune pietre devuti alle esperienze dei sigg. Conti e Falangola (*Riv. Artigl. e Ganio*, 1887).

Qualità e provenienza	Resistenza in Kg. per cm. <sup>2</sup>
Calcarea compatto d'Istria . . . . .	75
» » di Aviano (Udine) . . . . .	59
» » di Gemona . . . . .	70
» » di Virle (Brescia) . . . . .	70
» » di Viggiù (Como) . . . . .	113
» » di Saltrio (Como) . . . . .	81
» » Foligno (Perugia) . . . . .	93
» » Billiemi (Palermo) . . . . .	45
Calcarea tenero (Siracusa) . . . . .	34
Travertino di Siena . . . . .	59 — 70
» di Orvieto (Perugia) . . . . .	65
Breccia calcarea di Faedis (Udine) . . . . .	114
» » di Torreano (Udine) . . . . .	79 — 129
Puddinga di Capriate (Bergamo) . . . . .	31
Arenaria di Sarnico (Bergamo) . . . . .	86
» di Mapello » . . . . .	168
» di Viganò (Como) . . . . .	65
» di Biassa (Genova) . . . . .	> 191
» di Cassio (Parma) . . . . .	66 — 158
Macigno di Fiesole (Firenze) . . . . .	65
Pietra forte di Galluzzo (Firenze) . . . . .	122
Arenaria di Capo S. Elia (Cagliari) . . . . .	72
Granito di S. Fedelino (Sondrio) . . . . .	137
» di Baveno (Novara) . . . . .	51
» di M. Orfano (Novara) . . . . .	82 — 99
» di Alzo (Novara) . . . . .	75 — 119
» di Isola d'Elba . . . . .	62 — 80
» di Serra S. Bruno (Catanzaro) . . . . .	48
» di Carbonara (Cagliari) . . . . .	90
» di Nuoro (Sassari) . . . . .	82
Lava dell'Etna . . . . .	45 — 47
Lava di Alghero (Sassari) . . . . .	88
Gneis Beura (Novara) . . . . .	127 — 172
» Malanaggio (Torino) . . . . .	169 — 173
» S. Basilio (Torino) . . . . .	151 — 154
» S. Giorgio (Torino) . . . . .	161 — 166

In quest'altra tabella si hanno i valori della resistenza alla trazione di alcune pietre e delle malte più comunemente in uso, dovuti in parte a Vicat ed in parte a Lurand-Claye e Bauchinger (*Salmoiraghi*).

Qualità	Resist. in kg. per mc. <sup>3</sup>
Basalto (Alvernia) . . . . .	77.0
Calcarea (Portland) . . . . .	60.0
Calcarea litografico . . . . .	31.8
Calcarea quarzoso arenario . . . . .	22.0
Calcarea bianco . . . . .	14.4
» oolitico . . . . .	13.7
» tenero . . . . .	8.8
Gesso . . . . .	6.8
Granito . . . . .	19 — 44
Dolomia . . . . .	11 — 55
Arenaria . . . . .	4 — 17
Malta di cemento dopo 1-18 mesi . . . . .	4.0 — 28.0
» di calce idr. e sabbia dopo i $\frac{1}{2}$ -4 anni . . . . .	3.0 — 15.0
» di calce grassa e sabbia dopo i $\frac{1}{2}$ -14 anni . . . . .	0.5 — 3.5
Malta di gesso dopo 1 mese . . . . .	10.0 — 16.0
» di gesso e sabbia dopo 1 mese . . . . .	2.0 — 6.0

§ 8.

LE MACCHINE PER LA MISURA DELLE RESISTENZE DEI MATERIALI.

Le prime esperienze sulla resistenza dei materiali risalgono al sec. XVIII. Rondelet (1787) fu uno dei primi ad iniziare gli studi sulla resistenza allo schiacciamento servendosi di una leva di ferro di 1.<sup>o</sup> genere avente i bracci nel rapporto di  $\frac{1}{52}$ ; il saggio veniva premuto dal braccio più piccolo per mezzo di pesi che si applicavano all'estremità opposta della leva. Vicat, nel 1830, si serviva per lo stesso fine di due dischi metallici orizzontali, tra i quali si poneva il saggio. L' inferiore di questi dischi era fisso, il superiore riceveva dei pesi.

Oggigiorno si fa uso di macchine più perfezionate. Clericetti nell'Istit. tec. sup. di Milano (1869) fece uso di una macchina costituita da una leva di 3.<sup>o</sup> genere, lunga 4 m., provvista di un piatto all'estremità destinato a sostenere dei pesi. Il saggio trovava posto in un sostegno scorrevole sulla leva, potendosi in tal modo assegnare alla leva un braccio variabile. La leva inoltre era provvista di un carrello scorrevole sul suo dorso portante un peso piccolo, col quale si aumentava la pressione finchè, giunto il carrello a limite della sua corsa, si faceva tornare indietro e dopo aumentato il peso nel piatto all'estremità della leva, si ricominciava lo spostamento del carrello. È facile immaginare come si possono regolare i pesi, tanto nel piatto come nel carrello, in maniera che la pressione nel saggio aumentasse gradatamente fino allo schiacciamento del medesimo.

La scuola per gli Ingegneri di Roma è provvista di una macchina del Thomasset per lo studio della resistenza dei materiali da costruzione.

Le macchine di questo tipo ordinariamente costrutte a Parigi dagli ing. Vollot e Badois, servono

egualmente per gli esperimenti della resistenza alla pressione ed alla flessione e, con qualche modificazione, per la resistenza alla trazione.

Nella maniera come è rappresentata nella fig. 250 (pianta, elevato e sezione) essa è pronta per speri-

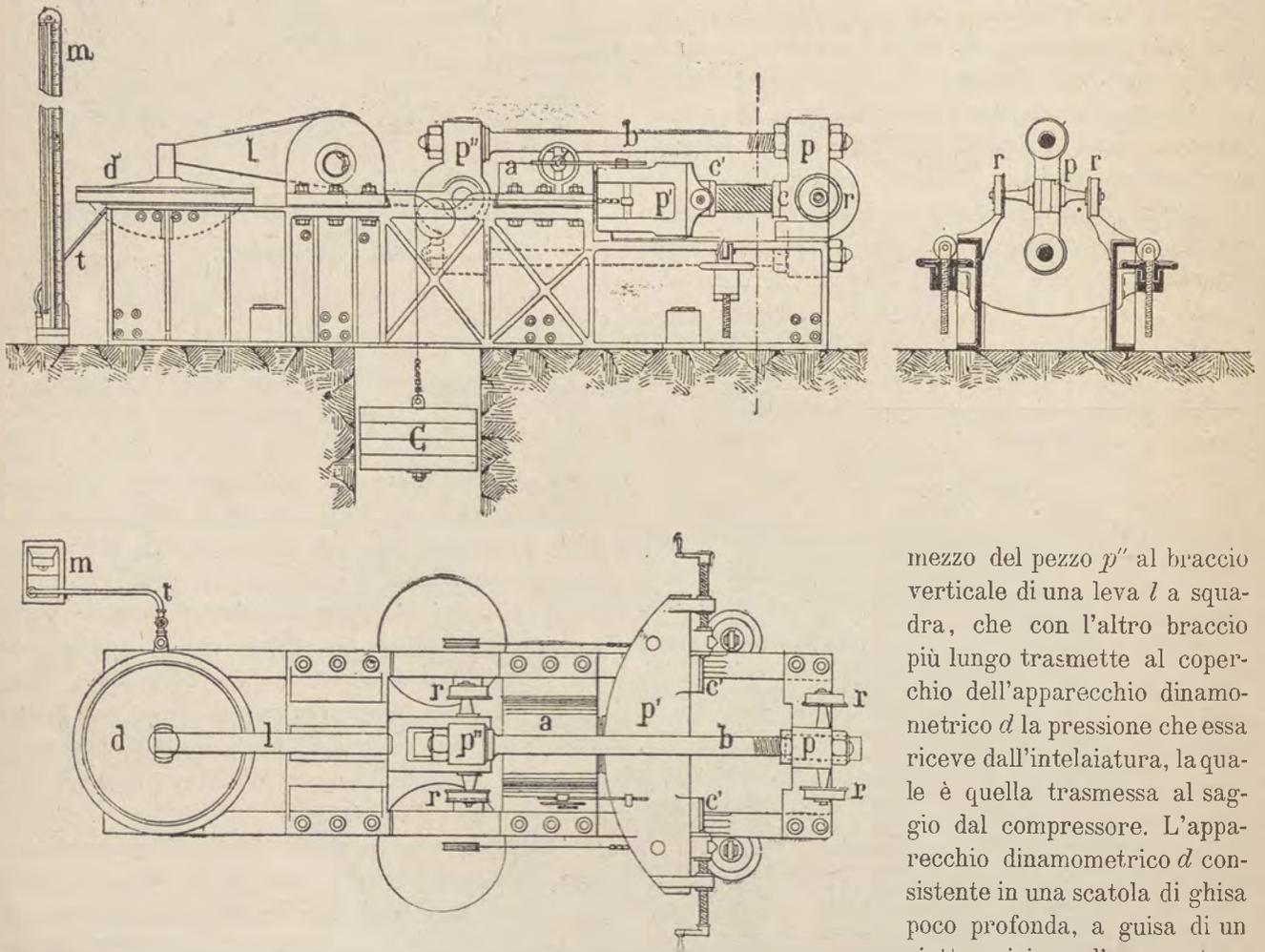


Fig. 250. — La macchina di Thomasset per sperimentare la resistenza alla compressione ed alla flessione dei materiali.

mentare la resistenza alla flessione di una sbarra di ferro a sezione rettangolare. Il pezzo da provare si colloca orizzontalmente a contatto tra il coltello  $c$ , fisso nel punto medio del pezzo trasversale  $p$  e i due coltelli  $c' c'$  col pezzo  $p'$  orizzontale, sul cui punto di mezzo agisce direttamente lo stantuffo della pressa idraulica  $a$  (compressore steridraulico), destinata a produrre lo sforzo di flessione sul saggio. Il pezzo  $p$  è collegato per mezzo di due colonne  $b$  ad un analogo pezzo trasversale  $p''$ , costituendo con questo pezzo e le due colonne  $b$  un'intelaiatura rigida e scorrevole per poco sopra rotelle  $r$  e collegata per

mezzo del pezzo  $p''$  al braccio verticale di una leva  $l$  a squadra, che con l'altro braccio più lungo trasmette al coperchio dell'apparecchio dinamometrico  $d$  la pressione che essa riceve dall'intelaiatura, la quale è quella trasmessa al saggio dal compressore. L'apparecchio dinamometrico  $d$  consistente in una scatola di ghisa poco profonda, a guisa di un piatto, ripieno d'acqua, trasmette la pressione che riceve a un manometro  $m$ , col quale

comunica per mezzo di un tubetto di rame  $t$ . I contrappesi  $C$  servono a trattenere il pezzo  $p'$ , allora quando si spezza il saggio per effetto dello sforzo ed a riportarlo all'inizio della sua corsa per una nuova esperienza. E' facile immaginare come, iniettando l'acqua nella pressa idraulica  $a$ , questa tra mette lo sforzo al saggio, come questo sforzo, che nel caso della figura è di flessione, possa essere facilmente convertito in sforzo di compressione e come questi sforzi vengono registrati dal manometro.

Per gli esperimenti di resistenza alla trazione dei materiali la macchina Thomasset ha una dispo-

sizione un poco difforme (fig. 251), essendo necessario che la pressa idraulica *a* sia collocata all'estremo della macchina opposto a quello occupato dalla leva e dall'apparecchio dinamometrico, poichè il saggio possa trovar posto tra lo stantuffo della pressa e il braccio corto della leva *l*, ai quali vien collegato per mezzo di due ganasce *gg* che l'afferrano.

La manovra della macchina, del resto ridotta più semplice, è del tutto identica a quella precedente.

Anche la macchina della Scuola d'Appl. per gli Ing. di Torino, impiantata nel 1879 sopra progetto del prof. Curioni, era fondata sul principio del tor-

Serviva in origine a generare lo sforzo un *Compressore steridraulico C* del tipo Desgoffe e Ollivier rappresentato in figura verso l'estremità sinistra: lo stantuffo *s* di questa pressa, ripieno di glicerina, veniva spinto fuori in seguito all'introduzione di una corda *f* la quale, con opportuno rotismo mosso da due manovelle, si faceva avvolgere su di una puleggia interna, svolgendola da un'altra puleggia simile esterna *g*.

Lo stantuffo *s* fa corpo con una grossa piastra di ghisa *P* rilegata per mezzo di quattro colonne d'acciaio *c* ad un'altra piastra *P'* simile posteriore.

L'insieme di queste due piastre con le quattro colonne, chiamasi il carretto; esso scorre posteriormente con due ruote su apposite rotaie. La piastra posteriore *P'* del carretto contiene nel suo centro la chiocciola di una robusta vite di acciaio, la quale, durante la preparazione dell'esperienza, può essere mossa da un volante *v*, e porta alla sua testa uno stantuffo *t*, a cui si collega un'estremità del saggio da stirarsi, l'altra estremità viene connessa con altro staffone simile *t'*. Quest'ultimo è imperniato all'estremità del braccio corto di una prima leva ad angolo il cui fulcro trovasi nel successivo rapporto in ghisa situato nella parte centrale della macchina. Questa leva riduce lo sforzo esercitato

sul saggio nel rapporto di  $\frac{1}{10}$  e, per mezzo di un tirante snodato *u* e composto di più parti (tra cui un anello per dar passaggio alla vite), lo trasmette al braccio corto di una seconda leva a romano *E* (*stadera*), la quale ha il fulcro sul supporto più alto situato all'estremità destra della macchina. La stadera per mezzo di un romano fisso *R* e di un altro scorrevole *R'*, o soltanto col secondo dei due, può essere tenuta in equilibrio. La lettura degli sforzi prodotti vien fatta con la massima facilità, senza cause di errore; lo sforzo massimo che può essere misurato ascende a 120 tonn. In seguito alla rottura del compressore (1886) furono portate le seguenti modificazioni a questa macchina.

Dopo ogni esperienza conveniva estrarre dal

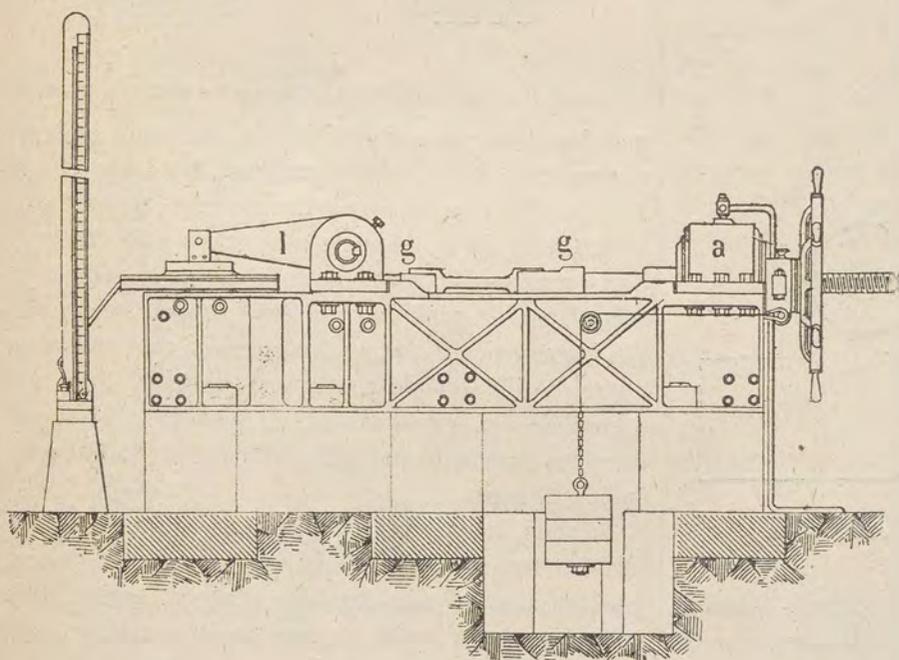


Fig. 251.

Macchina di Thomasset per sperimentare la resistenza alla trazione.

*chio steridraulico*. Ecco come ne descrive l'uso lo stesso prof. Guidi successore del Curioni (1), il quale apportò a questa macchina alcune essenziali modificazioni che le valsero una maggiore esattezza e la resero spedita negli esperimenti.

La macchina è riprodotta in vista, fianco e sezione longitudinale e trasversale (Tav. XXIII), le quali la rappresentano preparata per sperimentare la resistenza alla tensione. Essa risulta essenzialmente delle seguenti tre parti: l'organo generatore dello sforzo, il carretto che trasmette lo sforzo al saggio, ed un sistema di due leve mediante il quale si può equilibrare e misurare lo sforzo prodotto.

(1) *Annali soc. Ingeg.* Roma 1895.

compressore la corda che vi si era introdotta, la quale operazione assorbiva un tempo non trascurabile e richiedeva un lavoro inutile: frequentemente

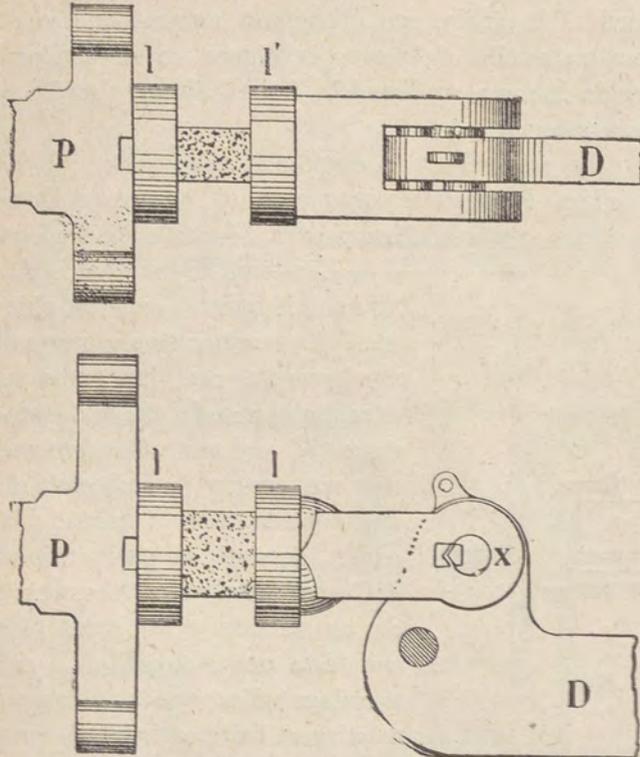


Fig. 252.

Il saggio e la sua disposizione per la compressione e.

non ostante l'abilità degli operai, la fune si scarrucolava dalla puleggia interna del compressore e quasi sempre si strappava, oppure si rompeva semplicemente per il consumo prodotto dall'uso; in tali casi conveniva interrompere le esperienze per uno o più giorni. Si pose riparo a questi inconvenienti sopprimendo il compressore steridraulico, sostituendolo con un sistema di tre pompe coniugate a stantuffo simile a quelle adottate nella rinomata macchina inglese Kirkaldy, per mezzo delle quali attualmente si produce lo sforzo.

Un altro miglioramento introdotto nella manovra della macchina è il ritorno automatico del carretto, che prima era provocato da due uomini che per mezzo di leve lo facevano indietro. Presentemente il ritorno avviene in modo automatico per mezzo di due funi di acciaio avvolgentisi sopra due puleg-

gie attaccate con una estremità alla piastra anteriore del carretto, con l'altra portando un contrappeso situato nel sotterraneo.

Sperimentando sopra saggi di notevole lunghezza (funi, ecc.), accadde più volte che inavvertitamente si

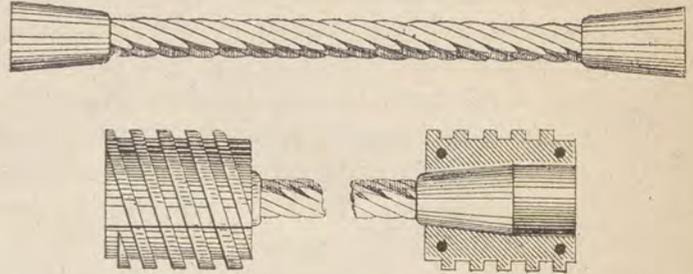


Fig. 253.

Il saggio di una fune di canapa e l'attacco conico per la trazione.

eccedesse la corsa disponibile del carretto, andando a premere, collo staffone annesso alla vite contro l'anello che fa parte del tirante che trasmette lo sforzo della leva angolare alla stadera; il che rendeva erronea l'indicazione dello sforzo e poteva essere causa di qualche serio guasto. Si rimediò a questo inconveniente coll'applicazione di un avvisatore elettrico. Un secondo avvisatore elettrico, reso indispensabile col nuovo metodo di generare lo sforzo, avverte quando lo stantuffo della pressa è al termine della sua corsa.

Infine la macchina è provvista di un corredo di alcuni pezzi speciali per sperimentare alla pressione, alla tensione ed alla flessione, in conformità delle norme proposte nelle conferenze internazionali per l'unificazione dei metodi di sperimentazione dei ma-

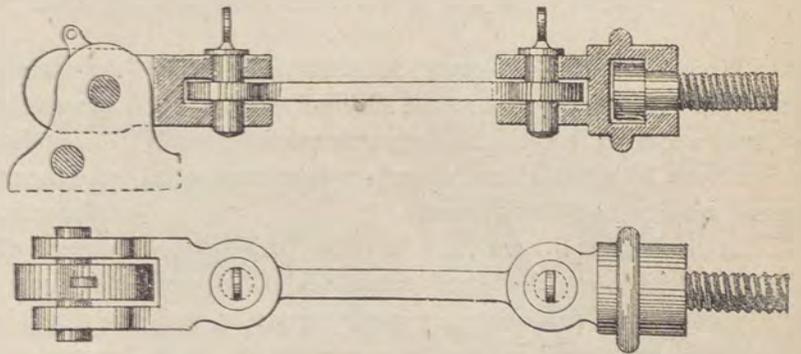


Fig. 254.

Il saggio e l'attacco con perni per la trazione.

teriali da costruzione. I principali di questi accessori sono: a) per sperimentare alla pressione due piastre di acciaio  $l$  ed  $l'$  fuso temperato (fig. 252) di

cui la  $l$  unita alla piastra  $P$  del carretto (fig. 1, Tavola XXIII) e la piastra  $l'$  provvista di una snodatura

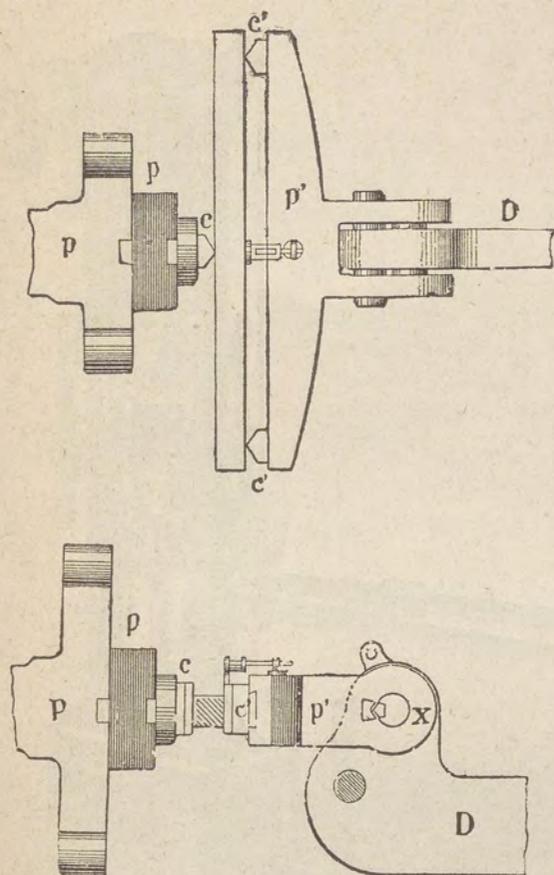


Fig. 255.

Il saggio e la sua disposizione per la flessione.

sferica per assicurare la uniforme ripartizione della sforzo, quando le frecce del saggio non sono perfettamente parallele, da applicarsi al fulcro  $x$  della leva  $D$  in sostituzione dello staffone  $t$ ;  $b$ ) per sperimentare alla tensione, secondo la forma delle provette, di attacchi con cunei per funi di canapa, per cinghie, ecc. (fig. 253), di attacchi con snodatura sferica per provette metalliche cilindriche, e di attacchi con perni per provette piatte a teste larghe (fig. 254);  $c$ ) per sperimentare alla flessione, il saggio si pone a contrasto nel suo punto medio con un coltello  $c$  (fig. 255), sostenuto da un pezzo di ghisa  $p$  fermato sulla piastra  $P$  del carretto, e negli estremi con due coltelli  $c'$  portati dal pezzo di acciaio  $p'$ , scorrevoli entro un' apposita scanalatura, onde poterli distanziare a piacimento; il pezzo  $p'$  è applicato al fulcro  $x$  della leva  $D$ .

Il Museo industriale di Torino possiede una macchina (tipo Mohr) differente dalle altre fin ora descritte per essere il saggio disposto verticalmente

e quindi così anche lo sforzo esercitato dalla macchina. L'intelaiatura di questa consta di tre colonne  $a, b, c$  (fig. 256) fisse sopra i vertici di un imbasamento pressochè triangolare, collegate fra loro le due  $a$  e  $b$  con un robusto architrave  $r r$  portante il fulcro di una leva  $l$ , e la colonna  $c$  alle due  $a$  e  $b$  mediante travicelli di ferro  $t$ .

Tra le colonne  $a$  e  $b$  è situato il meccanismo, il quale consiste nelle due teste  $x$  ed  $y$ , alle quali si fissa il saggio nelle esperienze per la resistenza alla trazione. La testa superiore  $x$  per mezzo di un sistema di leve differenziali trasmette, ridotto, lo sforzo, che essa riceve dal saggio, alla leva  $l$  e questa mediante il tirante  $e$  alla bilancia a romano  $d$ , con la quale si misura lo sforzo con opportuni spostamenti del romano. La testa inferiore  $y$  forma corpo con una robusta vite di acciaio per mezzo della quale si genera lo sforzo. Questa vite a filettatura triangolare è messa in movimento mediante un sistema di ruote dentate da un volano con manovella, ovvero, come indica la figura, per mezzo di puleg-

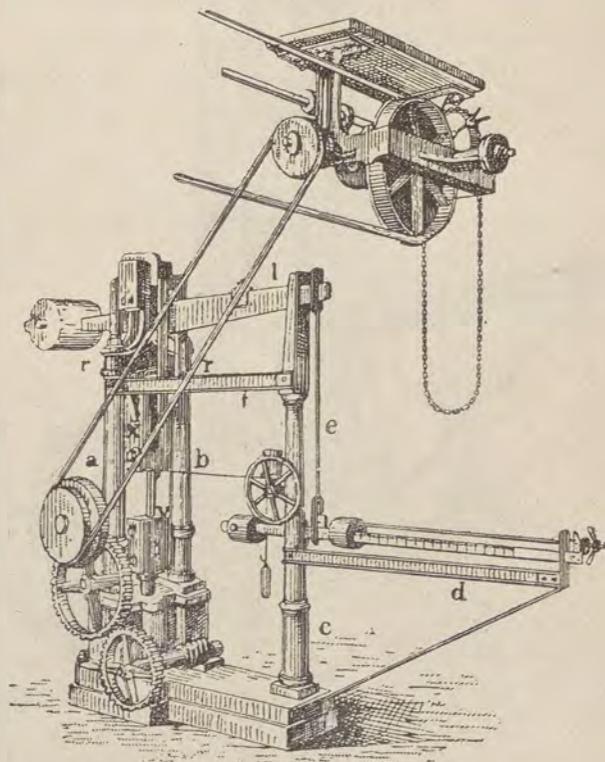


Fig. 256. — La macchina Mohr per la misura della resistenza di materiali.

gia e trasmissione meccanica. Un apparecchio registratore fornisce il diagramma dell'esperienza, indicante l'andamento dei fenomeni elastici in ogni istante,

costituendo un pregio di queste macchine Mohr costruite dalla Mannheimer Maschinen-Fabrik (*Mohr und Federhaff*) di Mannhemi, la quale oggidì costruisce queste macchine in maniera più semplice, montandole sopra due colonne soltanto ed occupanti perciò uno spazio ancor più limitato. La fig. 257 ci mostra una di queste macchine manovrabile a mano o per mezzo di puleggie e trasmissione meccanica, e la fig. 258 la medesima macchina manovrata per mezzo della pressione idraulica, laddove è essa preparata per provare la resistenza alla flessione.

La fig. 259 mostra la macchina del sistema Dorry per sperimentare la resistenza dei materiali alla

suo piano orizzontale per l'azione di un volano a manubrio, di una scatola *s.* scorrevole verticalmente

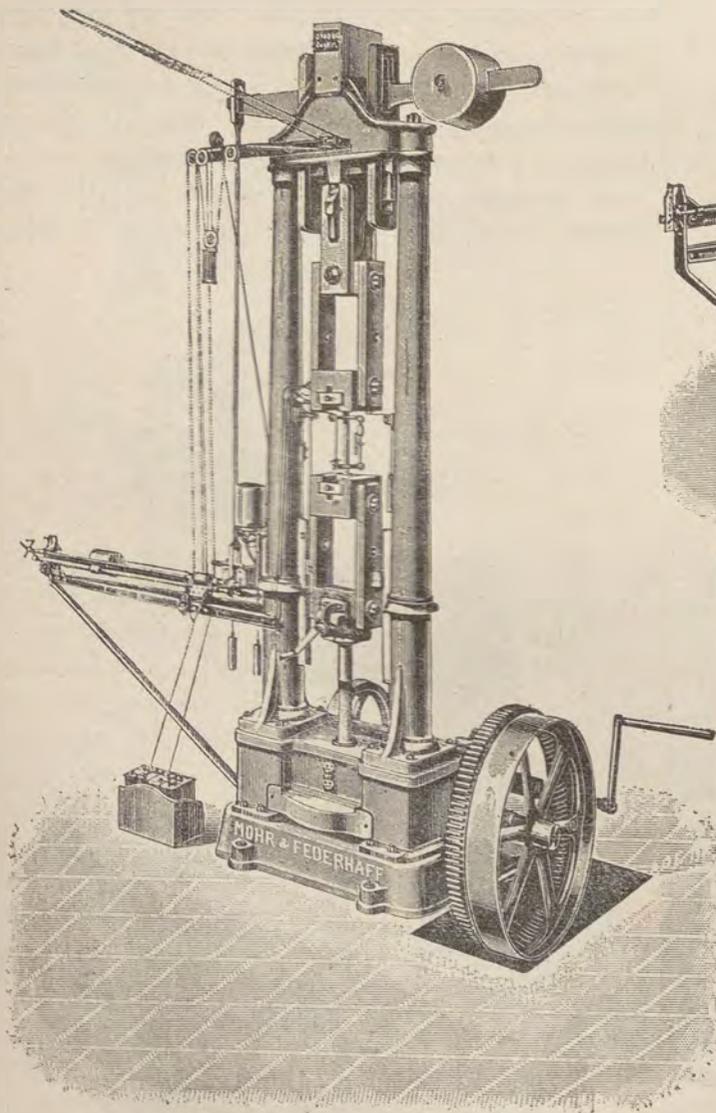


Fig. 257.

corrosione per attrito. Questa macchina consiste in una mola *M* a corona circolare di ghisa, girevole col

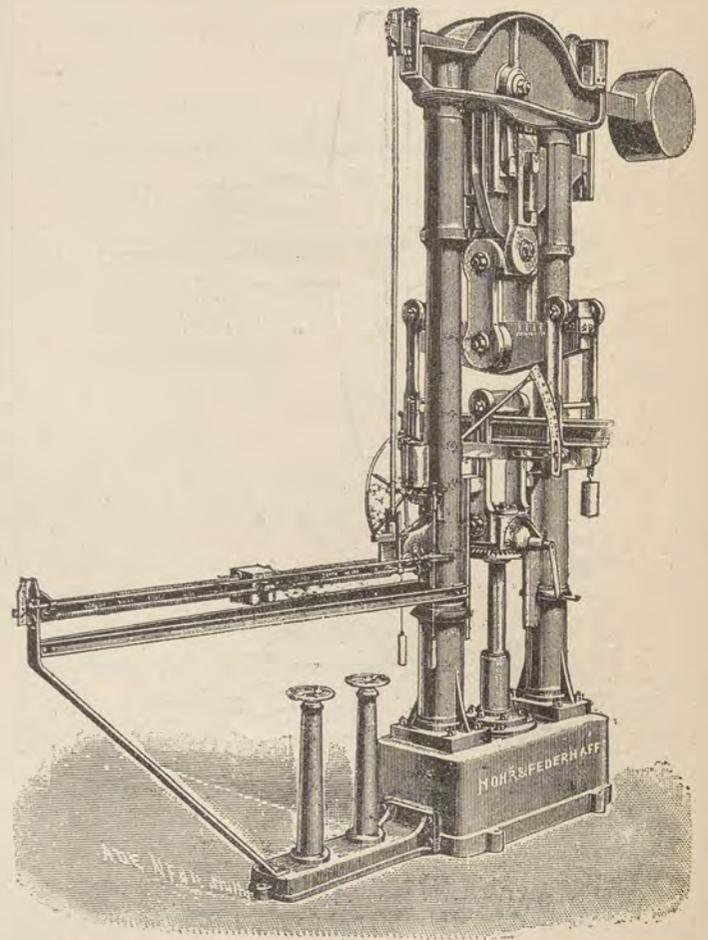


fig. 258.

entro apposite guide, portante il campione da sperimentare in maniera che questo strofini con una faccia sulla mola, e si possa caricare dei pesi per aumentare a volontà la pressione unitaria della superficie fregante.

Allorchè la macchina è in movimento si fa cadere nella mola regolarmente della sabbia contenuta in due imbuto *i* e dell'acqua per inaffiarla contenuta in un recipiente *R*; la mola è provvista di un contatore di giri *C*. Le esperienze si eseguono convenientemente assoggettando ciascun campione ad una azione prolungata della mola (2000 a 4000 giri), studiandone e misurandone la corrosione con velocità e pressione sulla superficie fregante variabili.

Altre macchine si hanno per lo studio della resistenza di alcuni materiali, come le macchine per le prove delle molle; quelle speciali per la resistenza alla

flessione di strisce di lamiera, di ferri piatti, di sbarre di ghisa, quelle per la resistenza dei fili metallici alla tensione, alla torsione, al piegamento, ecc. Que-

scopo prefissoci, quello cioè di dare soltanto un cenno sui principali materiali usati nella costruzione delle fabbriche, la tavola bibliografica potendo supplire alle lacune, coll'indicazione delle fonti dalle quali si possono attingere nozioni più vaste e descrizioni più particolareggiate sull'argomento in parola.

## § 9.

## LE GENERALITÀ SULLA LAVORAZIONE DELLE PIETRE.

Le pietre si impiegano nelle costruzioni o in masse irregolari, quali provengono dalle cave, ovvero ridotte in forma regolare di blocchi o di lastre.

Le pietre irregolari sono: i *ciottoli* che si riscontrano nei letti dei fiumi e si impiegano convenientemente nelle strutture murali, se sono grossi, a superficie scabrosa e non molto arrotondati, nei selciati, quando sono grossi m. 0,08 a 0,12 e sono resistenti alla corrosione per attrito, e nella formazione del calcestruzzo, qualora la loro grossezza non superi m. 0,05; il *pietrame informe* costituito da pezzi di pietra estratti dalle cave ed il *pietrame di sassi*, quando i pezzi sono ricavati da pietre sparse sulla superficie della terra.

Le pietre regolari sono generalmente lavorate dalla mano dell'uomo o per via meccanica. Esse prendono nomi differenti secondo il grado di lavorazione che subiscono; così chiamasi *pietrame digrossato* quando è leggermente regolarizzato sulle faccie, *pietrame sbazzato*, quando ha subito un taglio grossolano col martello a punta o con la sega per diven-

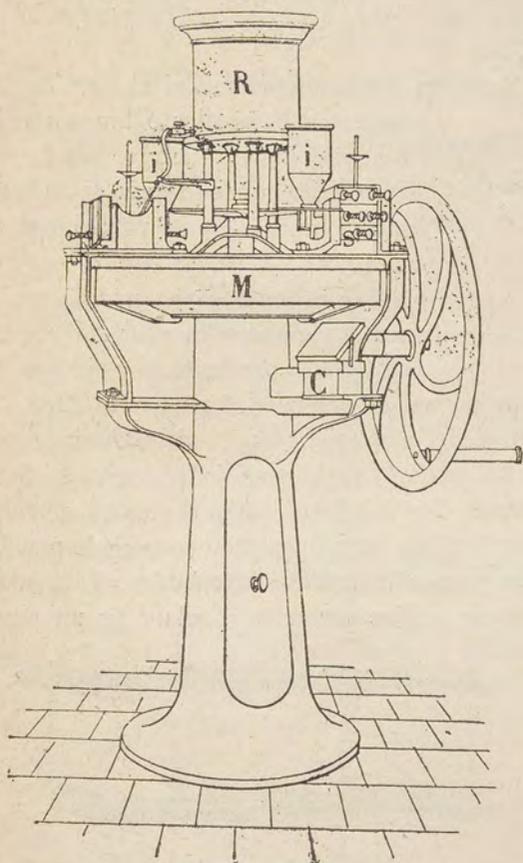


Fig. 259. — La macchina Dorry per sperimentare la resistenza alla corrosione per attrito dei materiali. ste macchine omettiamo di descrivere vietandolo lo

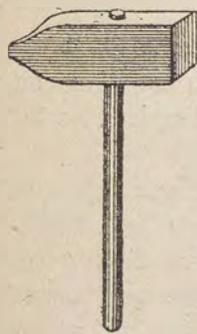


Fig. 260.  
La mazza e il mazzuolo.



Fig. 261.  
La subbia.

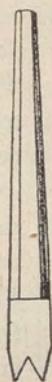


Fig. 262.  
Il calcagnolo o  
dente di cane.



Fig. 264.  
Lo scalpello.



Fig. 265.  
L'ugnetto.



Fig. 266.  
La gorbina.

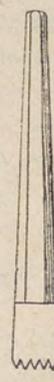


Fig. 263.  
La gradina.

tare un blocco da cui si possa ricavare un concio di forma determinata e *pietrame scalpellato*, allorchè

è tagliato a spigoli vivi ed a superficie ben definite. Gli strumenti richiesti per la lavorazione delle

pietre sono tanto più svariati quanto più queste si presentano dure e diverso è il loro grado di lavorazione. I principali sono:

« la *mazza* ed il *mazzuolo* (fig. 260), martelli di ferro con manico di legno, più grosso il primo terminato a punta e più piccolo il secondo, che si

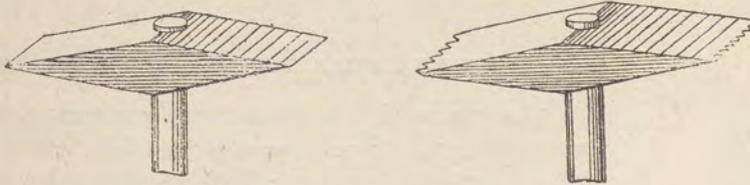


Fig. 267. — La Martellina.

adattano per digrossare le pietre dure; il mazzuolo può essere di legno, se si vogliono dare colpi non secchi sopra gli strumenti da taglio;

« la *subbia* ossia scalpello di acciaio terminato a punta più o meno acuta (fig. 261) che si impiega per l'abbozzatura delle pietre, essa prende il nome di subbia  *fina*, *mezzana* o *grossa*, secondo che la punta è più o meno acuta; il *calcagnolo* o *dente di cane* (fig. 262) con tagliente diviso da una tacca e la *gradina* (fig. 263) con tagliente diviso da più tacche che si impiegano per le abbozzature più fine;

« lo *scalpello* a tagliente di acciaio più o meno largo (fig. 264) con cui si tolgono le scabrosità lasciate dalla gradina e che prende il nome di *ugnetto* (fig. 265), se per lavorare parti profonde deve essere lungo e sottile, *gorbia* (fig. 266) se ha il tagliente circolare ed *accapezzatore* qualora il tagliente sia ad angolo ottuso;

« la *martellina* (fig. 267) a tagliente unito o dentato più o meno grossolanamente per cui prende

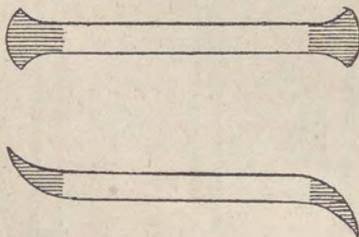


Fig. 268. — Il Raschietto.

anche il nome di martellina  *fina*, *mezzana* e *grossa*;

« *raschietto*, doppio scalpello curvo (fig. 268), che si adopera a mano come raschiatoio;

« la *raspa* o *lima* piana o rotonda per pulire le superficie (fig. 269);

« i *trapani* a *petto* e ad *asta* (fig. 270) con punte di acciaio (*saelle*) che servono a fare i buchi; a questi strumenti si uniscono: l'*accetta* o *mannaia*, i *cunei*, le *righe*, le *squadre*, i *compassi*, i *livelli*, ecc.

Nell'arte della stereotomia si chiama *taglio nascosto* quello praticato lungo una faccia della pietra destinata a rimanere nascosta, allora quando viene posta in opera, epperò lungo i giunti verticali ed i letti orizzontali di posa; *taglio apparente* quello praticato sopra una faccia destinata a rimanere in vista; *taglio abbozzato* quello praticato per ridurre in sca-

glie la pietra superflua e formare le faccie e gli angoli diedri rientranti; *taglio scantonato* o *scantonatura* l'analogo taglio per individuare le faccie e gli angoli diedri salienti, come si pratica, ad esempio, nel taglio di un parallelepipedo rettangolo per ridurlo a base trapezia; *taglio incastrato* od *incavatura* quando si pratica un cavo regolare in un masso.

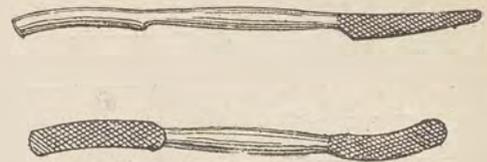


Fig. 269. — La Raspa.

Le faccie tagliate, poi, si dicono eseguite a *pelle piana*, se sono perfettamente piane, a *pelle di sega*, se sono state ricavate con la sega, a *pelle modanata*, se sono a superficie cilindriche, a *pelle di scultura*, se sono curve comunque, a *pelle grossolana*, se le superficie sono semplicemente sbazzate, a *pelle arricciata*, se queste sono lavorate con la martellina, ed a *pelle arrotata* e *lucidata*, se le superficie sono levigate e lucidate.

Per compiere il lavoro sopra di una faccia, dalla sbazzatura alla lucidatura, al *lavoro grossolano* di *martellatura* si fa seguire il lavoro di *martellina fina*, ed a questo quello di *rotatura* per mezzo di fregamento con pezzi di arenarea silicea a grana fina col sussidio di sabbia quarzosa e acqua; alla rotatura segue la *levigatura*, che si eseguisce per mezzo di fregamento con pezzi di maiolica cotta o di pietra pomice (*pomiciatura*) e quindi la *lucidatura* che si ottiene prima fregando le pareti levigate con uno strofinatore di piombo col sussidio di smerigli di marmi

duri in polvere e poi con stracci (*stufoloni*), limatura di piombo e smeriglio di marmi duri; quest'ultima operazione si chiama *stufolonatura*. Si termina la *stufolonatura* dei marmi bianchi col sussidio di osso carbonato in polvere, dei marmi colorati con ossido di ferro e dei marmi neri con nero fumo; ciò che costituisce la *brunitura*.

Non tutte le pietre però si prestano egualmente ad un medesimo grado di lavorazione; le stesse pietre appartenenti ad una medesima roccia possono

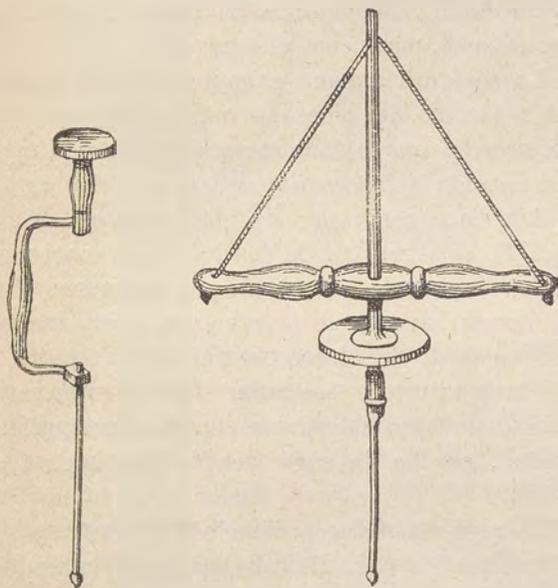


Fig. 270. — Il trapano a petto e il trapano ad asta.

presentare dei vizii per cui non sono suscettibili del medesimo lavoro.

Nella pratica dello scalpello si chiamano *fiere* quelle pietre che non si lasciano scalpellare, perchè facilmente saltano in scaglie e non si lasciano ridurre a spigoli vivi; *pele* si chiamano le fenditure sottili, invisibili, che si riscontrano nelle pietre e che si riconoscono solo con la percussione; si dicono *nodose* le pietre che presentano nel loro corpo dei nocchi più duri (*smerigli*), che facilmente saltano fuori nella lavorazione lasciando una cavità. I marmi prendono poi il nome di *filardesi* o *nodosi* e *tarlati* tutte le volte contengono *nodi* e *tarli*, ossia piccole cavità a guisa di tarlature sparse nella loro massa, ed *untuosi* quelli che sono riluttanti a lasciarsi lucidare convenientemente.

I tarli e le cavità, quando sono sensibili, si pos-

sono rimediare mediante l'incastro di piccoli pezzi della medesima pietra, che si chiamano *tasselli*. A tal'uopo l'operaio con l'ugnetta od altro ferro squadra la cavità in forma prismatica che viene occupata da un egual pezzo della medesima pietra *tassello*, combinandone, ove occorra e sia possibile, le venature e i colori.

I tasselli si saldano per mezzo di mastici speciali a presa rapida e sicura, i quali si applicano per lo più a freddo, talora a caldo. Questi mastici consistono di calce o cemento impastati con sostanze albuminoidi e cioè albume d'uova, coagulo, sangue di bue, ecc., oppure con olio; non di rado si aggiungono sostanze inerti come creta, farina fossile, argilla cotta o sostanze minerali come limatura di ferro litargirio, cerussa, ecc.

Se le pietre devono essere pulite al massimo grado, lucidate, conviene che si adoperino mastici suscettibili di tal pulimento. In questo caso si impiegano i mastici resinosi composti, cioè, di resina, cera e zolfo, pece greca, gomma lacca, ecc., che si colorano coll'aggiunta di ocre, nero di fumo, ecc. e che si applicano fuse sulla pietra preventivamente riscaldata.

Ecco alcune ricette di mastici per pietre (*Salmoiraghi*): Calce viva 1 (in peso), cemento 3, coagulo fuso 1 (*mastice caseoso*). — Calce viva 3, canfora 0,5, coagulo secco 30, acqua (*mastice universale*). — Calce viva 10, limatura di ferro 2, sangue di bue. — Cemento 2, calce idraulica 2, olio di lino caldo 1 — Cemento Portland 2, creta 1, sabbia fina 1, silicato di sodio (*mastice Raudson*) — Calce spenta 1, litargirio 2, farina fossile 2, olio di lino cotto — Cemento 6, litargirio 3, cerussa 1, olio di lino — Litargirio 12, sabbia 33, Polvere di marmo 66, cerussa 4, olio di lino — Litargirio 0,8, polvere di porcellana non cotta 9,2, olio di lino — Litargirio 0,5, cerussa 0,5, polvere di cotto 3, olio di lino 1,5 a 2 (*mastice di Corbel*) per marmi. — Resina 8, cera 2, pece bianca 1 — Resina 1, cera e zolfo 1 — Resina 10, cera 25, zolfo 1, polvere della pietra da stuccarsi 10 a 15.

In commercio trovasi in vendita un mastice della ditta Meyer di Friburgo che lo fabbrica; questo mastice è universale, esso può servire cioè per riparare marmi, graniti, grès, porfido, maioliche e terre cotte; si colora aggiungendo colori minerali per adattarsi alla tinta delle pietre sulle quali si applica.

## § 10.

LA RIQUADRATURA E LA SEGATURA A MANO  
DELLE PIETRE.

Le pietre da costruzioni provengono dalle cave in masse informi, con angoli salienti e rientranti talvolta inutili, per cui conviene regolarizzarne la forma fin da quando si trova sul posto di escavazione, an-

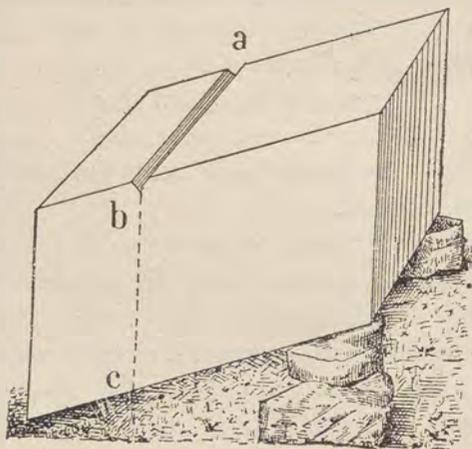


Fig. 271.

che perchè si raggiunge una economia, spesso non indifferente, evitando il trasporto di materie inutili. I blocchi vengono ridotti a forma di parallelepipedi e questo lavoro di grossolana riquadratura si effettua con lo scalpello, quando le sporgenze e le irregolarità non sono molto sensibili, diversamente con l'uso della mazza e dei cunei o con la sega, e questa perchè dà piani netti, regolari con minore spreco di materiale. Facendo uso dei cunei e delle mazze si deve tenere una grande avvertenza alla stratificazione della roc-

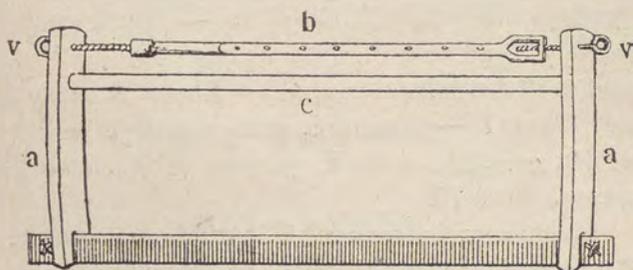


Fig. 272. — La sega a mano.

cia ed ai suoi piani di frattura: i cunei applicati nel verso dei piani di sfaldo o di frattura producono facilmente un distacco regolare, sul con-

tro di questi piani, se non si vogliono distacchi irregolari, conviene applicare la sega.

La *segatura a mano* o a *braccia* delle pietre data da tempi remoti e quantunque oggidi la segatura meccanica abbia preso un grande sviluppo, la segatura a mano è preferita nei siti in cui si ha a buon prezzo la mano d'opera o quando non è possibile disporre di forze motrici, come per lo più accade nelle cave. Quivi però si potrà ottenere un miglioramento negli attuali sistemi di cavatura delle pietre, che sono per lo più quelli preistorici, in virtù di trasmissioni telodinamiche, utilizzando le forze idrauliche naturali, più vicine alle cave.

La segatura a mano esige anzitutto la collocazione a piombo del blocco o meglio del piano che deve essere percorso dalla sega nell'operare il taglio; allora quando il blocco è collocato a posto, calzandolo ben bene con pietre da una parte e dall'altra (fig. 271), si segna con la matita o con carbone la linea *a b c* secondo la quale deve procedere il taglio. Questa linea viene debolmente incisa lungo le pareti verticali del blocco, perchè non scompaia durante la segatura e sostituita da una incavatura longitudinale lungo la parete superiore orizzontale o inclinata, perchè la sega venga giustamente intradata.

Le *seghe a mano* ordinarie sono costituite di due braccioli *a* (fig. 272) di legno, intaccati ad una

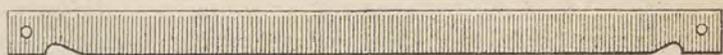


Fig. 273. — La lama comune da sega.

estremità per ricevere la lama della sega che vi si fissa per semplice attrito, con due spine di ferro; i due braccioli sono tenuti a contrasto da una traversa di legno *c* per mezzo di una catena di ferro a vite *b* (*vitone*), facilmente allungabile e che si serra, per tendere la lama, per mezzo delle viti *v* delle quali basterebbe una sola.

Le *lame da sega* possono essere di acciaio debole (fig. 273), ma generalmente sono di ferro dolce, perchè di minor costo e perchè effettivamente queste lame non agiscono direttamente per segare le pietre, ma col sussidio di *sabbia silicea* o *quarzosa* o di *limatura di ghisa*.

Presso di noi l'armatura di una sega a braccia si suol fare secondo il sistema indicato alla fig. 274, nel quale il piano della sega è mantenuto verticale

per mezzo di due ritti *r* piantati sul terreno verso la metà e lungo l'orlo inferiore del blocco a segare, inclinati verso l'esterno e sostenuti ciascuno una piccola carrucola sulla quale si avvolge una funicella legata

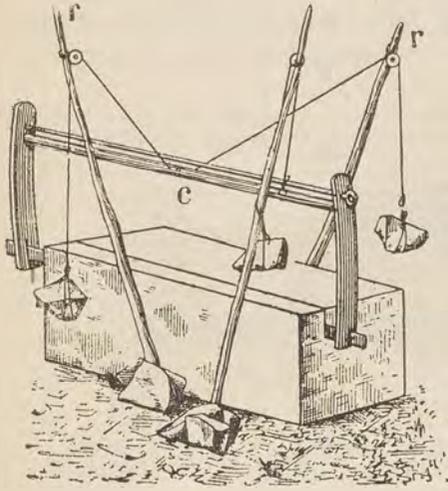


Fig. 274. — L'armatura di sega a mano.

con un estremo alla traversa *c* della sega e nell'altro portante un contrappeso.

Per tagli lunghi, oltre i 2 m., questi ritti non bastano per sostenere la sega; se ne aggiunge allora qualche altro inclinato verso l'interno (*uomo morto*), piantato nel terreno e funzionante nella maniera indicata nella figura. Naturalmente in queste seghe i braccioli devono avere una lunghezza sufficiente per arrivare fino alla fine del taglio da compiersi, senza che la traversa strisci contro il blocco. Il segatore, impugnando con ambo le mani uno dei braccioli, tirando e spingendo alternativamente, obbliga la sega ad un movimento di va e vieni, ed allorchè il taglio supera i 2 m. di lunghezza bisogna che due segatori, uno per bracciolo, per muovere la sega. Gli inglesi usano armare la sega a mano in maniera ancora più semplice che da noi, poichè fanno a meno dei ritti e si servono di un solo *uomo morto* (fig. 275). V'ha di più che le diverse parti costituenti la sega sono più leggere, il vitone è fatto ad uncini ed il segatore lavora stando a sedere anzichè all'impiedi come da noi; questo adunque lavora più comodo ed è quindi capace di produrre un maggior lavoro effettivo.

Il segatore senza interrompere l'opera sua con una canna regola la quantità della sabbia deposta sul blocco che deve penetrare nella fessura praticata dalla

sega, mentre l'acqua vi cola a gocce da un soprastante recipiente provvisto di una spinetta.

Per le pietre tenere, i tufi calcarei ad esempio, non si impiegano le lame lisce, si adoperano bensì

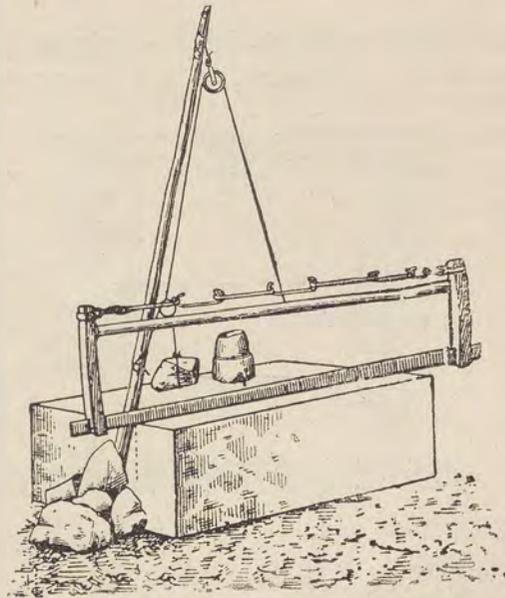


Fig. 275. — L'armatura sistema inglese.

le lame dentate di sega, tese o non tese, analoghe a quelle che si usano per tagliare i tronchi di albero.

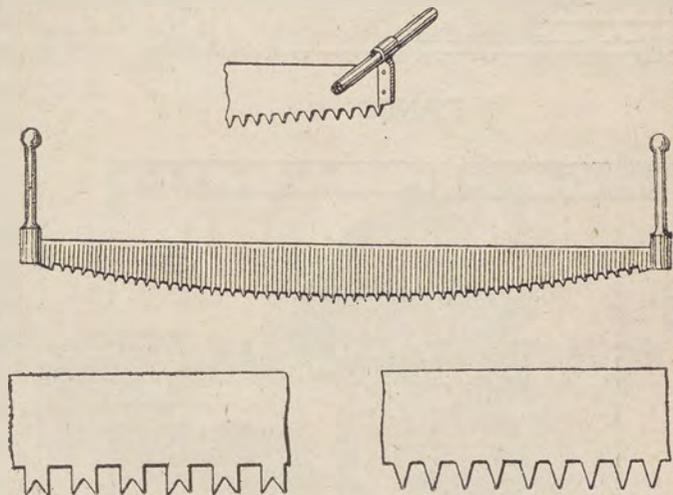


Fig. 276. — Il segone a mano per le pietre tenere.

Il *segone* (fig. 276) a lama non tesa è quello che si usa più convenientemente. Esso consta di una lunga e grossa lama per lo più a margine curvilineo terminante alle sue estremità con due manici di legno situati ad angolo retto verticale od orizzontale. Per lo più queste seghe sono a doppio effetto, avendo i loro denti una delle forme indicate nella figura.

## § 11.

## LA SEGATURA MECCANICA DELLE PIETRE.

La segatura negli stabilimenti meccanici si applica unicamente ai marmi od alle pietre dure in

genere. Le seghe possono essere ad una lama o a lame multiple. Convengono le prime per il taglio di un blocco in altri più piccoli, in scalini, in stipiti, ecc.; le seconde per il taglio del blocco in lastre più o meno sottili.

Nella fig. 277 sono rappresentati due telai di seghe ad una lama (*solenghi*) accoppiati, ciascuno

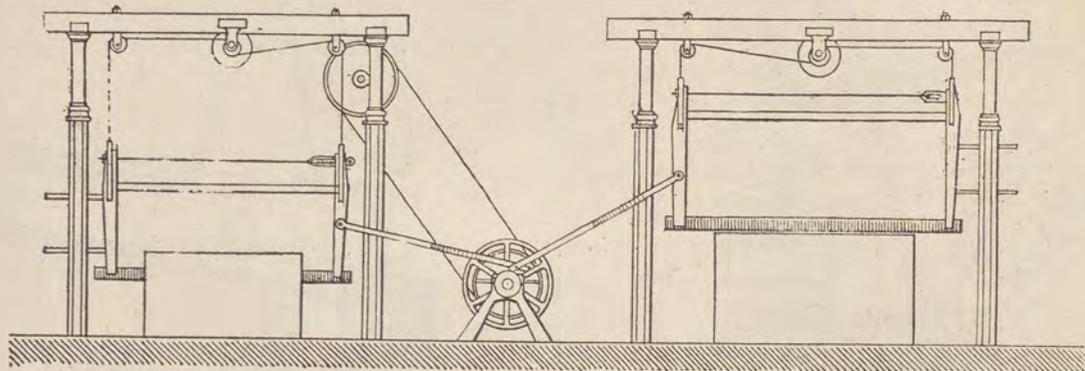
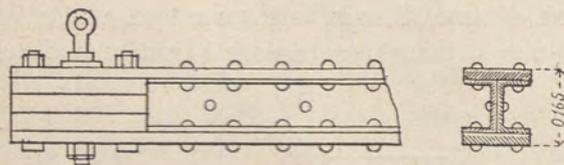


Fig. 277. — I telai solenghi accoppiati.

dei quali, del tipo di quelli a mano, ha un bracciolo provvisto nel suo mezzo di robuste orecchie di ghisa,



FIANCO

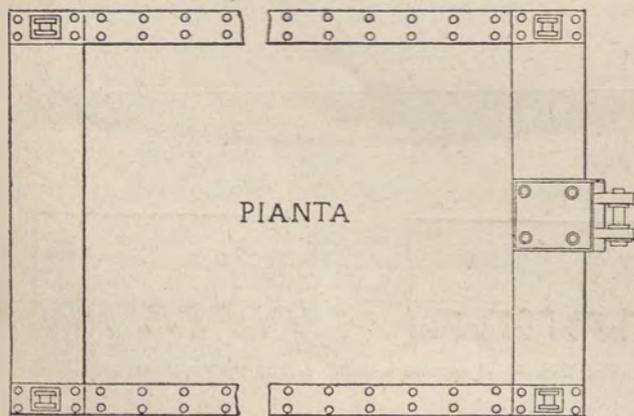


Fig. 278. — Il telaio da sega meccanica.

alle quali si attacca una manovella (*stanghetta*) che è messa in movimento da un volano; l'asse del vo-

lano si fa corrispondere circa alla metà dell'altezza dei blocchi da segare, perchè la stanghetta faccia il minore angolo possibile, allorchè si comincia o si finisce il lavoro di segatura.

Nelle seghe a più lame, queste sono applicate ad un telaio di ferro, parallelamente ai lati più lunghi di questo e ad una distanza l'una dall'altra variabile a seconda dello spessore delle lastre che si vuole produrre.

La fig. 278 mostra il disegno di un telaio ordinario capace di portare 50 a 60 lame di sega alla distanza di 23 mm. per ricavare lastre di 2 cm. di spessore. In 12 ore di lavoro alternativo, questi telai si affondono 15 a 30 cm., secondo la durezza della pietra, con una velocità di 60-70 colpi al minuto e con l'impiego di tre cavalli di forza per telaio. E' data pure nella fig. 279 la disposizione planimetrica delle seghe in una segheria meccanica, i cui telai ricevono il movimento da un unico albero *c* mosso da una turbina *t*. In queste segherie il movimento dei telai è alternativo, e la sabbia è deposta dentro crivelli situati al disopra di ciascun blocco, nei quali automaticamente si spruzza dell'acqua che, attraversando i crivelli e cadendo a gocce come pioggia, porta seco i granelli di sabbia.

Un perfezionamento di queste seghe è rappresentato dalla sega a lama di acciaio senza fine del tipo Armand (fig. 280), nella quale la lama è dispo-

sta e si muove secondo un piano orizzontale, guidata

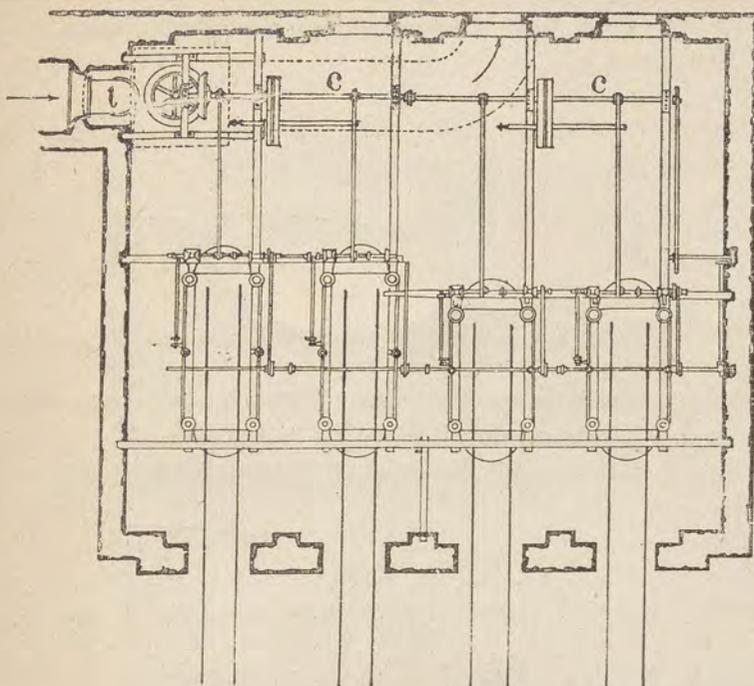


Fig. 279. — La pianta di una segheria meccanica per pietre.

da un sistema di due grandi puleggie *pp* che si affondano mediante viti. Una di queste puleggie riceve un movimento di rotazione mediante ingranaggi; questa poi lo comunica in forma di movimento di traslazione alla lama della sega.

Queste seghe offrono il vantaggio di potere contemporaneamente praticare un taglio in due blocchi, di potere scorrere a grande velocità, di offrire una superficie di taglio perfetta e di realizzare una economia nella forza motrice, bastando 5 a 6 cavalli per muovere due di queste seghe. La loro potenzialità riesce di poco inferiore di quelle a telaio con lame multiple; tenuto conto però dei vantaggi che offrono sono a queste preferibili.

Oltre le seghe a lama liscia con movimento al-

ternativo o continuo, fin qui descritte, sono in uso comunemente diverse altre forme di seghe meccaniche: *seghe con denti*, *seghe a filo continuo*, *seghe a filo elicoidale* e *seghe armate di punte di diamante* convenienti per le pietre dure.

Le *seghe a denti di acciaio* sono simili a quelle da legno dalle quali differiscono per i denti che sono piccoli, robusti, e più distanti tra loro. Si adattano per pietre non molto dure e possono essere a *nastro continuo* o a *disco*. Nella fig. 281 è dato lo schema di una sega di tal genere; il nastro *nn* scorrevole tra le puleggie *pp* di guida e per la scanalatura della ruota *s*, nel suo movimento, intaccando il blocco di pietra, consuma facilmente i suoi denti, epperò ingrana coi medesimi in una ruota *r* di acciaio (*affilatrice*), la quale con un sistema di ingranaggi e di molle è dotata di un rapido movimento alternativo orizzontale, affilando i denti della sega mano mano che si consumano, mentre un getto continuo di acqua raffredda costantemente la lama.

Mediante questo meccanismo la sega rinnovando i suoi denti si adatta alla segatura dei marmi e delle

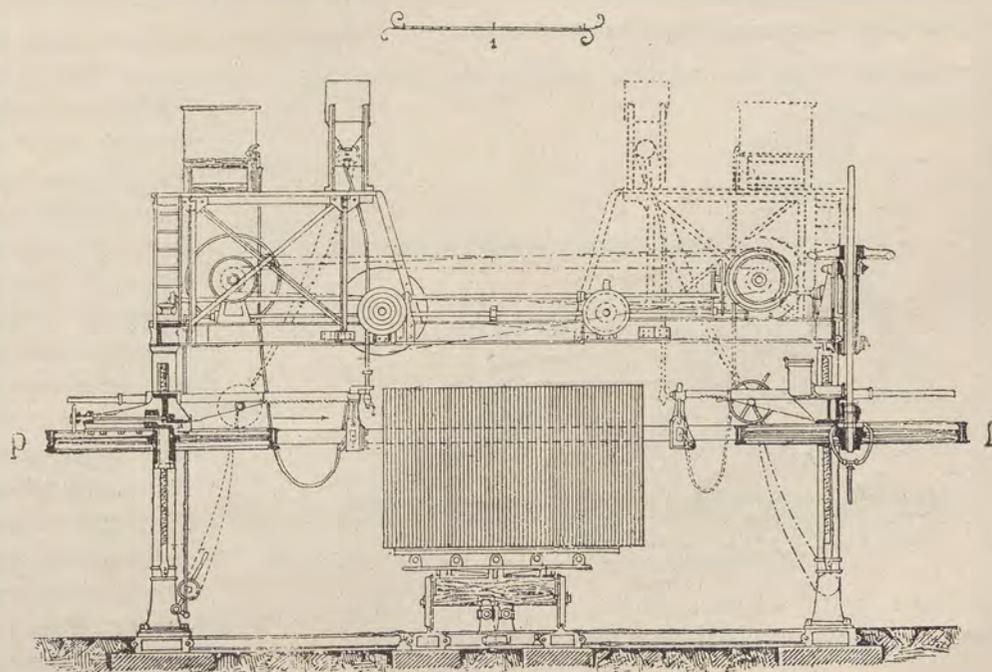


Fig. 280. — La sega a lama di acciaio senza fine del sistema Arnaud.

pietre in genere. All'infuori che per le pietre tenere

però queste seghe non possono servire utilmente pel troppo rapido consumo dei denti, ed il loro ripri-

maniera che si possono facilmente ricambiare allora quando sono guasti.

I denti si possono applicare ad una lama fissa,

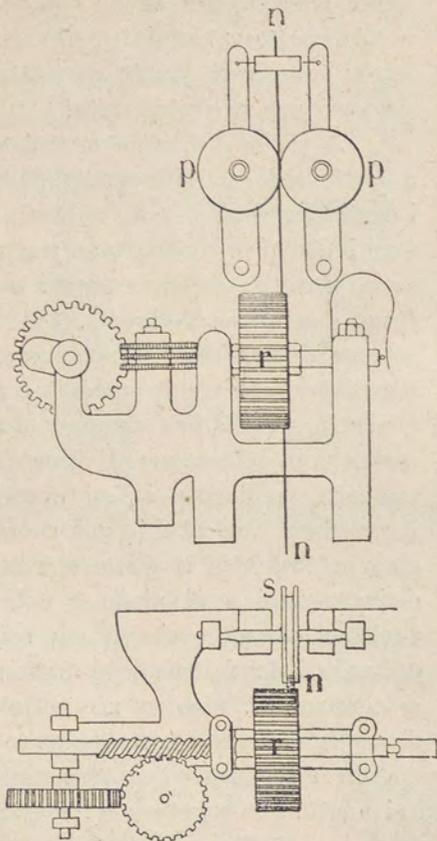


Fig. 281. — La sega a nastro dentato di acciaio.

stino non ha dato fino ad ora risultati del tutto soddisfacenti.

contro la quale striscia il blocco a segare provvisto di movimento rettilineo ed alternativo, ad una lama dotata di identico movimento con blocco fisso, ov-

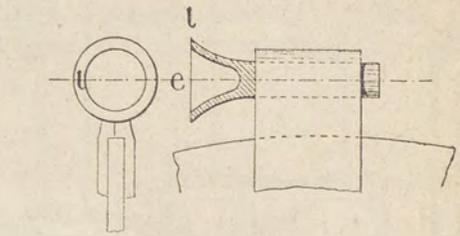


Fig. 283. — Il dente di acciaio delle seghe circolari a denti.

vero a dischi girevoli ad asse fisso contro blocchi di pietra mobili per lasciarsi segare.

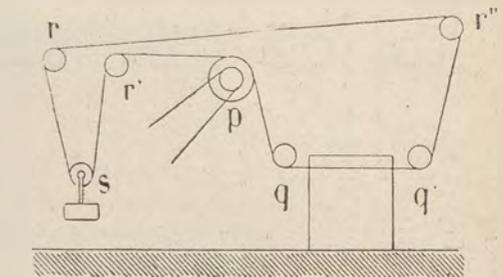


Fig. 284.

I denti di queste seghe hanno la forma di uno scarpello ad ugnetto disposti in maniera che agiscono in un solo senso, come si riscontra nella sega Curtis (fig. 282) a lama fissa e blocco mobile, dove si hanno due coppie  $x$  ed  $y$  di sei denti con sporgenza crescente e tagliente inverso per ciascuna coppia, in maniera che tutti contemporaneamente concorrono ad aprire il solco nella roccia. Anche il tagliente vuole essere foggiato diversamente per ogni dente per modo da rendere più efficace il lavoro.

Per le seghe circolari si è convenientemente adattato un dente cilindrico svasato e cavo alla sua estremità  $e$  (fig. 283) in maniera da presentare un robusto tagliente  $t$  a corona di cerchio. Questo dente

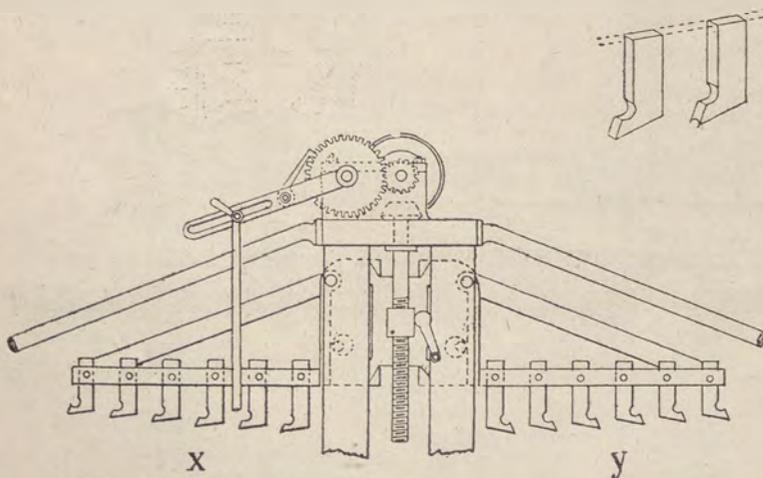


Fig. 282. — La sega a lama dentata (Curtis).

La segatura delle pietre e dei marmi con seghe a denti è meglio riuscita da che si sono adattati i denti di acciaio applicati alle lame o ai dischi, in

si applica dentro appendici a staffa, distanti m. 0.10 a 0,20, portati dai dischi circolari; i denti si girano intorno al proprio asse, allora quando occorre pre-

sentare un tagliente fresco contro la roccia da segare. Allorchè il tagliente è logoro tutto all'ingiro, il dente si ricambia.

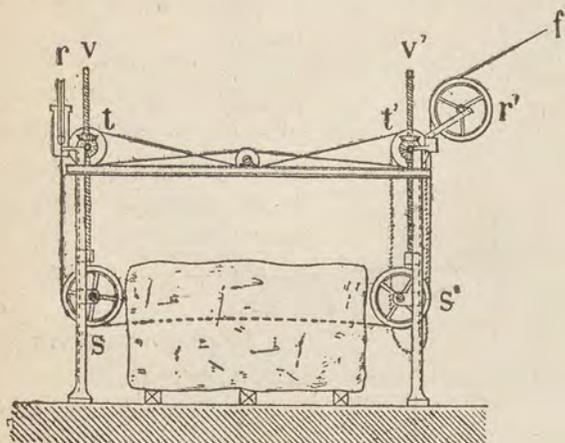


Fig. 285. — La sega a filo continuo.

Le *seghe a filo continuo* constano di un filo di acciaio continuo, sostenuto da un sistema di puleg-



Fig. 286. — Il filo di acciaio per sega a filo elicoidale.

gie e scorrevole a grande velocità; questo filo penetra nel blocco mano mano che si va praticando il solco, col sussidio della sabbia e dell'acqua, come per le seghe a lama liscia. Il numero delle puleggie e la loro disposizione varia col variare della lunghezza del filo, il quale per raffreddarsi conviene che sia il più lungo possibile. La fig. 284 mostra lo schema di una sega a filo continuo con contrappeso: la puleggia *p* serve ad imprimere il movimento, le puleggie *q q'*, scorrevoli verticalmente per mezzo di viti, servono a spingere il filo verso il basso contro la pietra da segare, le puleggie *r r' r''* ne dirigono il movimento, mentre la puleggia *s*, carica di un peso, serve a tenderlo.

Nella fig. 285 è dato il disegno di una sega a filo continuo in cui il filo *f* passa per le puleg-

gie *r* ed *r'*, situate in piani normali, ed è trascinato in basso dalle due puleggie *s* ed *s'*, mobili per mezzo di rotismi sovrapposti *t* e *t'* e delle viti *v* e *v'*. Uno stesso filo può segare più blocchi nello stesso tempo e parecchi fili montati sopra tamburi possono segare in lastre uno o più blocchi di pietra.

Anche queste seghe mal si adattano per le pietre molto dure nelle quali danno tagli non troppo regolari. Il filo anzichè unico può riuscire utilmente composto di due o più fili attorcigliati, come nelle cordicelle di canapa (*filo elicoidale*), per lo più in numero di tre, come indica la fig. 286, con un diametro complessivo variabile da 3 ad 8 mm. Se oltre il movimento di traslazione il filo elicoidale riceve un movimento di rotazione intorno al proprio asse mediante un attrito sulle puleggie, il lavoro utile riesce maggiore e più facilmente la sabbia viene asportata fuori dal taglio. Nella fig. 287 è delineata la sega a filo elicoidale del tipo Vialatte facile a comprendersi dalla sola figura.

Le *seghe armate di punte di diamante* che con convenienza si impiegano per il taglio delle pietre dure, consistono in comuni lame da sega a nastro o a disco, sull'orlo delle quali sono incastrate

le scaglie di diamanti neri (*carbonado*), entro cavità apposite, nelle quali si fermano usufruendo della dilata-

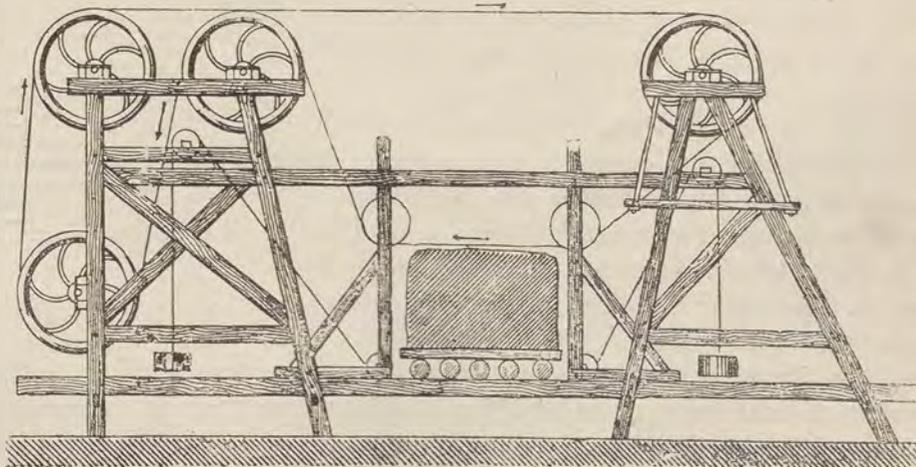


Fig. 287. — La Sega a filo elicoidale (tipo Vialatte).

zione del metallo col calore. In tal maniera i diamanti riescono bene fissati e si possono adattare anche a seghe a filo continuo.

Le seghe a diamanti agiscono come quelle comuni, col sussidio dell'acqua e talvolta anche dell'

sabbia: il loro costo è però elevato e richiedono una forza motrice considerevole, per cui la loro applicazione non è certamente quella più adottata. La fig. 288 mostra la disposizione dei diamanti in una sega a lama fissata in un telaio, di cui la sezione è di forma trapezia per agevolare l'uscita dell'ac-

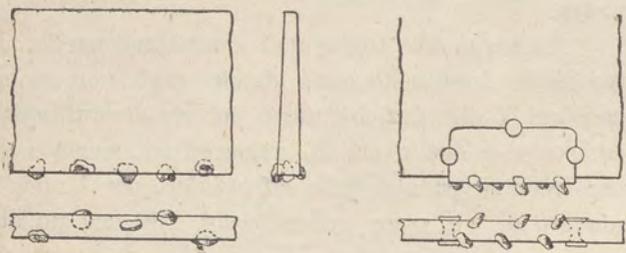


Fig. 288. — La lama delle seghe a diamanti.

Fig. 289. — Dente della sega a diamanti di Joung.

qua e della sabbia. Nella fig. 289 è disegnato un tratto della lama Joung, la quale ad intervallo costante di m. 0,20 porta un dente provvisto di sei diamanti colla loro punta rivolti nel medesimo verso, poichè queste seghe si fanno agire solo in un senso e si sollevano, se sono fisse a telaio, durante la corsa indietro. Nella fig. 290 è data la disposizione ideata da Taverdon per l'incastro dei diamanti sul margine di una lama da sega. Il diamante è propriamente incastrato sulla testa di una vite, che si avvita sull'orlo della lama, ovvero sulla testa di un cilindretto metallico che si adatta in una eguale cavità praticata sull'orlo della lama stessa; così alla rottura ovvero al distacco di una punta di diamante, si pone facilmente riparo cambiando la vite o il cilindretto.

La fig. 291 infine riproduce le proiezioni schematiche di una sega completa a disco con diamanti. In questa sega si hanno due dischi *d* girevoli in senso inverso con la medesima velocità di 1500 giri al minuto, appositamente regolata da ingranaggi; il blocco di pietra *p* è mantenuto da più supporti *s*, situati sopra una piattaforma di legname, che si avvanza automaticamente per mezzo di una vite *v* mossa dall'ingranaggio *r* e da una catena di Gall. Una corrente continua di acqua provvede al raffreddamento dei dischi.

## § 12.

### LA CONSERVAZIONE DELLE PIETRE.

La conservazione delle pietre si può favorire adoperando alcune *cautele*, prima che le pietre ven-

gano collocate in opera o costruendovi dei *ripari* che le proteggano dall'azione corrosiva degli agenti esterni, ovvero impiegando alcuni *procedimenti chimici*, che ne induriscono la superficie, rendendole più resistenti.

Per le roccie che si presentano tenere allorchè vengono cavate e che si induriscono in seguito, quando hanno perduto l'acqua di cava, si consiglia depositarle per un certo tempo nei cantieri, prima di collocarle in opera.

Fratantanto mentre si prestano per la lavorazione l'acqua, evaporando, abbandona i minerali che contiene, otturando i pori della pietra, rendendola più resistente.

E poichè l'erosione del gelo ha tanto maggiore effetto sulle pietre, quanto più rustiche se ne pre-

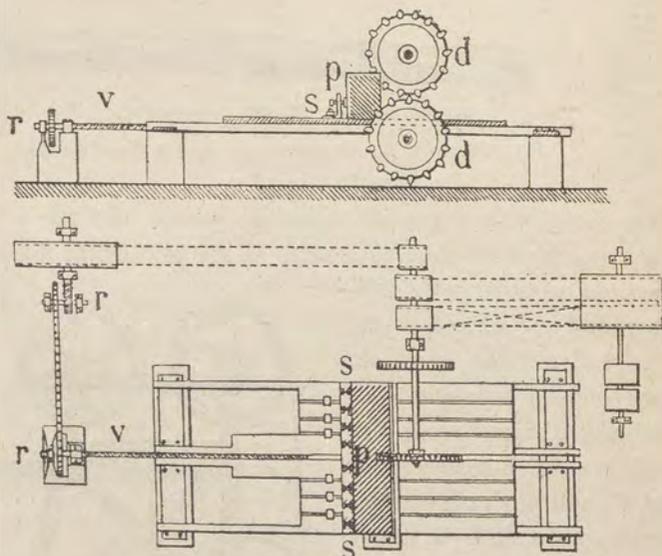


Fig. 291.

sentano le faccie, così un mezzo di preservarle contro l'azione del gelo è quello di lavorarle nella maniera più fina e più levigata compatibilmente con le esigenze artistiche ed economiche della fabbrica in costruzione.

Anche dalla maniera di collocare le pietre dipende in molta parte la loro conservazione. Delle pietre assoggettate a pressioni differenti, insistenti sulla medesima faccia, facilmente se ne staccano gli spigoli e quindi si guastano.

Si provvede senz'altro dubbio ad una efficace conservazione spalmandone la superficie con grassi, olii o idrocarburi liquidi; queste sostanze, penetrando nei pori delle pietre e disseccandosi, li ostruiscono, impedendo l'accesso all'umidità ed all'acqua. Presentano però l'inconveniente di dare un aspetto untuoso alle pietre, veramente poco gradito, per cui più convenientemente si riparano le pietre coprendole, come ordinariamente si pratica, con uno strato di intonaco di calce o di cemento.

I procedimenti chimici che ne induriscono la superficie, prendono nomi diversi secondo le sostanze che vi si impiegano; essi sono la *silicatizzazione*, la *fosfatizzazione*, la *baritizzazione* e la *fluosilicatizzazione* o *fluatazione*.

La *silicatizzazione*, secondo il procedimento di Kulmann, consiste nell'impiego del silicato di potassio sciolto in 4 a 6 volumi di acqua e nell'applicare questa soluzione sulla superficie delle pietre, spalmandole con un pennello o con una pompa irroratrice, se le superficie sono estese. Questa soluzione viene assorbita dal calcare poroso, il quale si indurisce alla superficie, secondo alcuni, per semplice proprio consolidamento, senza alcuna azione chimica, secondo altri si forma un silicato di calcio, che prosciugandosi, si consolida. Un litro di questa soluzione è sufficiente per indurire convenientemente un mq. di calcare. L'inconveniente a cui si va incontro con questo procedimento è la formazione di carbonato potassico, che, essendo deliquescente, sgocciola fuori delle pietre e, se la soluzione impiegata è molto concentrata, si ottiene una superficie perfettamente impermeabile, di modo che l'acqua igroscopica sottostante non potendo uscire, produce durante la stagione dei geli, screpolature e scaglie per cui in sostanza questo procedimento, favorendo anziché togliere la gelività è quasi abbandonato.

Anche la *fosfatizzazione* e la *baritizzazione* sono rimaste allo stato di tentativo, perchè la prima, consistente nell'impiego di una soluzione a base di fosfato di calcio, favorisce la vegetazione tanto dannosa alla conservazione delle pietre, e la seconda, che si pratica con una soluzione di idrato di barite, offre gli inconvenienti medesimi della silicatizzazione.

La *fluatazione*, proposta da Faure e da Klessler, si ottiene per mezzo di fluosilicati metallici (alluminio, zinco, ferro, magnesio, ecc), che si impiegano in soluzioni più o meno diluite secondo il grado di durezza che si vuole conseguire.

Il più efficace dei fluosilicati è quello *doppio* (alluminio e zinco), i meno usati sono quelli di ferro e di piombo.

E' provato che sui calcari la fluatazione ha un effetto sicuro e che tale effetto si ottiene in minor grado sulle arenarie a cemento calcare e sui tuffi vulcanici contenenti calcite. E' vantaggiosa l'applicazione sopra i calcari teneri o semiteneri, i quali oltre all'indurimento acquistano facilmente un grado di lucentezza, che riesce maggiore impiegando fluosilicato di alluminio, ed una maggiore resistenza alla rottura ed allo schiacciamento. La fluatazione permette perciò l'impiego nella decorazione delle fabbriche di alcuni calcari teneri meno costosi e più facili a lavarsi, i quali allorchè sono fluatati acquistano tutti i caratteri di un calcare duro e compatto. Tuttavia però resta il dubbio, se gli effetti della fluatazione siano durevoli, quanto convenienti.

### § 13.

#### LA COLORAZIONE DELLE PIETRE.

I colori delle pietre, i quali d'ordinario si alterano sotto l'azione degli agenti esterni, si possono modificare artificialmente. Non è raro il caso di dover variare l'intonazione della tinta di una pietra nei limiti dello stesso colore, come accade quando si voglia ristaurare gli edifici antichi, là dove si richiede che le pietre nuove non scompaiano rispetto alle vecchie; meno di frequente capita il caso che ad una pietra bianca o di colorito chiaro e porosa si voglia dare un colore nuovo. Per le pietre a grana fina tornano convenienti le tinture di piante coloranti o gli olii colorati, poichè questi vengono facilmente assorbiti. Si adotta efficacemente questo metodo allora quando si vuol dare la tinta giallo-nerastra non uniforme che il tempo infonde alle pietre calcaree. Ricoperta la parte di superficie delle pietre nuove, che si vuole lasciare in bianco, con una soluzione di gomma arabica e fattala disseccare, si spalma sulla superficie intera una tinta ad olio che viene assorbita dalla pietra soltanto nelle parti non ricoperte di gomma. Di modo che fatta una lavatura ad operazione finita, la gomma, sciogliendosi, porta via il colore là dove non si voleva.

Per le rocce compatte il diverso grado di lavorazione può talvolta riuscire sufficiente a darle una tinta più o meno scura. Sebbene le differenze di co-

lore delle pietre, provenienti dal loro diverso grado di lavorazione, scompaiono col tempo, una stessa pietra, lavorata semplicemente a subbia, riesce di tinta meno scura di quella che sarebbe se fosse martellinata; e questa meno scura, se fosse arrotata o lucidata.

E' noto come la silicatizzazione con silicato di potassio, che ha per effetto l'indurimento delle pietre, dia loro una colorazione diversa da quella naturale: i calcari bianchi si oscuriscono, se sono trattati con silicato doppio di potassio e di manganese, si sbiancano invece se trattati con silicato di potassio e solfato di bario.

Anche con la fluatazione si ottiene, oltre all'in-

durimento, la colorazione delle pietre. Il fluosilicato di zinco schiarisce i calcari; il fluosilicato di magnesio li oscura leggermente; il fluosilicato di rame li colora in verde-azzurro; il fluosilicato di cromo gli dà un color verde, che si converte tosto in grigio-verde; i fluosilicati di ferro e manganese danno un colore giallo-bruno.

Questi procedimenti di colorazione delle pietre hanno però un esito incerto, poichè basta una piccola differenza di struttura nelle pietre, perchè l'assorbimento riesca disuguale e quindi non uniforme il colore. Ed avendosi la omogeneità della struttura è pur difficile ottenere quella giusta intonazione che si desidera e che questa si conservi per lungo tempo.

## CAPITOLO II.

### I LATERIZI

---

#### § 1.

##### LE GENERALITÀ.

Nei luoghi dove mancano le pietre naturali si adoperano le pietre artefatte per la costruzione degli edifici, le quali si possono distinguere in due categorie: nei *materiali laterizi*, provenienti dall'impiego delle argille cotte e nei *materiali cementizi*, ossia quelli che risultano dall'impiego delle malte e degli smalti.

Spesso i laterizi si preferiscono alle pietre naturali per la loro leggerezza, offrendo in pari tempo una notevole resistenza sia alla pressione che all'azione degli agenti esterni. Potendosi preventivamente loro assegnare una determinata forma, gli edifici fabbricati con laterizi riescono composti di strutture regolari ed uniformi.

Intendonsi per *laterizi* quei materiali i quali risultano di argilla più o meno pura, ridotta prima in pasta molle per mezzo dell'acqua, formati con appositi stampi, disseccati sotto l'azione del fuoco o semplicemente dell'aria e del sole e cotti in apposite fornaci. Secondo la loro forma si distinguono in *pianelle*, che sono quei laterizi piani, di piccolo spessore, i quali si impiegano nella costruzione dei pavimenti; in *tegole*, che sono quei laterizi generalmente curvi, talvolta piani, che si impiegano per la copertura dei tetti; in *mattoni*, quelli aventi la forma di parallelepipedo rettangolo, che si impiegano per la costruzione dei muri e delle volte; in *mattoni cavi*

quelli simili contenenti uno, due o più fori; in *tubi di terra cotta o di drenaggio*, quelli che hanno la forma di cilindri cavi che si impiegano per la costruzione delle condutture delle acque e dell'aria, ecc. L'uso di questi laterizi rimonta ad un'epoca molto remota; gli antichi Greci e Romani fecero uso per la costruzione dei muri e delle volte, come dice Vitruvio, di mattoni *crudi*, fabbricati con terra argillosa, impastata con acqua e mista a paglia triturrata, e dissecati per lungo tempo al sole. Questi mattoni erano della forma di un parallelepipedo rettangolo a base quadrata ed oggidì si ha in Europa soltanto qualche rara traccia del loro impiego, avendo questo materiale una durata molto breve, relativamente a quelle dei laterizi cotti, mal resistendo all'azione delle intemperie. Sembra che gli antichi popoli d'Oriente, che poi furono valenti fabbricatori di vasi di terra cotta, per primi avessero apprezzati i vantaggi della cottura dei laterizi e ne avessero fatto uso. I Romani cominciarono a metterli in opera su vasta scala sotto il regno di Augusto, costituendone in seguito la struttura principale di tutti gli edifici di quel vasto impero.

Le terre da impiegarsi per la costruzione di laterizi sono quelle argillose; nelle quali l'argilla (silicato di allumina) ne costituisce l'elemento preponderante. Esse provengono dalla decomposizione delle rocce feldspatiche, provocata dall'azione corrosiva dell'aria e da quella solvente e meccanica delle acque. Si rinvengono sotto forma di estesissimi depositi nei terreni alluvionali, sovente sotto forma di

strati o di filoni alternati con strati o filoni di sabbia. Le argille più pure, le quali prendono il nome di *caolini*, provengono dai feldspati più puri e si adoperano per la fabbricazione delle porcellane, l'arte delle quali chiamasi *ceramica*. Le *maioliche*, le *stoviglie*, ecc. sono opere di argilla meno pura.

Generalmente le terre argillose non si ritrovano pure. Per lo più, oltre al silicato di allumina, contengono la *sabbia*; l'esuberante presenza della sabbia, specialmente se è silicea, determina l'argilla così detta *magra*, la quale dà laterizi porosi e poco resistenti; le terre di tal fatta si rendono più idonee alla fabbricazione di laterizi, mescolandole con argilla pura. Il *carbonato di calce* rende l'argilla calcarea: questa produce buonissimi laterizi, meglio resistenti all'azione delle acque e del gelo, se le quantità di carbonato calcareo non supera il 25%; oltre questo limite, il protossido di calcio, nell'idratarsi a contatto dell'umidità atmosferica, aumenta notevolmente di volume, procurando il disfacimento dei laterizi, rendendoli inutili; l'*ossido di ferro* rende ferruginosa l'argilla, e ne aumenta dopo cotta la resistenza alla pressione; l'*allumina* in esuberanza dà argilla così detta *grassa*, la quale produce materiali che si restringono molto nell'essiccamento e nella cottura, deformandosi; tali argille si rendono più adatte alla fabbricazione dei buoni laterizi mescolandole con la sabbia.

Corrispondentemente al loro grado di purezza, seguendo il Brougnart, le argille si classificano in *argilla plastica*, caratteristica per la sua morbidezza, costituita essenzialmente di silicato di allumina idrato, senza elementi estranei, eccetto la soda e la potassa; in *argilla figulina* della medesima costituzione di quella precedente e contenente dal 5 al 6% di calce (carbonato o silicato); in *marna argillosa* ossia terra contenente in preponderanza argilla e carbonato di calce e sabbia in quantità variabili, riuscendo dotata di plasticità come le argille delle quali conserva la maggior parte dei caratteri; in *marna calcarea* contenente una maggior quantità di carbonato di calce e sabbia e in *marna limacciosa*, qualora queste ultime sostanze sono talmente abbondanti che la rendono inadatta ad acquistare dopo la cottura quella solidità che si richiede nei laterizi. Dalle esperienze fatte si deduce che i migliori mattoni si ottengono quando le argille contengono associate la calce, l'ossido di ferro e la sabbia. Queste tre sostanze quando non sono eccessive, provocano durante la cottura la

vetrificazione, rendendo i laterizi più forti. Invece le argille esenti o povere di ossido di ferro e di calce rimangono infusibili, dando per risultato i così detti *mattoni refrattari* di colore biancastro, i quali poco o nulla si restringono e si deformano sotto l'azione continuata di un fuoco intenso, talchè utilmente si impiegano per la costruzione di fornelli e di stufe.

## § 2.

### LA FABBRICAZIONE DEI LATERIZI ALL'APERTO,

#### LA MODELLATURA E LO ESSICCAMENTO.

Scelta la località per l'estrazione della terra, si procede alla sua escavazione su larga scala, depositandola in apposite aie, secondo strati alti dai 30 ai 40 cm. e lasciandola stare per il periodo di alcuni mesi.

La località va scelta eseguendo prima dei saggi; si fabbricano cioè dei laterizi di prova, tenendo conto della loro qualità e delle spese unitarie occorrenti per tale fabbricazione.

L'estrazione dell'argilla si eseguisce scavando il suolo a braccia d'uomini con le zappe e con picconi e perchè il lavoro proceda rapido si attacca il terreno per gradinate come indica la fig. 292 (1), ciò che permette di impiegare un maggior numero di manovali.

L'operazione di escavazione ordinariamente va fatta nei mesi di autunno, acciocchè le intemperie della prossima stagione invernale, agendo sulla terra così distesa, ne provochino la macerazione e un naturale disgregamento, rendendola più adatta all'impasto; si ricava in tal guisa un lavoro vantaggioso, che riuscirebbe difficile e sempre costoso ad ottenersi a mano d'uomo.

Nella primavera successiva si mondano le terre dalle sostanze estranee, specialmente dalla ghiaia, la quale nella cottura darebbe della calce, che nell'idratarsi per l'umidità spezzerebbe i laterizi; conviene pertanto che per la fabbricazione dei laterizi di ottima qualità le terre siano passate allo staccio fine.

Eseguita questa prima operazione, si procede a regolarizzare le terre, aggiungendo la giusta quantità di argilla o di sabbia per ottenere rispettivamente terre nè troppo magre nè troppo grasse e si

(1) Molinari, *Laterizi, gesso, pozzolane*, ecc. 1887, Milano.

compie quindi l'impasto con acqua sufficiente, per dare una pasta di conveniente duttilità e tenacità. Tale impasto va fatto ordinariamente entro bacini di forma parallelepipedica, scavate nel piazzale del cantiere e spesso rivestite con mura, pigiandovi le terre coi piedi od a mano, facendo uso di apposite marre, e finchè la pasta sia ridotta omogenea e consistente.

Il cantiere per la fabbricazione dei laterizi è scelto prossimamente al sito in cui si cava la terra, e si spiana convenientemente per una superficie di mq. 5000 per ogni 500 mila mattoni da prodursi giornalmente. Il terreno deve presentare una pendenza dal 5 al 10% per lo scolo delle acque e deve essere

provvisto di pozzi o di apposite condutture per le acque occorrenti nelle operazioni dell'impasto.

L'operazione della modellatura tiene dietro immediatamente a quella dell'impasto e perciò ha luogo quasi sempre nella stagione primaverile. L'estate va proscritta perchè il caldo eccessivo, essiccando rapidamente i bordi dei laterizi modellati più che l'interno della massa, ne provocherebbe la rottura.

I mattoni ordinari per strutture murali si modellano in appositi stampi di legno di quercia (fig. 293), consistenti in una scatola parallelepipedica e senza fondo, profonda quanto lo spessore dei mattoni, sulle pareti della quale si sparge della sabbia fine ad ogni volta che si modella un mattone, come pure sul piano



Fig. 292. — L'attacco del terreno per la cavatura delle argille.

del tavolo nel quale si appoggia la cassetta di legno, allo scopo di evitare che l'argilla si attacchi alle pareti di queste ed al piano del tavolo. Il tavolo del formista è collocato nel sito più ampio dell'area ed in prossimità dei locali destinati all'essiccamento dei laterizi.

Talvolta lo stampo ha il fondo, il quale viene pure cosparso di sabbia, perciò il mattone dicesi eseguito ad *una sabbia* nel primo caso e a *due sabbie* nell'altro, secondo che il mattone presenta una o entrambe le faccie più ampie cosparsa di sabbia.

Per le tegole curve lo stampo è simile a quello dei mattoni; esso è della forma di un trapezio e di breve profondità. Alla tegola che ivi si modella si dà la curvatura voluta depositandola sopra un tronco di cono per lo più di legno.

Pei tubi e pei vasi non si ha uno stampo speciale; questi vengono modellati per lo più a mano d'uomo, mentre con apposito tornio se ne assoggetta la terra ad una rapida rotazione attorno ad un asse verticale.

E' necessario che gli stampi siano costruiti con un volume maggiore circa di  $\frac{1}{15}$  di quello che devono avere i laterizi, allorchè sono essiccati e cotti, essendo tale la diminuzione di volume che si verifica nell'argilla durante le operazioni di essiccamento e di cottura.

Tutti i laterizi, allorchè sono modellati, vanno sottoposti all'essiccamento. I mattoni si fanno passare di piatto dallo stampo sopra un'aia perfettamente piana e sparsa di sabbia dove un manovale, aiutante del formista, li deposita mediante un rapido capovolgimento.

mento della forma, accompagnato da un colpetto secco che determina la caduta del mattone senza defor-

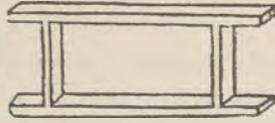


Fig. 293.

marlo. I mattoni si dispongono nell'aia allineati regolarmente (fig. 294); in questa posizione si lasciano per un periodo di tempo non eccedente le 24 ore,

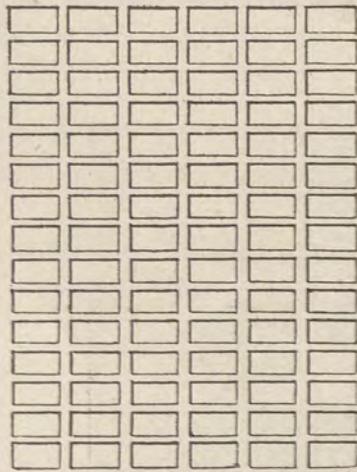


Fig. 294. — L'essiccamento dei laterizi.

fino a che non avranno acquistato quella tenacità, che permette di poterli rialzare di costa, raddrizzarne i bordi e nettarli dalle lordure che a caso vi si fos-

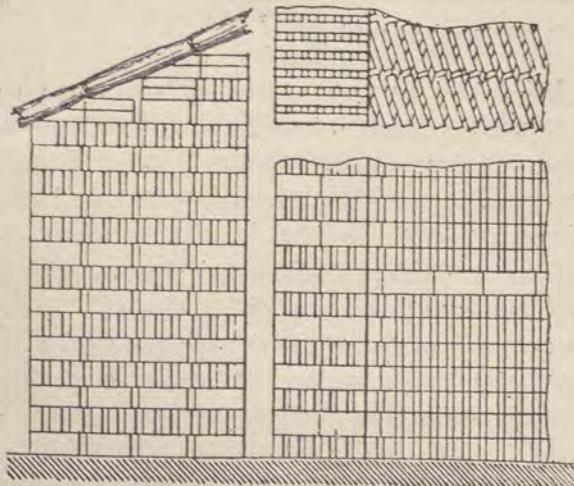


Fig. 295. — L'essiccamento dei laterizi.

fero attaccate. Indi si accostano l'uno sopra l'altro formandone una specie di grossi muri a secco a corsi sovrapposti, nei quali i mattoni sono collocati di co-

sta e distanti l'uno dall'altro per modo che tutte le faccie, meno quelle di posa possano essere investite dall'aria (fig. 295) o, come suolsi dire comunemente, si dispongono in *gambetta*. Questi muri sono in sommità ricoperti con paglia o con tegole, coprimuri, tavole, ecc. ed in tale posizione si mantengono per il periodo di un mese circa, periodo variabile secondo la temperatura dell'aria e secondo lo stato più o meno umido e compresso della pasta.

Le tegole e gli altri laterizi leggeri si fanno essiccare completamente sull'aia, esigendo questi cure speciali, dovendoli spesso rivoltare, acciocchè riescano disseccati uniformemente; in caso diverso si deformano e si rompono.

### § 3.

#### LA FABBRICAZIONE MECCANICA DEI LATERIZI.

Non sempre la fabbricazione dei laterizi si fa all'aperto. Spesso conviene compierla in vicinanza di luoghi abitati e di facile smercio, epperò in appositi stabilimenti dove si compiono tutte le operazioni necessarie per il passaggio delle terre appena scavate ai laterizi essiccati e pronti alla cottura.

Il metodo fin ora descritto per la fabbricazione dei laterizi non è certamente il migliore. Esso dà materiali meno perfetti ed esige molto tempo per la fabbricazione dei medesimi. Sono perciò preferibili alcuni procedimenti meccanici specialmente là dove la mano d'opera si paga a caro prezzo. Si hanno pertanto macchine le quali eseguono tutte o in parte le operazioni sopra indicate.

Anche presso gli stabilimenti la stagionatura delle terre si compie allo scoperto; non è raro però il caso che esse si impieghino appena estratte, senza la preventiva stagionatura. In questo caso, prima di essere deposte e bagnate nelle fosse, è necessario procedere al loro di disgregamento ed alla separazione o triturazione delle pietre, ritenute nocive, che vi si possono contenere.

La *tagliatura* ha questo scopo e si compie per mezzo di macchine (*tagliatrici*) fondate sul tipo dei tagliapaglia, ad asse orizzontale o verticale. L'asse di queste tagliatrici è munito di un disco metallico portante alcune feritoie nel senso radiale, ciascuna delle quali è provvista di un coltello, lungo il bordo, a lama inclinata.

Il disco forma il fondo di un recipiente nel quale

si depositano le terre provenienti dalla cava; assoggettandolo ad un movimento di rotazione le lame tagliano la terra obbligandola a penetrare per le fessure ed a depositarsi nelle sottostanti fosse di bagnatura, se la tagliatrice è collocata sopra le medesime. Nella fig. 296 è dato il disegno di una tagliatrice ad

ste macchine è di 20 a 25 mc. al giorno, se la terra è secca, e di 10 a 15 mc., se è umida.

L'impiego delle tagliatrici riesce pericoloso allorchè le terre argillose sono poco pure e contengono grosse pietre calcari o silicee per cui queste macchine potrebbero facilmente guastarsi. Bisognerà

allora ricorrere ad un altro sistema per disgregare le terre, facendole cioè passare attraverso due cilindri lisci o scanalati, situati parallelamente con l'asse orizzontale e girevoli a brevissima distanza l'un dall'altro. La terra versata in una tramoggia soprastante ai cilindri discende mano mano fra questi, risultando frantumata, con i sassi che vi si possono contenere, in pezzi più o meno piccoli secondo la distanza che separa i due cilindri. I cilindri che servono a questo uso sono di ghisa ed i loro assi devono presentare una robustezza conveniente per resistere allo stritolamento delle pietre; i cilindri a scanalature ingrananti l'uno con l'altra sono generalmente più adatti a produrre un materiale meglio disgregato ed omogeneo.

Potendo disporre di doccie o di tele senza fine con una sola tagliatrice o con una sola coppia di cilindri, situati a conveniente altezza, si può provvedere al riempimento di più fosse di bagnatura, nelle quali le terre vengono convenientemente bagnate ed inzuppate per acquistare la necessaria consistenza per esser rimescolate. È in questa operazione di *rimescolamento* che si correggono le terre argillose aggiungendo le sostanze necessarie (*argilla* se sono magre, *sabbia* se sono troppo grasse) per produrre laterizi di quella qualità che si desidera.

Il rimescolamento delle terre che all'aperto e nei piccoli stabilimenti si compie a mano, coi piedi o con la pala, negli stabilimenti di considerevole produzione è fatto con i cilindri medesimi che han servito per cilindrare le terre asciutte, avvicinandone la distanza (fino a 3 mm.), ovvero facendo uso di speciali apparecchi, chiamati *tini rimescolatori* (figura 297).

Un tino rimescolatore consta di un recipiente

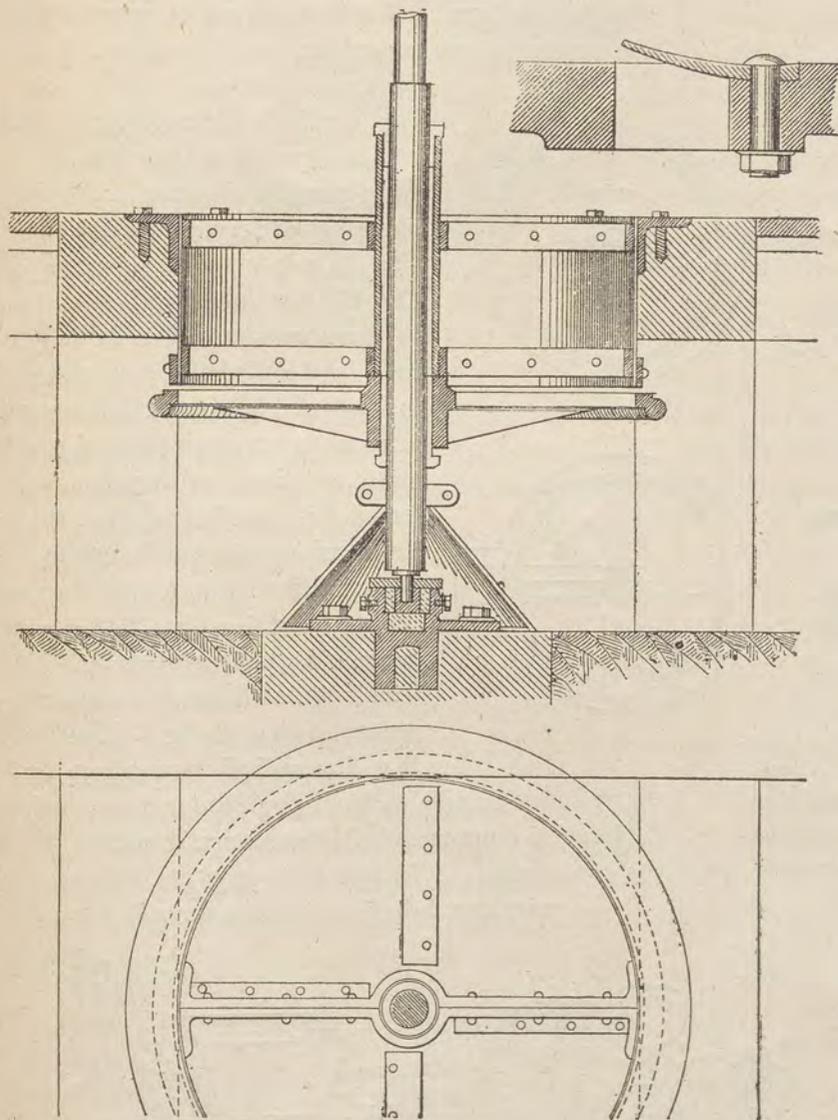


Fig. 296. — La tagliatrice ad albero verticale.

asse verticale nella quale la terra si versa in un recipiente cilindrico di cui il disco con i coltelli costituisce il fondo orizzontale. Onde la terra depositata non giri col disco senza subirne la tagliatura il recipiente cilindrico è diviso in due parti da una parete diametrale metallica fissa. Il disco di queste macchine ha un diametro di m 0,80 e contiene quattro feritoie ed altrettanti coltelli; l'altezza del recipiente è di 20 cm. e la produzione di una di que-

cilindrico di legno o di lamina di ferro ad asse verticale del diametro intorno ai m. 0,70, provvisto di fondo e di un coperchio entrambi traforati ed attra-

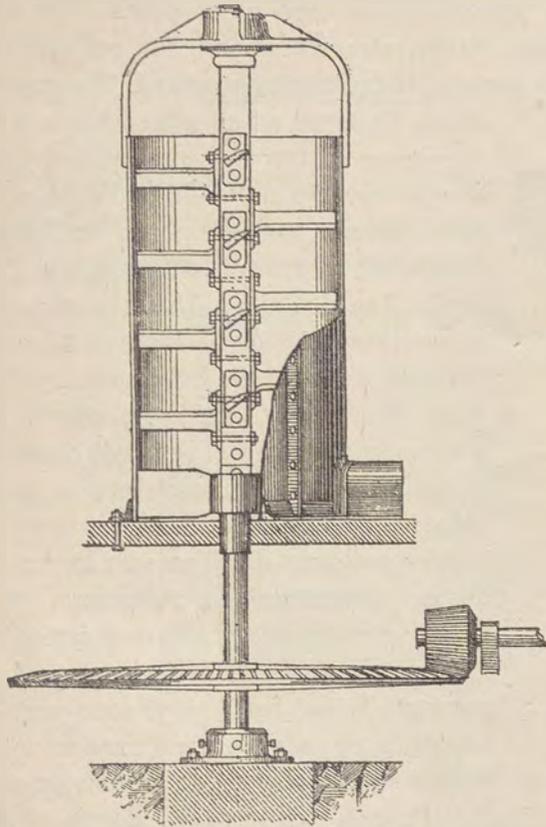


Fig. 297. — Il tino rimescolatore delle argille.

versati da un asse verticale, girevole, portante due ordini di lame o coltelli di acciaio che tagliano, triturano e rimescolano le terre bagnate deposte nel tino. Queste terre si versano alternandole a strati con le materie che si aggiungono per la loro correzione, supplendo dell'acqua fornita da apposito rubinetto, qualora ne abbisogni. I coltelli costituenti l'ordine più alto sono a lame perpendicolari all'albero, con la loro faccia di poco inclinata alla verticale ( $20^{\circ}$  a  $45^{\circ}$ ) per modo che agiscono da fendenti rimescolatori e comprimono le terre verso il basso e la distanza fra loro è tale, che la terra rimescolata e spinta da una lama viene a trovarsi sotto l'azione immediata della lama successiva. In tal maniera la terra è anche obbligata a discendere verso il basso là dove il tino contiene una apertura (0,20 a 0,25 di diam.) sulla parete verticale o sul fondo. Il secondo ordine di lame ha lo

scopo di spingere e di scacciare la terra verso l'orificio; laonde se questo trovasi sulla parete verticale, le lame sono curvate ad S a superficie cilindrica e generatrici verticali; se l'orificio trovasi nel fondo del tino, le lame sono a guisa di una elice di battello col passo eguale a quello delle lame superiori. È necessaria una forza di 3 a 6 cavalli per ottenere con un tino rimescolatore la produzione giornaliera di 8 a 15 mc. di terra.

Anche la formatura dei laterizi nei grandi stabilimenti si ottiene per via meccanica. Le macchine formatrici sono svariatissime. Fra le più note si conoscono la *Durand* e la *Julienne*. Nella prima la terra versata in una tramoggia cade fra due stantuffi in movimento inverso che la spingono e la comprimono in uno stampo; così che il mattone viene ad acquistare la forma di un parallelepipedo a 6 faccie, di cui due sono quelle fornite dagli stantuffi e quattro dallo stampo. Questa macchina (fig. 298), che rileviamo da una memoria di V. Beltrandi (1), assieme alle altre rappresentate fino alla fig. 311, richiede 3 a 4 cavalli di forza e può produrre fino a 13 mila mattoni al giorno con un servizio di 4 operai manovranti; la formatura si calcola possa costare circa L. 1,75 per mille mattoni.

La macchina *Julienne* presenta il particolare che

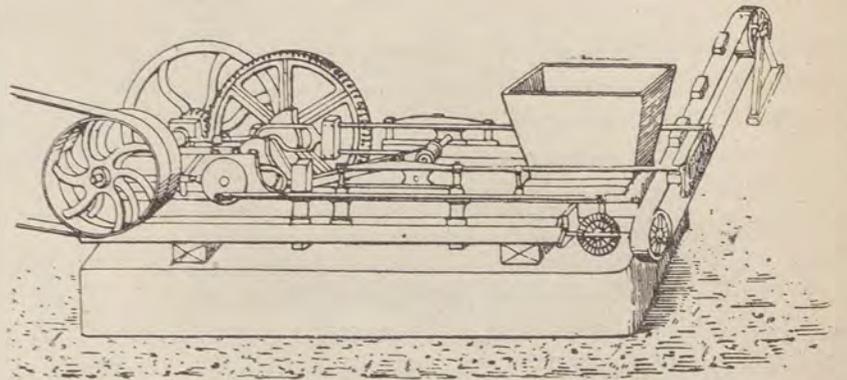


Fig. 298. — La macchina di Durand.

si manovra a braccia d'uomo, è quasi intieramente costruita in legname compreso lo stantuffo comprimente

(1) Enciclop. Arte e Industrie. Torino.

la terra nello stampo. Essa è capace di una produzione giornaliera di 4 mila mattoni e può essere manovrata da un solo operaio coadiuvato da un manovale.

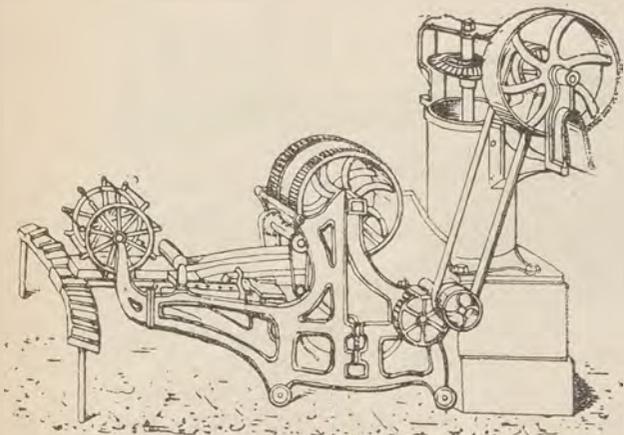


Fig. 299. — La macchina Jardin-Gazenave.

Si hanno inoltre macchine nelle quali la terra impastata viene laminata ed altre in cui la terra è obbligata a passare attraverso una trafila di contorno variabile secondo il genere dei laterizi che si vuol produrre.

Fra le macchine a laminatoio la più importante è quella nota sotto il nome di macchina *Jardin-Gazenave* consistente essenzialmente in un tino rimescolatore e in due cilindri metallici collocati a una distanza corrispondente allo spessore che devono avere i mattoni; questi cilindri ricevono la terra dal rimescolatore e la comprimono laminandola. E poichè i cilindri sono lunghi quanto la larghezza dei mattoni, la terra laminata ha la larghezza e lo spessore dei mattoni, e viene tagliata a lunghezza opportuna da fili di ferro, che appositamente tesi ad un telaio prismatico, agiscono automaticamente (fig. 299). Questa macchina richiede 4 a 5 cavalli di forza per produrre giornalmente 10 mila mattoni, il di cui costo di formatura ascende a circa L. 2,40 per mille mattoni, richiedendo il servizio di un uomo e tre giovinetti.

Le macchine a filiera sono quasi sempre sussidiate dagli altri meccanismi necessari per preparare le terre provenienti dalle cave e renderle adatte alla formatura. A questa categoria appartengono la macchina *Vitehead* di Preston, la macchina di *Clayton*, di *Hertel*, di *Schlicheysen*, di *Sachsenberg* e di *Borrie*; la terra che esce dalle loro trafle viene suddivisa per mezzo di fili tagliatori tesi sopra telaio o da coltelli manovrati a mano.

Ottime macchine di questo genere fornisce la ditta francese *G. Pinette* di Chàlon-sur-Saone, le quali sono di due categorie a seconda che si debba lavo-

rare *argilla compatta*, quale essa proviene cioè dalle cave, ovvero *argilla spappolata*.

L'argilla compatta viene cilindrata una o due volte, se lo richiede il suo grado di purezza, prima di subire una energica rimescolatura, per rendersi adatta a passare nelle macchine a tirare.

Il *rimescolatore* (fig. 300) consiste in un tino ordinario a parete verticale cilindrica, aperto dalla parte superiore per la quale si introduce l'argilla. Nel tino si muove, per mezzo di un opportuno sistema di assi e di ingranaggi, un albero verticale munito di palette taglienti elicoidali, che stritolano e rimescolano l'argilla spingendola verso il fondo, nel quale un orificio munito di sportello, manovrabile a mano, permette all'argilla di uscire. Una tela senza fine messa in movimento dallo stesso macchinario permette al materiale di pervenire nel tino con continuità nella stessa misura della quantità di argilla che esce dall'orificio inferiore. L'argilla che dall'azione di questo rapido rimescolatore è ridotta

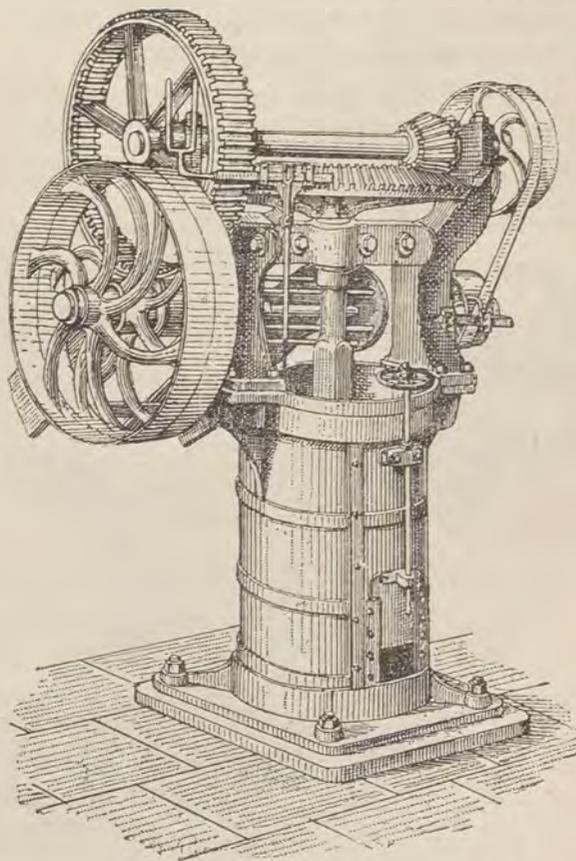


Fig. 300. — Il tino rimescolatore.

in pasta molto omogenea, viene portata nella macchina da tirare (fig. 301) dalla quale esce sotto forma di liste adatte per tegole, quadrelle, mattoni pieni e

vuoti, tubi di drenaggio, cunei per voltine, laterizi sagomati, ecc.

Questa tiratrice è a doppio effetto, consta cioè di due casse provviste rispettivamente di una tra-

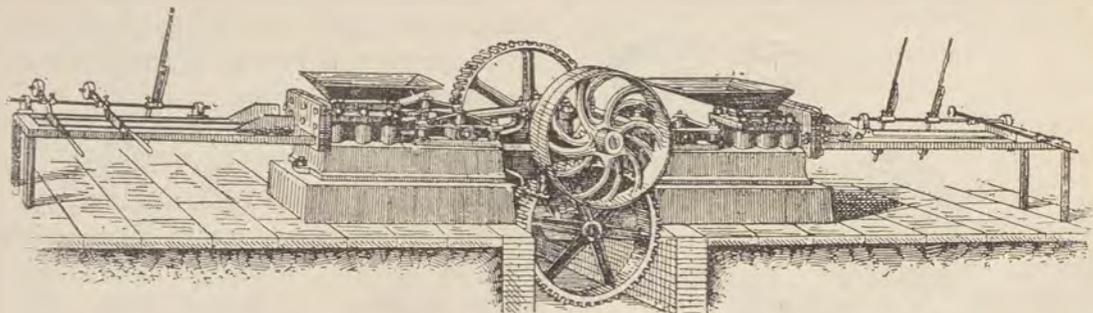


Fig. 301. — La macchina da tirare a doppio effetto.

moggia che riceve il materiale; in ciascuna di queste casse la terra viene compressa da uno stantuffo con bielle mosse da un unico asse. Adottando differenti trafile all'estremità di ciascuna cassa si possono contemporaneamente ottenere prodotti differenti, che sono ricevuti da appositi tavoli, dove, con lame di coltello manovrate a mano, il filone di pasta è diviso in porzioni di lunghezza voluta.

Non tutti i materiali così attenuti riescono finiti; le tegole, le quadrelle e i mattoni pieni, se si vogliono compatti e resistenti e di buona forma, si

vite preparato per modellare tegole piane; il pezzo di argilla laminata si adagia sullo stampo il quale è scorrevole sopra apposite guide per modo che si

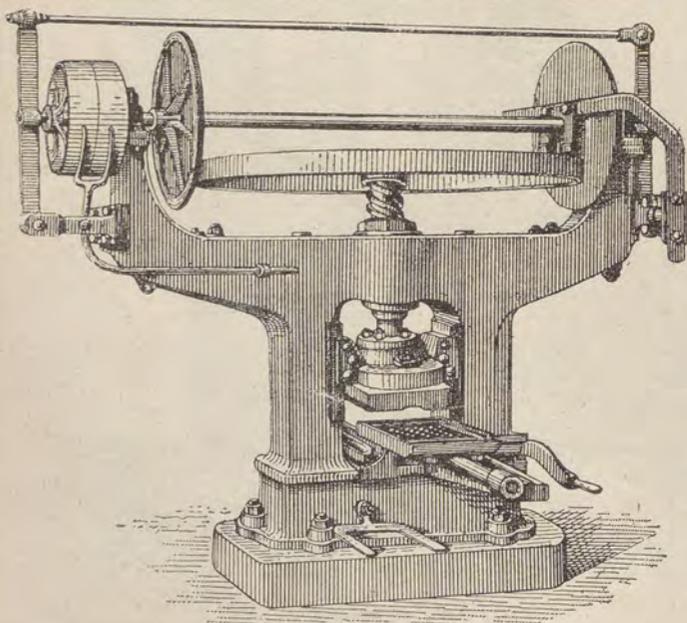


Fig. 302. — Lo strettoio a vite.

devono comprimere nuovamente per mezzo di presse, entro appositi stampi.

Nella fig. 302 è rappresentato uno strettoio a

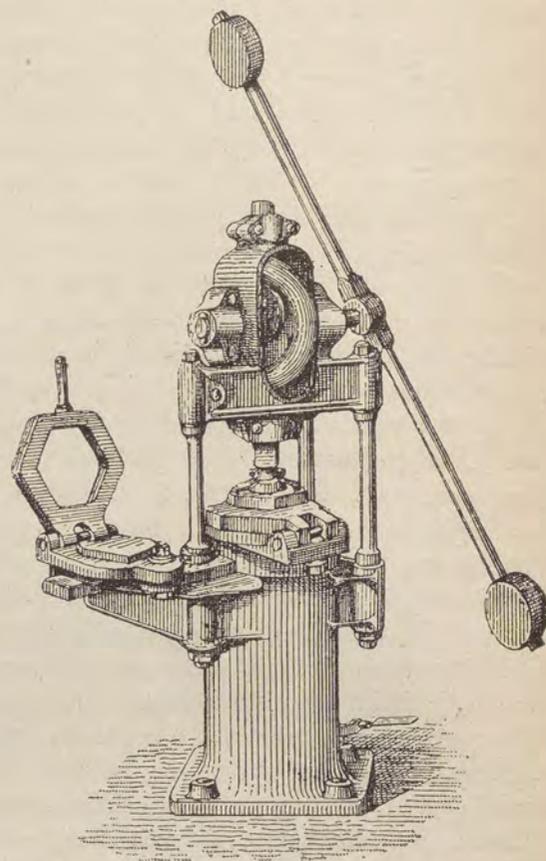


Fig. 303. — Lo strettoio a mano per quadrelle da pavimenti.

spinge sotto l'asse del torchio che lo comprime dandole la forma desiderata.

La fig. 303 ci dà la vista di una pressa per

quadrelli ed esagoni da pavimenti manovrabile a mano. Occorrono due operai uno per manovrare la macchina, l'altro per cambiare e vuotare lo stampo: in un giorno si possono comprimere fino a 8 mila quadrelle.

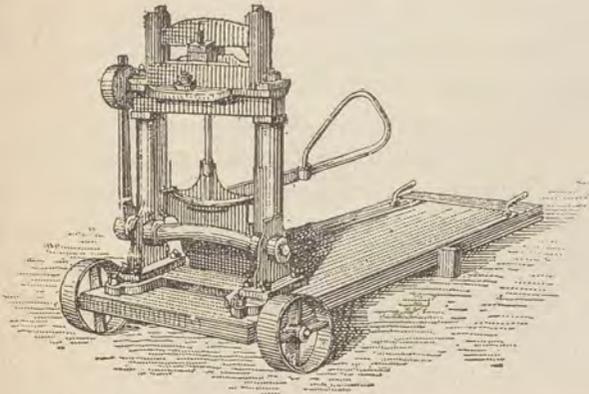


Fig. 304. — La pressa a stampo per i mattoni pieni.

Lo strettoio per mattoni (fig. 304) è chiamato *strettoio riformatore*, perchè può servire tanto per mattoni modellati a mano, quanto per quelli provenienti dalle macchine a tirare, unicamente allo scopo

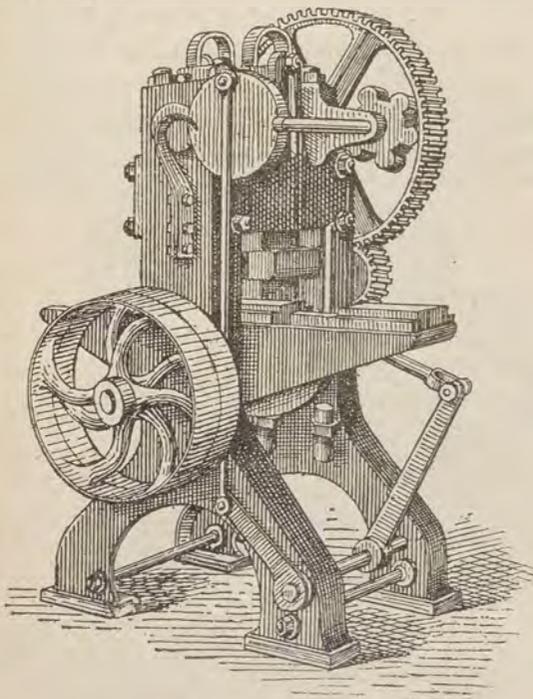


Fig. 305. — La pressa a vapore.

di meglio comprimere l'argilla ed assegnare un unico preciso calibro ai mattoni, rettificandoli e facendone vivi gli spigoli, condizione spesso richiesta da speciali od accurate opere murarie. La formella del mattone da comprimere si deposita in un telaio o

quadro di ghisa, delle dimensioni del mattone, a fondo mobile per modo che all'inizio dell'operazione questo si trovi al pari dell'orlo superiore del telaio. Un manovale manovrando una manovella fa discendere il fondo che trasporta seco la formella di argilla accompagnato da uno stampo superiore che vi imprime la marca di fabbrica. Rimanovrando in senso contrario la manovella, dandole due colpi secchi, l'argilla viene compressa per modo da occupare esattamente tutto il telaio o quadro e quindi spinta nuovamente in alto dal fondo mobile per essere sostituita da una nuova formella da finire.

Disponendo di forza motrice a vapore o idraulica si preferisce lo strettoio meccanico rappresentato nella fig. 305 poco dissimile dai precedenti nella maniera

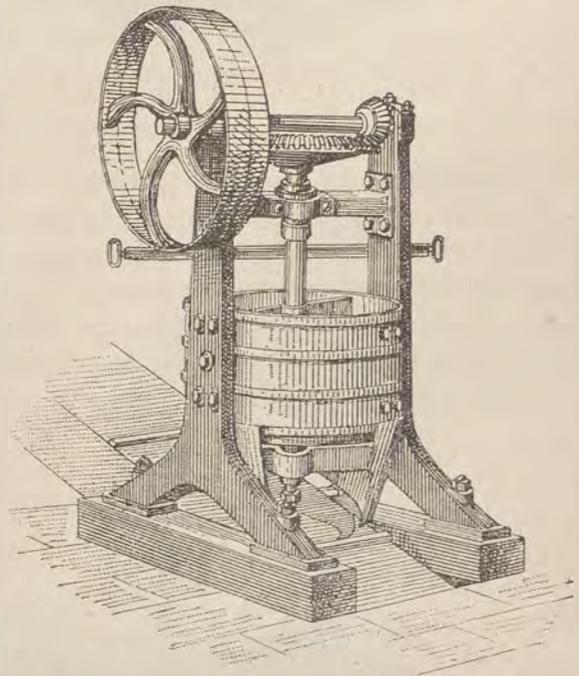


Fig. 306. — La sfaldatrice a disco orizzontale.

di funzionare. La macchina possiede due forme che si sottopongono alternativamente allo strettoio, bastano perciò due fanciulli per togliere i mattoni formati e rimettere le formelle nuove al loro posto, essendo automatico anche il movimento degli stampi verso lo strettoio e viceversa.

La fabbricazione dei laterizi con argilla compatta eseguita da un macchinario perfetto, preventivamente stritolata e rimescolata coscenziosamente, ha dato prodotti di qualità eccellenti.

Quando si tratta di fabbricare laterizi con argilla spapolata si ricorre alle macchine *sfaldatrici* che hanno lo scopo di tagliare e di ridurre in pic-

coli pezzi le terre quali provengono dalle cave prima che vengano versate nelle fosse per essere convenientemente bagnate.

Nelle fig. 306 e 307 si hanno i due tipi di *sfaldatrici Pinette*, l'una ad asse verticale, l'altra ad

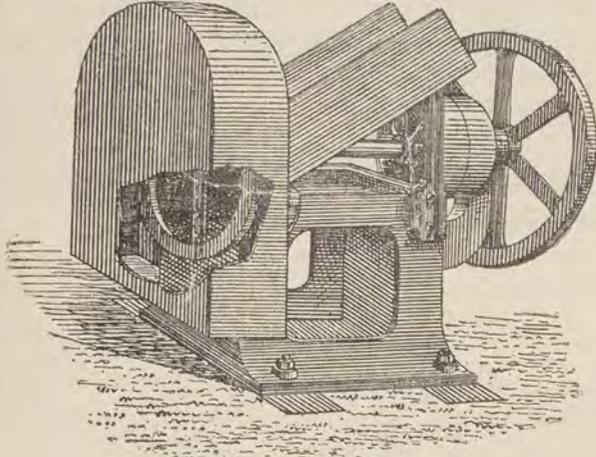


Fig. 307. — La sfaldatrice a disco verticale.

asse orizzontale. Sono macchine tagliatrici del tipo già descritto, nella prima delle quali il disco con i coltelli è orizzontale, nella seconda è verticale. Contro questo disco pervengono le terre versate in una tramoggia inclinata che, tagliate e minuzzate, sfuggono attraverso le fessure praticate nel disco medesimo.

Prima ancora che le terre convenientemente

inzuppate giungono nelle macchine formatrici, si assoggettano ad un lavoro di rimescolamento entro tini e si cilindrano ove occorra. Ottenutasi così una pasta bene omogenea, se ne fa la tiratura con la macchina orizzontale speciale indicata nella figura 308, dove l'argilla è versata nella tramoggia, impastata di bel nuovo da un'elica che si muove in un cilindro orizzontale e da questa spinta verso la parte conica terminante con la trafilatura. Il filone di argilla tirata, che col variare della trafilatura può servire per produrre mattoni pieni e vuoti, tubi, tegole, ecc., scorre su apposito tavolo di rulli, dove viene tagliata a lunghezza opportuna per mezzo di fili tesi ad un telaio mobile che nella figura si vede rialzato.

Si hanno macchine le quali compiono contemporaneamente le operazioni di cilindratura, di rimescolamento e di formatura, qualora le argille per la loro buona qualità non esigono un diligente lavoro di stritolamento, ovvero quando si vogliono costruire laterizi di qualità non superiore. Queste macchine hanno il vantaggio di compiere un lavoro spedito rispetto le altre, però, come si disse, il prodotto difficilmente è superiore per qualità. La tramoggia sta sopra una coppia di cilindri (fig. 309) che stritola il materiale prima che questo pervenga nel cilindro orizzontale provvisto di asse e palette elicoidali ri-

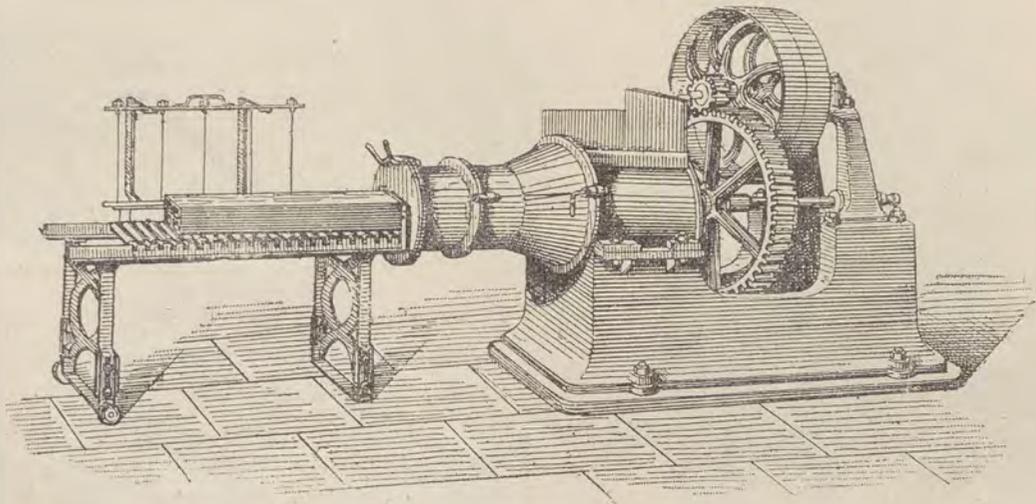


Fig. 308. — La macchina da tirare per le argille spapolate.

mescolatrici e comprimenti l'argilla, finchè questa non esca a filone dall'orifizio della trafilatura, sopra il piano dei rulli, per essere tagliata da fili tesi in apposito telaio mobile.

Si hanno due dimensioni di queste macchine; la più grande esige 8 cavalli a vapore di forza motrice

per produrre dai 15 ai 18 mila mattoni al giorno; la più piccola tre cavalli per produrne circa 8 mila. Le tegole, le piastrelle ed i mattoni pieni, se si desiderano compatti e resistenti, sono sottoposti ad una definitiva compressione in stampi di ghisa per mezzo di presse meccaniche di cui nella fig. 310 è indicato

il tipo prevalente più in uso per la compressione di tegole piane preparate con argilla spappolata. Questo strettoio, del quale facilmente si arguisce il funzionamento è a 5 stampe ed è capace di produrre da

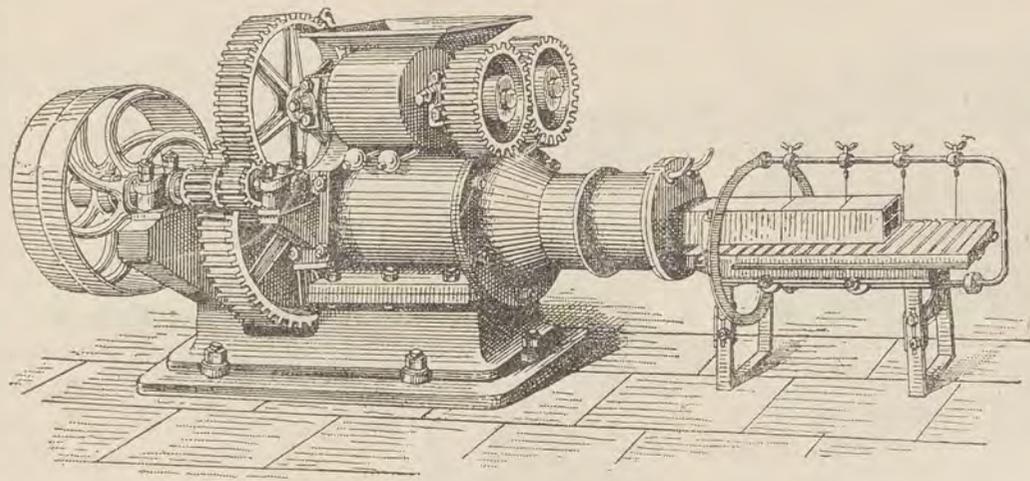


Fig. 309. — La macchina da tritare e tirare le argille spapolate.

4500 a 5000 tegole compresse al giorno, richiedendo due fanciulli per l'assistenza, uno per posare le for-

Si hanno finalmente macchine speciali per la fabbricazione di tubi di cotto che funzionano a mano

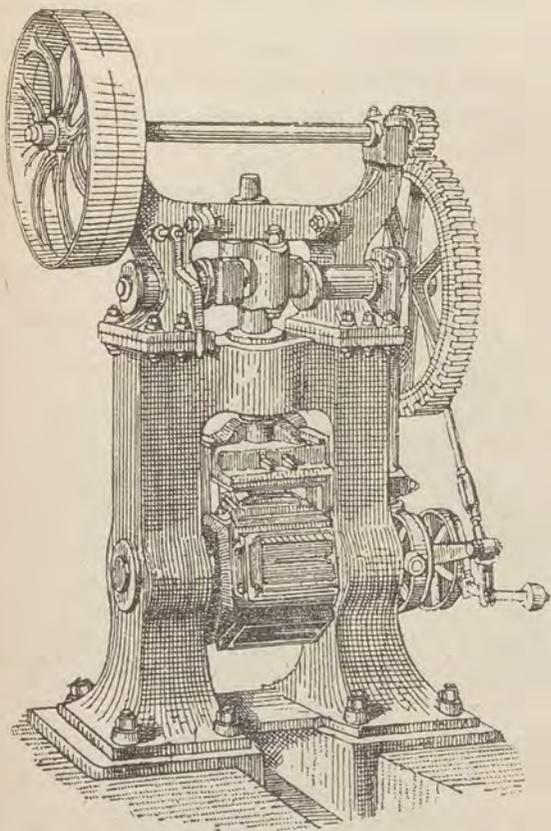


Fig. 310. — Lo strettoio per tegole.

melle sugli stampe, l'altro dal lato opposto per raccogliere le tegole compresse, che cadono in virtù del proprio peso col girare del tamburo portante gli stampe.

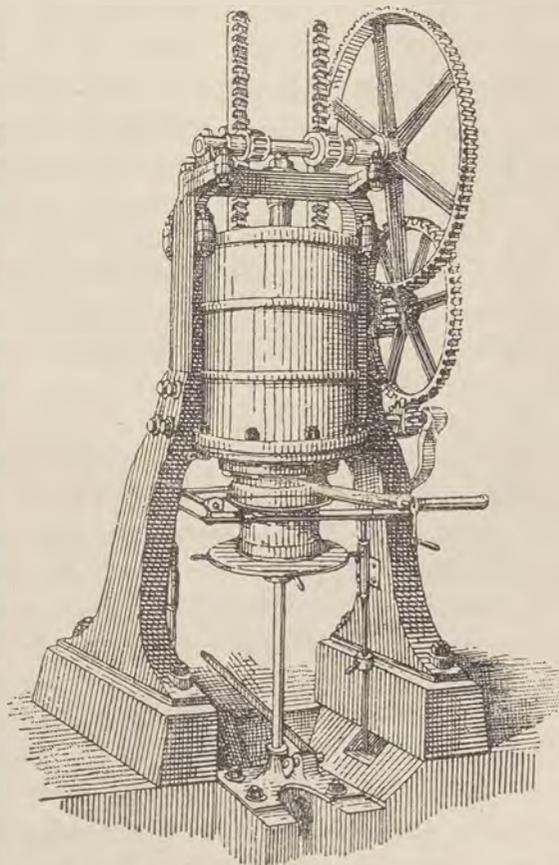


Fig. 311. — La macchina a cassa cilindrica per tirare tubi.

ovvero per mezzo di forza meccanica. Queste macchine sono di diversa potenzialità, anche a seconda della grandezza dei tubi da costruire; sono a cassa

cilindrica o con base rettangolare, secondo che si debbano costruire tubi cilindrici o rettangolari.

La macchina rappresentata nella fig. 311 è a

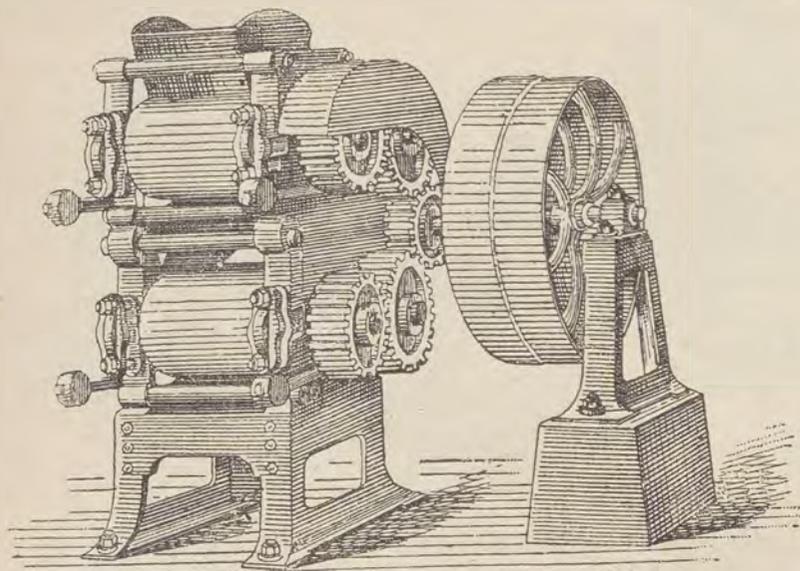


Fig. 312. — La macchina a cilindri per stritolare le argille.

cassa cilindrica ed è manovrabile a mano mediante manubrio; essa serve per costruire tubi del diametro fino a 35 cm. Presenta il vantaggio di possedere l'anima, che produce il vuoto nei tubi, sospesa ad una traversa superiore per modo che il tubo esce di un sol pezzo. L'argilla è introdotta nella cassa da apposita apertura laterale, situata a tergo e risulta chiaro dalla figura la maniera come, girando il manubrio, questa possa essere compressa e spinta fuori per la filiera situata sul fondo del recipiente per l'azione di uno stantuffo che si abbassa verticalmente nella cassa.

Un piattello inferiore raccoglie e sostiene i prodotti abbassandosi dolcemente per effetto della pressione dai medesimi esercitatavi. Un telaio con fili di acciaio serve per tagliare a voluta lunghezza i tubi; due operai sono sufficienti per manovrare questa macchina, uno essendo addetto a girare la manovella, l'altro a raccogliere i tubi prodotti che possono risalire fino a 600 per giorno.

Anche in Italia si costruiscono buonissime macchine per la fabbricazione dei laterizi. La ditta Schlaepfer e C. di Torino fornisce macchine per cilindrare, rimescolatori, presse meccaniche ed a mano, e macchine che compiono tutte le operazioni che subisce l'argilla fino alla formatura. Per la loro sem-

plicità e la bontà dei prodotti che se ne ottengono, queste macchine sono preferibili a quelle francesi.

La macchina per cilindrare sono ad una o due coppie di cilindri (fig. 312) e servono unicamente per stritolare le argille quali provengono dalle cave. I cilindri trituratori sono a contatto l'un coll'altro spinti da robustissime molle, le quali sono abbastanza tenaci per resistere allo sforzo necessario per rompere le materie pietrose e possono permettere ai medesimi cilindri di discostarsi, a scanso di rotture, quando capitasse qualche corpo estraneo infrangibile nella terra introdotta fra i cilindri. Il diametro dei cilindri nel tipo più grande è di mm. 355, la lunghezza di mm. 400; la produzione della macchina di 4 a 5 mc. di terra per ora.

I rimescolatori (fig. 313) sono a due eliche girevoli in senso contrario, le quali riuniscono e strappano ripetutamente l'argilla e producono così un impasto molto più perfetto che non con gli impastatori con un'elica sola. Il cilindro è a parete verticale del diam. di m. 0,50 e la produzione oraria è di circa 4 mc. con un impiego di 6 a 12 cavalli di forza secondo la durezza dell'argilla.

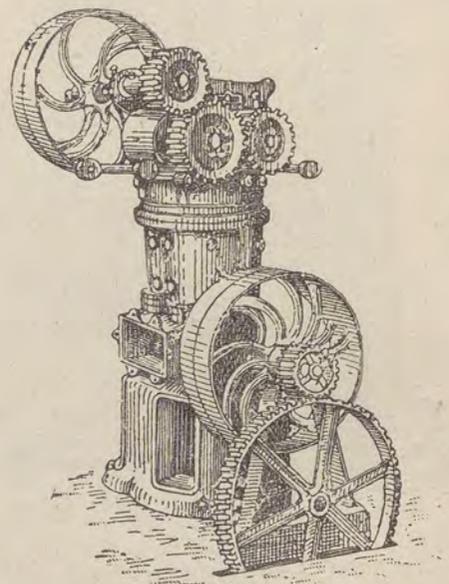


Fig. 313.

Le macchine tiratrici compiono anche le operazioni di stritolamento e di impasto delle argille. Sono molto semplici e costituite essenzialmente di

3 (fig. 314) o di 5 cilindri lisci o rigati a seconda del grado di finezza e di omogeneità che si vuole conseguire nella terra argillosa. Quelle a 5 cilindri

cambiabile per produrre mattoni pieni o forati, tubi, volterrane, ecc. I cilindri hanno un diametro di 360 mm. ed una lunghezza di 440 mm.; il consumo di forza varia da 4 a 6 cavalli.

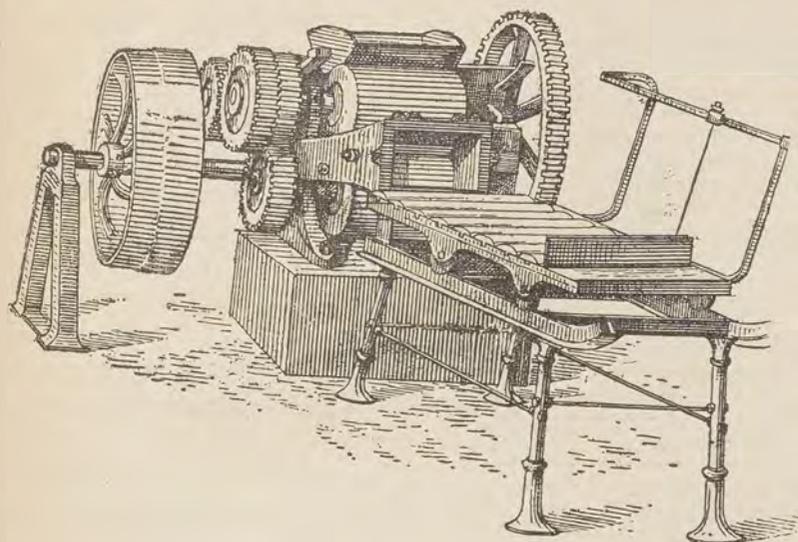


Fig. 314. — La macchina a tre cilindri rigati per la fabbricazione dei mattoni.

non sono che la combinazione di una macchina a 3 cilindri con un semplice stritolatore a 2 cilindri; epperò si riuniscono in essa le funzioni della lavorazione della terra di queste due macchine (fig. 315). Il sovrastante

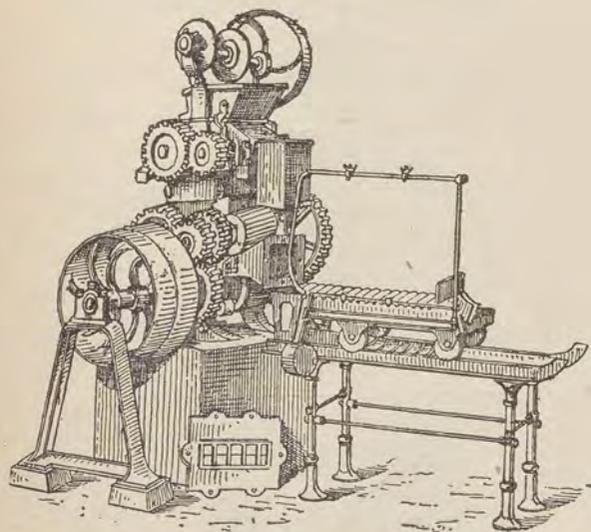


Fig. 315. — La macchina a 5 cilindri per la fabbricazione dei mattoni.

stritolatore riceve la terra macinandola tra i suoi cilindri lisci che girano con diversa velocità e che sono, per mezzo di fortissime molle, in contatto alquanto elastico l'uno con l'altro; poi la lascia cadere, stritolata, direttamente nella macchina a 3 cilindri. Questa impasta l'argilla coi suoi cilindri rigati di ghisa e la spinge fuori dalla bocca, attraverso la filiera ri-

La medesima casa costruisce ottime presse a *frizione* ed a *mano*, le quali differiscono di poco da quelle avanti descritte.

#### § 4.

#### LA COTTURA DEI LATERIZI.

La cottura alla quale si sottopongono i laterizi allorchè sono essiccati, ha per iscopo di renderli più leggeri e più resistenti alla pressione ed all'azione distruttrice delle piogge e del gelo. L'operazione di cottura si può fare in due modi: *all'aperto a mucchio* od a *piazza* ed in *apposite fornaci*.

La cottura all'aperto, che si pratica esclusivamente pei mattoni pieni, consiste nell'accatastare i mattoni, collocandoli di costa in strati o in filari poco distanti l'uno dall'altro, e nel lasciare nella parte centrale della massa un condotto principale, al quale mettono capo diversi condotti secondari per modo che il calore ed i prodotti della combustione possono invadere tutta la massa, alla quale si dà la forma di un tronco di piramide a base quadrata (fig. 316). Col crescere del volume della catasta, diminuendo la quantità di combustibile necessario per la cottura di ciascuna unità di volume, le cataste si fanno generalmente molto voluminose, mai però oltre i 400 mc. perchè allora riesce difficile potere guidare il fuoco con efficace uniformità. Un notevole vantaggio si ottiene disponendo la catasta a base rettangolare con la maggiore dimensione nel senso dei venti dominanti; perciò è che qualche volta il mucchio ha forma di prisma rettangolare, ma generalmente è cubico.

Quando la catasta è terminata, si ricopre tutta all'intorno di uno strato di zolla di terra alto circa 10 cm. allo scopo di diminuire la dispersione del calore. La durata di costruzione e di cottura di una catasta di 5 a 600 mila mattoni dura dai 15 ai 16 giorni.

Questo modo di cottura è certamente conveniente nei luoghi in cui si ha il combustibile a poco prezzo e dove i laterizi hanno un prezzo molto ele-

vato, perchè con questo sistema, oltre a molto consumo di combustibile, si ha un gran numero di scarti per laterizi mal cotti.

muri perimetrali, dove non esistono le bocche da fuoco, le quali a caricamento compiuto si murano con tramezzo. I mattoni si situano di costa secondo filari disposti lungo la periferia della fornace, e tra le bocche da fuoco nel senso parallelo ai lati delle medesime ed a strati avanzantisi l'uno sull'altro, per modo da individuare delle vere vólte sul prolungamento di quelle delle bocche da fuoco. Il caricamento si compie in seguito, disponendo i mattoni sempre di costa e secondo filari alternantisi in direzione, avendo principalmente cura di fare rimanere fra mattone e mattone e tra filare e filare un piccolo spazio per permettere ai prodotti della combustione di potere lambire uniformemente i laterizi di tutta la catasta, sopra la quale, prima di accendere i fuochi, si stende uno

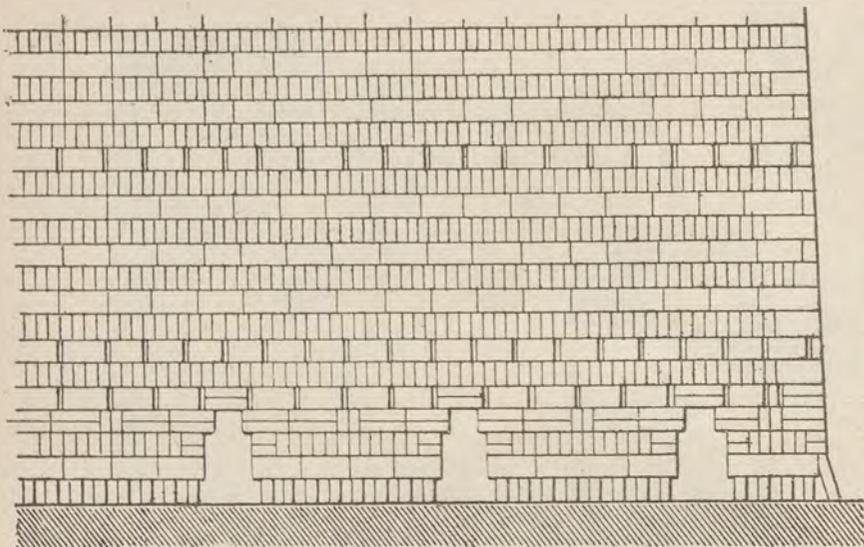


Fig. 310. — La cottura all'aperto dei laterizi.

Sovente perciò la cottura va fatta entro fornaci. Nel primo periodo detto del *piccolo fuoco*, i laterizi nelle fornaci si sottopongono ad un fuoco lento e continuo, allo scopo di scacciare tutta quanta l'umidità che possono contenere; nel secondo periodo detto del *gran fuoco*, i laterizi sono sottoposti a quell'alta temperatura, che è necessaria per la loro completa cottura.

Cinque sono i tipi a cui si possono ridurre le fornaci per la cottura dei laterizi e sono:

a) La *fornace sola lateralmente rivestita di muri* (fig. 317). Questa fornace molto usata esige una piccola spesa di impianto consistendo in un piccolo ambiente a base pressochè quadrata, contornato da muri aventi verticale la parete interna ed a scarpa quella esterna; questo ambiente è internato per lo più sotto terra, almeno in parte, per impedire un notevole disperdimento di calore. Quattro pilastri situati agli angoli in cima di questo edificio sorreggono un tetto a quattro piovanti, di struttura leggera, il quale serve a proteggere dalla pioggia l'interno della fornace.

In uno dei quattro muri, che si avrà cura di lasciare fuori terra, sono praticate le bocche da fuoco *b*, protette all'esterno da una piccola tettoia con pilastri, acciocchè i fornaciari vi possano accedere comodamente. L'operazione di caricamento si compie per mezzo delle aperture *a*, ricavate nei tre

strato di zolla di terra argillosa allo scopo di impedire un disperdimento maggiore di calore, e di regolare opportunamente il tiraggio praticandovi dei

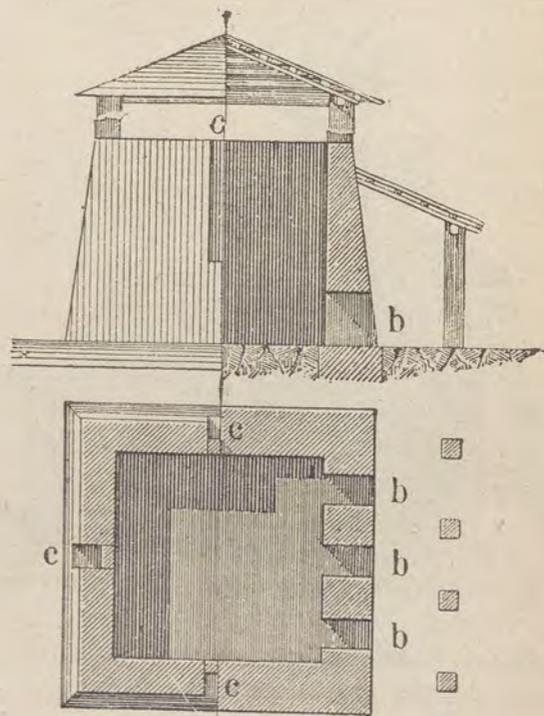


Fig. 317. — La fornace rivestita di muro.

fori più o meno numerosi. Questa fornace riesce economica anche perchè vi si possono impiegare come combustibile delle fascine di legna.

Nelle fornaci più grandi dello stesso sistema talvolta le bocche da fuoco sono praticate lungo due muri perimetrali paralleli (fig. 318), sono coperte con volta circolare, e sono munite di graticola, quando per

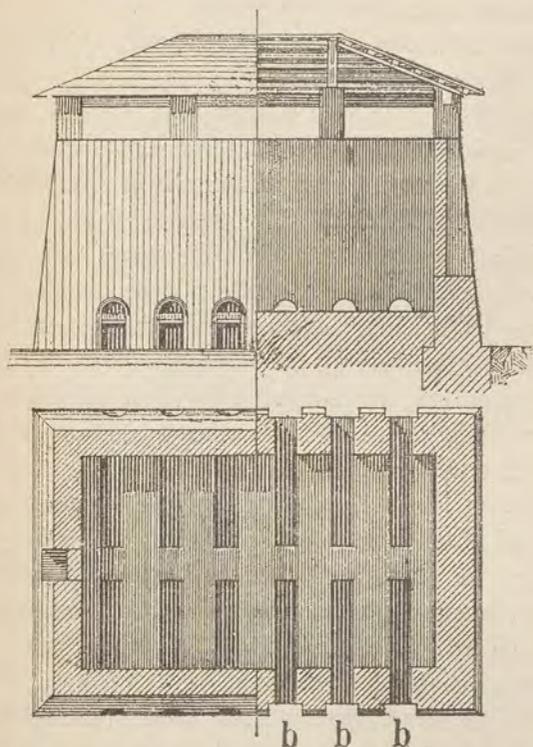


Fig. 319. — Il tipo delle grandi fornaci rivestite di muri.

combustibile si adopera la lignite, il coke e il carbon fossile.

L'operazione della cottura si comincia coll'accendere un fuoco moderato per 24 ore, aumentandolo successivamente e gradatamente per altre 36 ore, attivandolo sempre più in seguito fino ad ottenere una perfetta cottura. Cessato il fuoco, si chiudono tutte le bocche con apposite porte di ferro e si provvede alla scarica del materiale dopo un periodo di tempo variabile, secondo il volume, da 5 a 20 giorni, necessario per il suo lento e completo raffreddamento.

b) La fornace rivestita di muri e di volta provvista di fori o di un camino di richiamo (fig. 319). E' vantaggiosa per la cottura dei laterizi di qualsiasi forma, specialmente per quelli leggeri, come tegole, tubi, vasi, ecc., e può essere a pianta rettangolare o quadrata con le bocche da fuoco disposte lungo una parete o lungo due pareti opposte; tutto l'edificio può essere circondato di terra su alcuni lati o totalmente scoperto.

La fornace rappresentata in figura ha la volta

fornita di camino a sezione circolare e di 4 fori *c*, che si aprono e funzionano come sfatatoi, allorchè la cottura è compiuta, per un più sollecito raffreddamento. Le bocche da fuoco munite di graticola sono coperte da volte che si estendono per tutta la larghezza della fornace per cui queste volte sono costruite con mattoni refrattari e munite di fessure. Due aperture *p* a livello del pavimento interno situate sopra pareti opposte servono per il carico e scarico del materiale nella fornace; esse si chiudono con muriccioli durante la cottura.

Se trattasi di cuocere laterizi sottili, con questa fornace si compie la cottura in 18 a 24 ore di fuoco continuato.

c) La fornace a due scompartimenti (fig. 320). Questa fornace ha lo scopo di utilizzare in modo migliore i prodotti della combustione, con notevole economia nel consumo del combustibile.

Consta essenzialmente di 2 fornaci o cavità sovrapposte comunicanti fra loro; quella superiore rac-

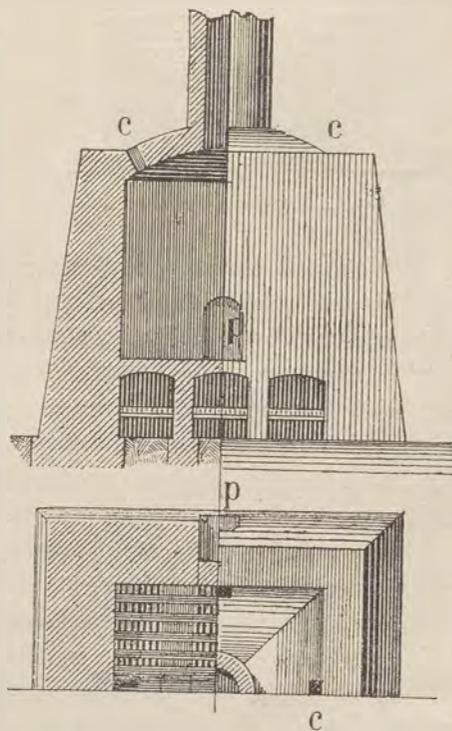


Fig. 319. — La fornace rivestita di muri e di volte.

coglie ed utilizza il di più del calore necessario per la cottura nella cavità inferiore.

Le cavità sono a base pressochè quadrata, ciascuna sezione orizzontale risultando di 4 lati eguali curvi; curve sono pure le pareti e restringentisi verso l'alto. Si hanno due graticole *g* e due bocche

da fuoco *f*; i fornelli sono coperti da vòlte forate e la cavità superiore termina con un foro o ca-

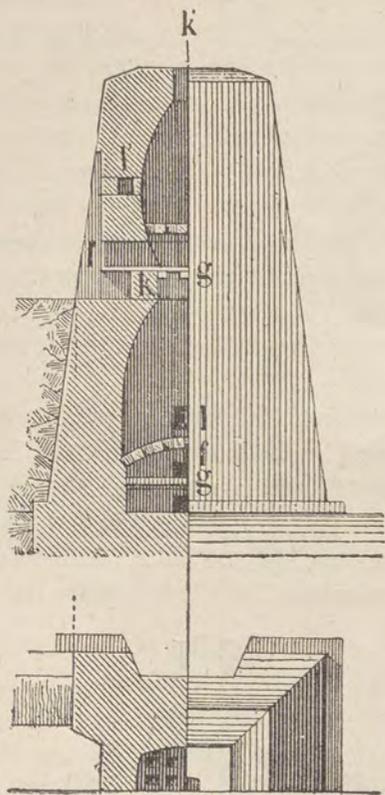


Fig. 320. — La fornace a due scompartimenti.

mino *k'* di richiamo. Il carico e il discarico dei laterizi si compie nella cavità inferiore per le aperture *k* ed *l* che si chiudono con muriccioli durante la cottura, per le aperture *k'* ed *l'* nella cavità superiore, delle quali *k'* rimane sempre aperta. Il fuoco si accende dapprima nel focolare inferiore e si mantiene fino a che i laterizi di questa cavità non siano cotti, avendo cura, durante tale cottura, di tenere chiusa la bocca da fuoco della cavità superiore, la quale, a questo scopo, è munita di porta di ferro e chiudendo poscia la bocca da fuoco nella cavità inferiore e facendo fuoco nel focolare superiore per il tempo e con l'intensità necessaria per completare l'imperfetta cottura dei laterizi deposti in questa cavità, per effetto del calore che li involse durante l'accensione nel focolare inferiore.

d) *La fornace a fiamma piegata* (fig. 321). La cavità *A* di questa fornace ha base rettangolare coperta da vòlta semicilindrica a grosse pareti, ed ha per pavimento un masso cavo per evitare disperdimento di calore. Nella figura è segnata con *g* la graticola, con *b* il focolare, diviso dalla cavità *A* per

un muro forato, che ha lo scopo di dividere e ripartire le fiamme; *c* è il cinerario, *d* il camino di richiamo, *e* la bocca di carico e di discarico, che si mura durante la cottura; *s* una porta in ferro a saracinesca della bocca da fuoco.

e) *La fornace a regresso di calore* (fig. 322). La cavità di questa fornace è cilindrica a pareti verticali (4 m. di diam. 4, 6 d'altezza), coperta da una vòlta a calotta sferica sormontata dal camino di richiamo. I focolari *f* sono in numero di 4 e ciascuno è munito di graticola e di cinerario. Il carico e il discarico del materiale si fa attraverso una bocca praticata nella parete. I prodotti della combustione sortendo dai focolari, penetrano direttamente nel forno e vengono dopo aspirati dai condotti *c* ( $0,15 \times 0,20$ ) con la loro origine in *e*, riunendosi in sommità col camino di richiamo. Tale fornace è capace di contenere 24 mila mattoni.

Il tipo più perfetto di fornaci per laterizi è però quello *Hoffmann a fuoco continuo*. Per la notevole economia di combustibile questa fornace, sebbene inventata da non molti anni, ha ricevuto una così estesa applicazione da occupare oggidi il primo posto fra le fornaci di questo genere.

La fornace Hoffmann della quale è mostrato un

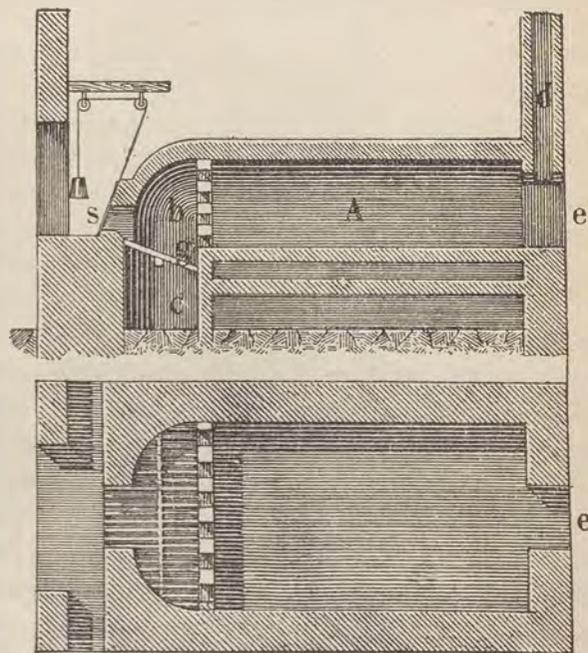


Fig. 321. — La fornace a fiamma ripiegata.

disegno nella fig. 323, consta di una galleria anulare in muratura coperta da vòlta, la quale superiormente è ricoperta con sabbia.

Questa galleria è divisa in parecchi compartimenti, mediante tramezzi in lamiera di ferro, scorrevoli a saracinesca in apposite guide scanalate, ovvero mantenute a posto mediante stipiti ed archi im-

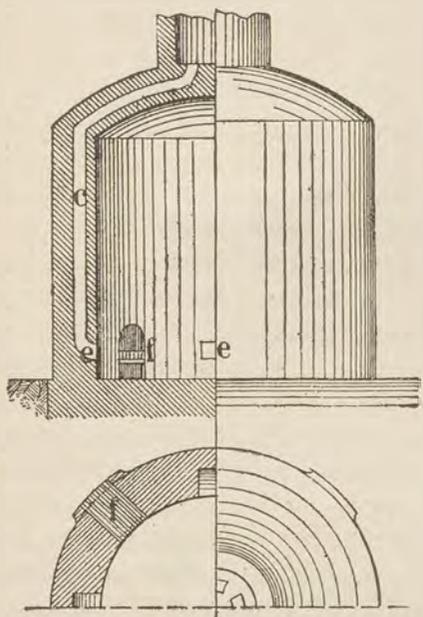


Fig. 322. — La fornace a regresso di calore.

postati sopra gli stipiti. Ogni scompartimento è provvisto di una bocca (m. 0,80  $\times$  1) praticata nel muro di ambito per la quale si compie il carico e il discarico del materiale e di un foro piccolo nel muro perimetrale interno o nel pavimento, il quale, per mezzo di un condotto in muratura sotterraneo, mette capo in una galleria più piccola *c*, simile alla prima e a questa concentrica, detta *galleria da fumo*; questa galleria comunica col camino di richiamo dei prodotti della combustione, mediante quattro aperture praticate nel muro perimetrale del camino.

Il camino ha la forma tronco-conica ed è eretto nella parte centrale delle fornaci a pianta circolare. Poichè di queste fornaci se ne costruiscono anche a pianta bislunga (fig. 324) con due lati rettilinei paralleli e con le testate circolari, in queste il camino occupa un posto laterale a parte della costruzione della fornace e comunica con la galleria interna *c* da fumo mediante un condotto sotterraneo *s*. L'impianto di queste fornaci bislunghe è relativamente meno costoso di quelle circolari, perchè il nucleo centrale riesce di più semplice struttura.

Il caricamento del combustibile in ciascun compartimento si fa per mezzo di alcuni fori praticati

nella volta, rivestiti di ghisa, i quali possono otturrarsi con porte di ghisa, a caricamento compiuto, che si affondano nelle sabbia di cui è ricoperta la volta.

Ciascun condotto da fumo, che mette capo nella galleria più piccola da fumo, può a volontà essere intercettato in totalità o in parte mediante una valvola conica di ghisa manovrabile dall'esterno per mezzo di un'asta che attraversa la volta delle gallerie da fumo. Una leggera e solida tettoia di forma tronco-conica ricopre tutta la fornace e mette al riparo delle intemperie anche una zona di terreno intorno la fornace, nella quale i fornaciari possono lavorare comodamente.

Le fornaci Hoffmann funzionano nel seguente modo: Supponiamo, come indicasi nella fig. 323, che gli scomparti secondo i quali la galleria è suddivisa siano in numero di 12 e che nel compartimento 1 si faccia l'estrazione dei laterizi già cotti e nel successivo 12 si carichi il materiale non cotto: entrambi

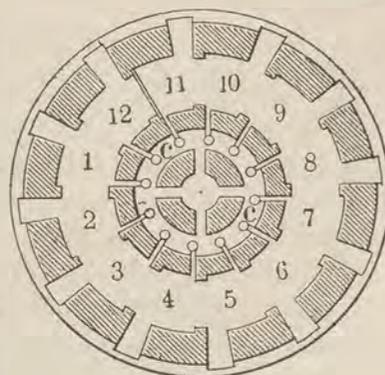
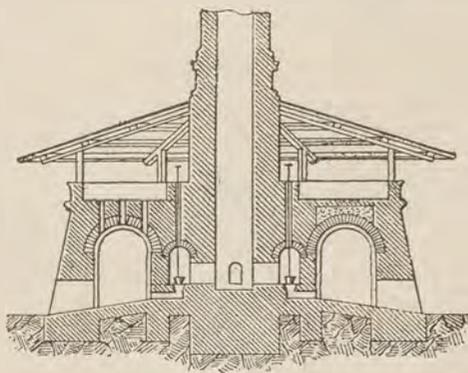


Fig. 323. — La fornace Hoffmann a pianta circolare.

questi compartimenti avranno le bocche esterne aperte per queste operazioni. I compartimenti rimanenti hanno chiuse le bocche esterne e le valvole da fumo

ed aperti i tramezzi in ferro interni, per modo che tutti comunicano fra loro formando un' unica galleria. Solo l'11 ha aperta la valvola da fumo e chiuso il tramezzo in ferro che lo mette in comunicazione col successivo 12, dove si sta compiendo il caricamento dei laterizi crudi. Gli scomparti 2, 3, 4, 5 e 6 contengono laterizi già cotti; negli altri 7, 8, 9, 10 e 11 laterizi crudi. Mentre negli scomparti 12 e 1 si compiono rispettivamente le operazioni di carico

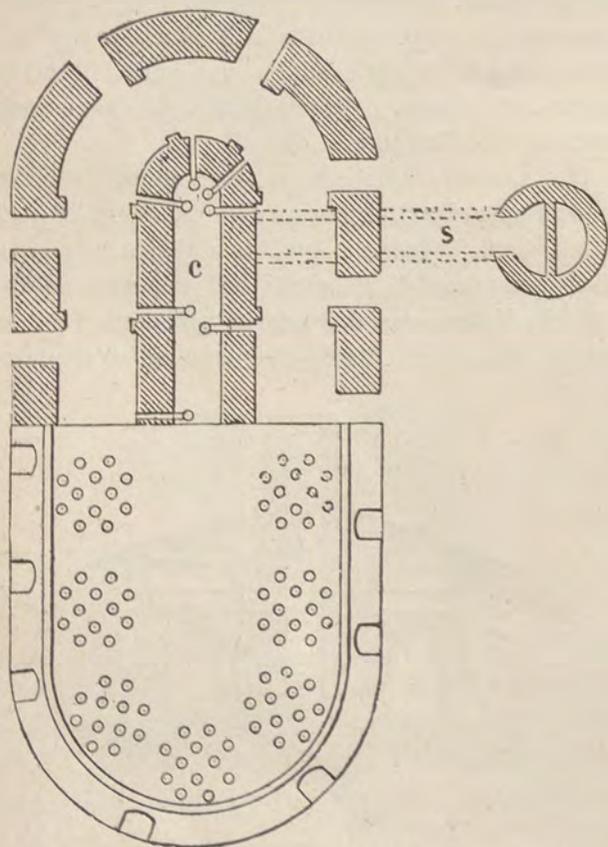


Fig. 324. — La fornace Hoffmann a pianta bislunga.

e di scarico, nel 7 ed 8 si attiva la combustione versando il combustibile dai fori soprastanti, in corrispondenza dei quali nella massa dei materiali laterizi si lasciano apposite cavità nell'atto del loro caricamento.

Data tale disposizione, l'aria necessaria per la combustione penetra per le bocche dei compartimenti 1 e 12, attraversa i compartimenti 2, 3, 4, 5 e 6 raffreddando i laterizi cotti che vi sono contenuti e perviene calda nei compartimenti 7 ed 8 dove è attivata la combustione; i prodotti di questa richiamati dal camino principale attraverso il condotto da fumo del compartimento 11, attraversa gli scomparti 9, 10 ed 11, essiccando e cuocendo parzialmente i laterizi crudi che vi si trovano impostati.

In queste fornaci tutto il calore emesso dai laterizi cotti durante il loro raffreddamento e quello dei prodotti della combustione va utilizzato con grande economia di combustibile e con sommo vantaggio di una uniforme e graduale cottura da permettere uno scarto finale che difficilmente supera il 5 per cento.

### § 5.

#### LA DISTINZIONE DEI LATERIZI.

Non tutti i laterizi della medesima cotta subiscono a rigore lo stesso grado di cottura. Quelli situati presso la periferia della fornace, più lontani dal focolare, riescono mal cotti; quelli più vicini riescono troppo cotti. Giusto cotti invece riescono quelli che occupano la parte centrale della fornace.

Nel commercio si dicono *ferrioli* quei mattoni i quali per essere eccessivamente cotti riescono poco resistenti alla pressione e si impiegano convenientemente nei siti in cui vanno soggetti più alla corrosione per attrito che allo schiacciamento. Si chiamano *forti* quelli i quali hanno subito un grado di cottura di poco superiore al necessario; *mezzanelli dolci* quelli giusto cotti ed *albazi* quelli che sono rimasti al disotto della necessaria cottura e che facilmente si sfarinano e si rompono. In ordine di qualità perciò, saranno preferibili i mezzanelli dolci, seguono poi i forti, i ferrioli e gli albazi.

I buoni mattoni presentano un aspetto regolare, hanno un suono chiaro ed acuto, quando vengono percossi: presentano inoltre una fattura compatta e priva di particelle calcari e, allorquando sono immersi nell'acqua, non si sfaldano, nè si rammolliscono. La loro resistenza alla trazione, quanto quella allo schiacciamento, sono variabili con la qualità. Il carico al quale praticamente si assoggettano non è superiore a  $\frac{1}{10}$  del carico di rottura se vengono sottoposti a compressione.

Quanto alla loro forma i laterizi si chiamano con nomi diversi:

I *mattoni ordinari* per strutture murali hanno forma di un parallelepipedo e dimensioni variabili di paese in paese: le dimensioni più comuni sono: m. 0,11 a 0,14 per 0,22 a 0,28 per 0,05 a 0,075, di modo cioè che il lato maggiore risulti circa il doppio del lato medio e questo circa il doppio del più piccolo. Presso i Romani furono pure in uso mattoni prismatici a base triangolare o quadrata: oggidi i mattoni di tal forma non si adoperano che per pavimenti e si chiamano *pianelle*. Queste hanno

generalmente un piccolo spessore rispetto la loro estensione, sono però sempre dei parallelepipedi a base triangolare, quadrata od esagoni e con dimensioni e denominazioni variabili.

Anche le *tegole* hanno forma e dimensioni differenti secondo gli usi dei diversi paesi. In Roma fino pochi anni or sono si conservò lo stile antico, di adoperare cioè per le coperture filari di tegole piane a base trapezia, miste a filari di tegole curve comunemente detti *canali*. In quasi tutte le regioni di Italia si fa uso esclusivamente di questi ultimi.

Da alcuni anni si sono diffuse le tegole alla *marsigliese*, le quali per essere leggere, richiedono un'armatura semplice.

I *tubi laterizi* hanno dimensioni variabili secondo l'uso al quale sono destinati: sono generalmente rastremati o con risega, di modo che l'estremità più stretta di uno possa penetrare nella estremità più larga dell'altro, per dar luogo ad un unico tubo continuo. In quelle parti murali nelle quali si vuole conseguire una speciale leggerezza si impiegano i *mattoni porosi* ed i *mattoni cavi*. I mattoni porosi si ottengono impastando l'argilla con una materia di facile combustione all'atto della loro cottura. Le sostanze che si usa impiegare sono: la polvere di carbone, la segatura di legno, la torba nera, la canape, il lino la paglia, ecc. le quali, bruciando, lasciano degli spazi nell'interno del mattone e ne scemano notevolmente il peso. Questi mattoni hanno il vantaggio per la loro scabrosità, di attaccarsi notevolmente alle malte: però malgrado questi vantaggi, poco si usano nelle costruzioni per il loro prezzo molto elevato e per la loro deficiente resistenza.

L'impiego moderno delle macchine ha permesso di preparare i laterizi cavi, i quali presentano nel loro interno alcuni fori di forma parallelepipeda o cilindrica ed hanno una resistenza quasi eguale a quella dei mattoni pieni, in forza della loro compattezza acquistata per la compressione meccanica.

L'impiego di questi mattoni non è un ritrovato moderno. Mentre in Francia si sono usati nei secoli passati, da noi l'uso risale sino all'epoca degli antichi Romani, i quali se ne servirono nelle Terme per stabilire le correnti di aria calda per il riscaldamento di tali edifici. I Bizantini ne ripeterono l'uso nella costruzione delle volte: la cupola di S. Vitale a Ravenna è costruita con laterizi cavi cementati.

Per quanto i mattoni vuoti hanno un prezzo elevato relativamente ai mattoni comuni, oggi giorno

se ne fa uso su larga scala, specie nella struttura delle volte, dei solai e dei tramezzi, sia per la loro leggerezza, come per il vantaggio di favorire la ventilazione e di intercettare i suoni. Essi hanno forma e dimensioni svariate, possiedono i fori disposti per lo più nel senso della maggiore dimensione ed hanno tutte le pareti interne ed esterne di un costante spessore (10 mm. circa), affinché nel loro essiccamento e nella cottura il restringimento riesca uniforme in tutti i punti, evitandone in tal modo la rottura. Diamo senz'altro la nomenclatura dei vari laterizi pieni e cavi rappresentati nella tavola XXIV:

- mattoni (mezzanelli), fig. 1;
- esagoni e piastrelle quadre, fig. 2 e 3;
- mattoni sagomati, fig. 4;
- mattoni a contorno curvo per archi, fig. 5;
- tegole piane e curve alla Romana, fig. 6;
- coprিতেgole, fig. 7;
- tegole alla marsigliese e rispettivo coprিতেgole, fig. 8 e 9;
- tegolone con foro per dar luce ed aria, fig. 10;
- coprимuri ondulati, fig. 11 e 12;
- tubature a base rettangolare e cilindriche, figure 13 e 14.

Nella tav. XXV si hanno:

- mattoni variamente forati, fig. 1,
- tabelle forate per solai, fig. 2 e 3;
- canale con coperchio, fig. 4;
- tavelloni forati per solai di ferro senza e con copriferro, fig. 5 e 6;
- volterana di vario tipo, fig. 7, 8 e 9;
- tavelloni forati curvi, fig. 10;
- cornici, fig. 11;
- coprимuri, fig. 12.

## § 6.

a) LA RESISTENZA ALLO SCHIACCIAMENTO DEI MATTONI COSTRUITI NELLE DIVERSE LOCALITÀ (Risultati di esperienze) (1).

		Peso specifico	Resistenza in Kg. per cm. <sup>2</sup> (valore medio)
Mattoni comuni di Acqui	{ forti	1,721	144,6
	{ mezzanelli	1,690	162,6
	{ dolci	1,715	114,8
	{ forti	1,641	159,8
» » di Aless.	{ mezzanelli	»	95,3
	{ dolci	1,569	54,5
» » di Alghero (Sassari)	{ ferrioli	1,669	208,9
		1,852	120,3

(1) Dalle esperienze del Colonnello Falangola (Giornale d'Art. e Genio 1884), del prof. Guidi (Annali Società Ing. Roma 1885), e dell'Ing. Raddi (Firenze 1896).

	Peso specifico	Resistenza (in Kg. per cm. <sup>2</sup> (valore medio)		Peso specifico	Resistenza in Kg. per cm. <sup>2</sup> (valore medio)
Mattoni comuni di Ancona . . . . .	1,506	132,6	Mattoni comuni di Pizzichet. (Crem.)	1,460	219,3
» » di Annico (Cremona)	1,539	179,3	» » di Potenza . . . . .	1,483	193,6
» » di Arma di Taggia . . . . .	—	345,0	» » di Potenza Picena (Macerata) . . . . .	1,643	172,9
» » di Arquata Scrivia . . . . .	1,710	177,0	Mattoni comuni di Ravenna . . . . .	1,395	117,0
» » di Ascoli Piceno. . . . .	1,577	164,5	» » di Regg. Calab. (Palme)	1,417	107,0
» » di Asti { forti	1,611	140,7	» » di Reggio Emilia . . . . .	1,453	157,1
» » di Asti { mezzanelli	1,638	120,9	» » di Rimini . . . . .	1,643	149,7
» » di Asti { dolci	1,660	79,1	» » di Rocca d'Anfo (Bresc.)	1,670	167,5
» » di Aulla . . . . .	1,860	182,0	» » di Ronco (Verona) . . . . .	1,428	132,8
» » di Baraziano (Potenza)	1,649	175,8	» » di Salicetta S. Giuliano (Modena) . . . . .	1,492	172,9
» » di Bergamo . . . . .	1,650	159,8	» » di S. Antonin (Treviso)	1,432	180,6
» » di Bolo- { for. Brini	1,588	160,9	» » di Sarzana . . . . .	1,865	214,0
» » di Bolo- { Cavina	1,557	132,1	» » di Savona . . . . .	1,354	74,0
» » di Bolo- { gna { Fiorese	1,633	91,6	» » di Senigaglia (Ancona)	1,509	185,0
» » di Brescello (Reggio Em.)	1,532	157,1	» » di S. Gior- { forti	1,683	130,0
» » di Brescia . . . . .	1,596	145,7	» » di S. Gior- { mezzanelli	1,634	158,0
» » di Bres- { forti	1,424	89,2	» » di S. Gior- { albasì	1,713	102,2
» » di Bres- { dolci	1,545	74,6	Mattoni comuni di Signa (Firenze) . . . . .	1,656	200,4
» » di Buia (Udine) . . . . .	1,429	118,9	» » di S. Lazzaro (Siena)	1,598	228,0
» » di Buia (Verona) for- nace Muretti . . . . .	1,499	116,5	» » di Spezia ferrini. . . . .	1,643	210,2
» » di Buriano (Prato) . . . . .	1,614	110,4	» » di Spoleto grossi . . . . .	1,489	195,9
» » di Cagliari . . . . .	1,341	118,0	» » di S. Vito (Catanzaro)	1,560	213,1
» » di Castelvetro (Modena)	1,534	217,0	» » di Terni . . . . .	1,627	174,5
» » di Catanzaro . . . . .	1,465	155,0	Mattoni comuni di Torino { asciutti	—	101,8
» » di Cecina . . . . .	1,628	165,0	» » di Torino { bagnati	—	95,0
» » di Certaldo . . . . .	1,515	160,0	» » di Torino (Società Anonima) . . . . .	—	81,0
» » di Cesena (Forlì) . . . . .	1,476	129,0	Mattoni comuni di Torino { asciutti	—	106,0
» » di Cividale (Udine) . . . . .	1,614	198,5	» » di Torino { bagnati	—	172,0
» » di Colmata (Piacenza)	1,446	151,9	» » di Torino { a 2 sabbie	—	118,0
» » di Colorno (Parma) . . . . .	1,429	189,6	» » di Torino (Strambine) . . . . .	—	76,0
» » di Como . . . . .	1,583	178,6	Mattoni comuni di Torino { asciutti	—	168,0
» » di Crema . . . . .	1,531	142,8	» » di Torino { bagnati	—	257,0
» » di Crema { d'alluvione	1,395	126,6	» » di Torino { a 2 sabbie	—	202,0
» » di Crema { di levata	1,543	110,9	» » di Torino { asciutti	—	140,0
» » di Faenza . . . . .	1,443	140,5	» » di Torino { bagnati	—	216,0
» » di Ferrara . . . . .	1,512	150,3	» » di Torino { a 2 sabbie	—	132,0
» » di Foligno . . . . .	1,528	212,0	» » di Torino { asciutti	—	224,0
» » di Forlì . . . . .	1,461	150,7	» » di Torino { bagnati	—	200,0
» » di For- { grandi	1,608	143,0	» » di Torino { a 2 sabbie	—	163,5
» » di For- { piccoli	—	183,9	» » di Torino { forti	1,635	197,7
» » di For- { piccoli	—	116,7	» » di Torino { mezzanelli	1,596	171,1
Mattoni comuni di Gambalò (Pavia) . . . . .	1,729	116,7	» » di Torino { dolci	1,675	116,4
» » di Gossolengo (Pia.) . . . . .	1,482	205,9	» » di Treviso . . . . .	1,459	130,7
» » di Gravellona (Pavia)	1,626	130,2	» » di Iesi (Ancona) . . . . .	1,509	166,8
» » di Guastalla (Reggio Emilia) . . . . .	1,488	155,7	» » dell'Impruneta . . . . .	1,693	160,0
Mattoni comuni di Livorno . . . . .	1,548	180,0	» » di Imola (Bologna) . . . . .	1,593	142,7
» » di Lodi . . . . .	1,688	153,4	» » di Ischia (Napoli) . . . . .	1,392	59,4
» » di Mant. { di massello	1,643	233,9	» » di Valenza { forti	1,610	150,9
» » di Mant. { di golena	1,492	190,7	» » di Valenza { mezzanelli	1,627	117,2
» » di Milano . . . . .	1,618	169,7	» » di Valenza { dolci	1,612	137,9
» » di Mirabello (Pavia) . . . . .	1,461	69,2	Mattoni di Velargue (Verona) . . . . .	1,620	159,1
» » di Molinis (Udine) . . . . .	1,450	125,3	» » di Venezia . . . . .	1,411	123,3
» » di Montesanto (Alg.) . . . . .	1,541	64,7	» » di Venezia { mezzanelli	1,604	83,9
» » di Mortizzo (Piacenza)	1,430	136,7	» » di Venezia { forti	1,639	103,5
» » di Nap. { barbagli	1,661	177,9	» » di Venezia { dolci	1,558	42,3
» » di Nap. { doppi barb.	1,719	203,3	» » di Vige- vano { for. Train.	1,673	149,6
» » di Nap. { asciutti	1,739	121,0	» » di Vige- vano { » Prina	1,660	85,1
» » di Nov. { bagnati	—	89,0			
» » di Nov. { a 2 sabbie	1,648	105,0			
» » di Nov. { forti	1,687	192,1			
Mattoni comuni di Novi. { mezzanelli	—	101,9			
» » di Novi. { dolci	1,611	86,1			
Mattoni comuni di Ogliara (Salerno) . . . . .	1,582	206,9			
» » di Orvieto . . . . .	1,497	170,2			
» » di Padova . . . . .	1,242	105,7			
» » di Parma . . . . .	1,554	189,6			
» » di Perugia doppiioni	1,497	195,0			
» » di Pisa . . . . .	1,642	179,0			

b) LA RESISTENZA ALLA TRAZIONE (risultati d'esperienze). Valore in Kg. dello sforzo che determina la rottura per cmq. di sezione.

Mattoni forti, ben cotti ed omogenei . . . . .	19,5
» ordinari deboli . . . . .	8,0
» francesi . . . . .	20,7

## c) LA RESISTENZA ALLA CORROSIONE PER ATTRITO (risultati di esperienze del prof. Canevazzi, Bologna 1895).

	Coeffic. specif. di corrosione risp. to al granito d'Alzo	Coeffic. specif. di resistenza alla corr. rispetto al granito d'Alzo
Mattoni di Casalecchio (grès artif. di Bergamo) . . . . .	2,450	0,408
Piastrella quadrata da pavimento (fabbrica Galotti) <i>bruna</i> . . . . .	1,600	0,625
Piastrella quadrata da pavimento <i>bianca</i> . . . . .	2,840	0,352
Mattoni compressi da pavimento prima qualità . . . . .	20,560	0,048
Mattoni compressi da pavimento seconda qualità . . . . .	27,960	0,036
Pianella a croce vetrificata bianca (Grès artif. della fabbrica Pacinelli) . . . . .	1,950	0,513
Pianella rossa quad. (fabbrica Marchello) . . . . .	10,000	0,100
Pianella quadrata rossa (Società Lodigiana). . . . .	10,000	0,100
Pianella quad. bianca (fabb. Marchello) . . . . .	2,410	0,415
Pianella quadrata bianca (Società Lod.) . . . . .	4,680	0,214
Pianella a croce bruna (Grès artif. Ber.) . . . . .	1,510	0,398
Pianella esagonale bruna (Società ceramica Ferrari). . . . .	2,070	0,483
Pianella esagonale bruna (Vooldrico Tor.) . . . . .	4,680	0,214

## CAPITOLO III.

### LE CALCI, I CEMENTI, LE POZZOLANE E IL GESSO

#### § 1.

##### LE GENERALITÀ SULLE CALCI.

La *calce pura* è una sostanza alcalina, solida, biancastra, venefica e caustica, costituita di ossido di calcio ( $CaO$ ) ed è il prodotto che si ottiene dalla calcinazione delle pietre calcari. Le pietre calcari, adatte a produrre la calce, sono quelle costituite in prevalenza di carbonato di calce, il quale non deve essere mai minore del 15%. Poichè le pietre calcari, oltre al carbonato di calce, contengono quasi sempre sostanze estranee, quali il carbonato di magnesia, la silice, l'allumina, gli ossidi di ferro e manganese, l'acqua, le sostanze bituminose, ecc. così la calce che si ottiene non è mai pura.

Le pietre calcari assoggettate ad un'alta temperatura in contatto dell'aria si decompongono; l'acqua di cristallizzazione si vaporizza, e si sprigiona l'acido carbonico ottenendosi per prodotto residuale la *calce viva* o *caustica*, la quale ha la proprietà, allorchè si trova a contatto dell'acqua, di assorbirne una notevole quantità, trasformandosi in una pasta più o meno tenace di *idrato di calce* che, lasciata a contatto dell'aria e dei materiali da costruzione, s'indurisce ricostituendosi per assorbimento d'acido carbonico.

In questa operazione il carbonato di magnesia si comporta egualmente, trasformandosi colla calcinazione in *magnesia caustica*, gli ossidi di ferro e di manganese si riducono in sesquiossidi e le sostanze bituminose si scompongono e scompariscono, di modo che anche le pietre calcari di colore oscuro, prima d'essere cotte, diventano bianche con la calcinazione; la silice e l'allumina, se sono combinati insieme (*sili-*

*cato d'allumina*) rendono la calce adatta a reagire ed a far presa sott'acqua. Si hanno così le *calci idrauliche* ed i *cementi*.

Vicat asserisce che le pietre calcari adatte a produrre le calci idrauliche s'incontrano spesso nelle cave medesime che ci forniscono le pietre per le calci vive comuni. Spesse volte le prime sono separate dalle seconde per uno o due strati della medesima roccia; con perseveranza di proponimento e di studio perciò non è affatto difficile nelle medesime cave ritrovare lo strato o gli strati adatti a fornire calce più o meno idraulica. Questi strati non sempre si riconoscono dal colore e dalla loro fisica costituzione, solo si può dire che l'argilla si riscontra più sovente nelle pietre calcari tenere o di media durezza, di colore tendente al grigio-giallo; queste pietre esposte all'aria o all'umidità per la presenza dell'argilla si alterano, riducendosi in piccoli pezzi od in polvere. Meglio e con sicurezza esse si riconoscono assoggettandone un saggio all'analisi chimica; a questo scopo il saggio deve essere preso dall'interno della roccia calcare e mai dagli strati superficiali, i quali, essendo i più attaccati e modificati dalle intemperie, si presentano quasi sempre più poveri di carbonato di calce.

La calce comune suole chiamarsi *calce grassa*, allora quando nell'idratarsi assorbe molta quantità d'acqua (2,4 a 3,6 del proprio peso) con sensibile aumento di volume, ond'essa comporta molta quantità di sabbia nella formazione delle malte, per cui il nome di *grassa*. Danno calce grassa tutte le pietre calcari nelle quali il carbonato di calce vi è contenuto nella proporzione del 90 al 100%, il carbonato di magnesia e le altre sostanze estranee nella proporzione complessiva del 10 al 0%.

Si dice *calce magra* quella calce comune che nell'idratarsi non assorbe molta quantità d'acqua, aumenta poco di volume e comporta poca quantità di sabbia nella formazione delle malte. Le pietre che danno calce magra sono quelle nelle quali vi abbonda il carbonato di magnesia (20 a 25 %). *Mediamente magra* si dice quella calce magra che contiene il 10 % di magnesia.

Tanto le calci grasse che le calci magre esposte all'aria si comportano egualmente nella ricostituzione, per cui effettivamente non v'ha altra differenza fra loro all'infuori del tornaconto economico nella formazione delle malte. Il loro indurimento e la loro presa coi materiali da costruzione è dovuta, oltre alla ricostituzione del carbonato di calce, per l'azione dell'acido carbonico dell'atmosfera, anche al fatto che l'idrato di calce, quando specialmente l'acido carbonico penetra lentamente nelle masse murali, allorchè queste hanno un forte spessore, colla presenza di acqua esuberante si rapprende sotto la forma di una pellicola cristallina resistente, avviluppante i granelli di sabbia ed i granelli costituenti la superficie delle pietre a profitto della coesione finale.

Le calci idrauliche si distinguono secondo il loro grado di forza, così che si chiamano *calci idrauliche comuni* quelle calci che manifestano in giusto grado la loro proprietà idraulica e fanno presa sott'acqua dopo alcuni giorni; queste calci contengono dal 10 al 20 % di argilla; *calci eminentemente idrauliche* quelle calci che sott'acqua fanno presa in pochi giorni; la quantità di argilla in queste calci varia dal 20 al 30 %; *calci cementizie* o semplicemente *cementi* le calci che, contenendo oltre questo limite d'argilla, hanno la proprietà di solidificarsi sott'acqua in pochissimo tempo.

Le calci idrauliche sono generalmente calci grasse, idratate però non danno come queste una pasta tenera e vischiosa ed aumentano poco di volume. Se sono bagnate con un eccesso d'acqua si induriscono e talvolta si lapidificano per effetto di una più o meno rapida combinazione dell'idrato di calce e di magnesia, ove ve ne fosse, col silicato d'allumina, dando luogo a silicati ed alluminati di calce e di magnesia. Impiegate in costruzioni fuori acqua anche l'acido carbonico concorre al loro indurimento, come nelle calci comuni, epperò la loro solidità riesce maggiore in costruzioni emerse che in quelle sommerse.

Nella seguente tabella del Vicat sono meglio indicate le proporzioni del silicato di allumina contenuto nelle diverse qualità di calce idraulica,

N.º d'ordine e grado d'idratazione	Qualità della calce	Su 100	Su 100
		Ca. CO <sup>2</sup>	Ca. O
		parti di silicato d'allumina	
		prima della cottura	dopo la cottura
1	Calce mediamente idraulica	12	22
2	» fortemente »	20	36
3	» eminentemente »	25	44
4	» limite . . . . .	30	53
5	Cemento lenta presa . . .	37	65
6	» rapida presa . . .	56	100
7	» limite . . . . .	150	253
8	Pozzolane . . . . .	510	300

## § 2.

## LA CALCINAZIONE DELLE PIETRE CALCARI.

La cottura delle pietre calcari ha per iscopo la decomposizione dei carbonati di calce e di magnesia sotto l'azione del calore, eliminandone l'acido carbonico, che si disperde nell'atmosfera.

L'esperienza dimostra che la cottura delle pietre calcari eseguita in un ambiente limitato si effettua parzialmente e fino a che l'ambiente non sia divenuto saturo di acido carbonico; oltre questo limite le pietre resistono anche alle più alte temperature. La cottura delle pietre calcari perciò vien fatta all'aperto ovvero in apposite fornaci aperte superiormente per dar sfogo all'acido carbonico ed ai vapori acquei, e di forma svariata secondo la natura del combustibile e la quantità di produzione che si desidera. Sembra che una corrente di vapore acquoso, durante il periodo di decomposizione del calcare, agevoli la decomposizione medesima.

È ritenuta perciò buona norma quella di mettere un recipiente con acqua sulla soglia della bocca da fuoco, durante l'operazione di cottura, perchè il vapore acqueo possa facilmente essere trasportato nella massa incandescente. E perchè anche i calcari teneri (*crete e marne calcari*) si prestino alla cottura per la produzione della calce, queste rocce vengono opportunamente preparate spappolandole con acqua ed impastandole sotto forma di pani che dopo fatti essiccare all'aria aperta, si sottopongono alla cottura, come le ordinarie pietre calcari.

Nei paesi dove si ha a buon mercato il carbon fossile, la cottura delle pietre calcari si usa fare con molta convenienza all'aperto. Questo metodo consiste nell'accatastare in aperta campagna le pietre calcari

ridotte in piccoli pezzi, con carbon fossile a strati alternanti e nel ricoprire la catasta così formata con uno strato di zolla di terra ben pigiata, lasciando alla sommità uno o più spiragli di opportuna grandezza, perchè la combustione abbia luogo modestamente e perchè i prodotti della medesima si possano espellere. L'accensione si pratica al piede della catasta, per mezzo di canaliche si ha cura di lasciare appositamente e che sin da principio si riempiono con fascine di legna miste a pezzetti di carbon fossile. Questo procedimento è senza dubbio il più economico nei paesi in cui si ha a basso prezzo il combustibile da bruciare e perchè non esige alcuna spesa di costruzione: la cottura però non procede uniforme e regolare per tutta la massa calcare; ordinariamente la calcinazione si fa per mezzo delle fornaci, di cui se ne hanno due sistemi: quelle a *fuoco discontinuo*, nelle quali si deve attendere il raffreddamento della calce, perchè questa si possa scaricare e sostituire con pietra calcarea per la nuova cottura e quelle a *fuoco continuo*, nelle quali si versano senza interruzione pietre e combustibile e laddove la cottura come l'estrazione della calce, si effettua in modo non intermittente. Queste fornaci a fuoco continuo possono essere a focolare separato dalle pietre calcari ovvero in esse le pietre ed il combustibile si versano a strati alternantisi.

### § 3.

#### LE FORNACI A FUOCO INTERMITTENTE.

Le fornaci a fuoco discontinuo od intermittente sono le più rudimentali; per la loro economia d'impianto sono soventi le preferite nei siti in cui si esige una limitata produzione di calce, lontano cioè dai centri abitati ed in campagna; di contro le fornaci a fuoco continuo non solo danno calce di più uniforme cottura, ma si prestano per una grande produzione di calce e quindi il loro impianto conviene sia fatto nei centri molto popolati e laddove si erigono molte fabbriche.

La più piccola e più semplice delle fornaci a fuoco discontinuo è quella segnata nella fig. 325, avente la pianta pressochè ellittica, e le pareti verticali costituite dello stesso materiale calcarea. La cavità di queste fornaci misura m. 4 a 5 di lunghezza per m. 1,5 a 2 di larghezza massima, ed è superiormente limitata da una volta di pietre calcari sopra la quale si versano alla rinfusa altre pietre fino al

compimento della catasta. Anteriormente la cavità termina con una bocca da fuoco praticata nel muro frontale, che serve a dare maggior solidità alla intera catasta cava di pietre; attraverso la bocca da fuoco si fanno arrivare le legna nella cavità, dove si effettua la combustione, da principio lentamente fino a che non si sia scacciata tutta l'acqua di cristallizzazione e perchè la catasta nell'essiccarsi non si scompenga rovinando; in seguito si aumenta la combustione per raggiungere quella temperatura alla quale costantemente deve assoggettarsi il materiale calcarea, perchè i carbonati si decompongano. L'operazione di calcinazione è terminata quando anche le pietre su-

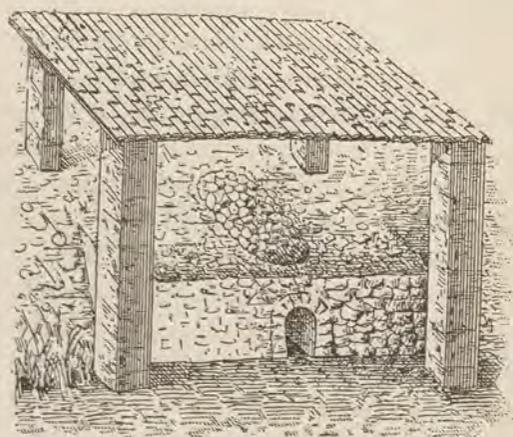


Fig. 325.

periori si sono decomposte ed il fornaiaro riconosce il grado di cottura conseguito dal calcarea, introducendo una sbarra di ferro nella catasta, la quale penetra facilmente senza incontrare alcuna difficoltà allora quando tutte le pietre sono bene calcinate. Una tettoia sostenuta da pilastri difende queste fornaci ed il fornaiaro dalla pioggia. Esse però sebbene di semplice impianto e quindi di pochissimo costo, presentano l'inconveniente di disperdere molto calore, esigendo una grande quantità di combustibile e molto tempo per la cottura, per cui sovente le fornaci a fuoco intermittente si costruiscono con pareti più stabili dello stesso materiale o in mattoni refrattari. Queste fornaci sono per lo più ad asse verticale ed a sezione circolare; le loro cavità possono essere a pareti verticali (fig. 326) ovvero a pareti convergenti in alto e in basso (fig. 327), terminate superiormente con una apertura la quale serve per l'introduzione del materiale, mentre un'apertura, praticata attraverso la parte inferiore della parete, serve da bocca da fuoco, talvolta provvista di graticola (fig. 328), e

per l'estrazione della calce a fuoco spento. Nel caricare queste fornaci al di sopra del pavimento si lascia uno spazio sufficiente per l'accensione e l'alimentazione del fuoco, coprendolo con una volta costruita

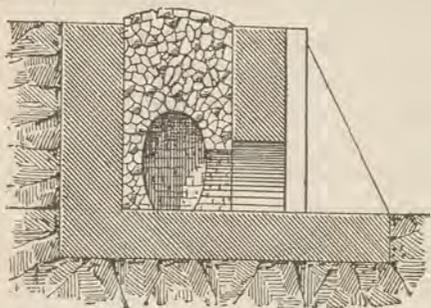


Fig. 326. — Le più piccole fornaci a pareti stabili.

con pietre calcari, sopra cui si formala catasta nella quale si ha cura di situare i pezzi più grossi verso il centro della fornace, perchè quivi si concentra la maggior quantità di calore, ed i più piccoli gradatamente verso la parte superiore e la periferia. Di queste fornaci quelle a pareti cilindriche sono le meno convenienti perchè, la bocca superiore riuscendo molto larga, si ha in essa grande perdita di calore, per cui tanto le une che le altre sogliono costruirsi spesso incassate nella medesima collina, dove ha luogo la cavatura delle pietre. E poichè la catasta delle pietre calcari poggia per intero sulla vòlta dello stesso materiale, che limita la cavità del focolare, la combustione si mantiene moderata da principio per evi-

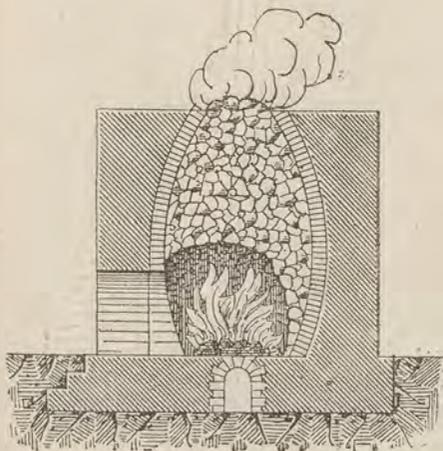


Fig. 327. — Le più piccole fornaci a pareti stabili.

tare un rapido cambiamento di volume nelle pietre e si aumenta solo quando si è sicuri che il materiale è bene essiccato. Queste fornaci non si costruiscono mai molto grandi, la loro cavità può raggiungere al più

un diametro di 3 m. ed un' altezza mai superiore ai 6 m.

Allo scopo di usufruire in miglior modo il calore sviluppato dal combustibile, utilizzando buona parte di quello che si disperderebbe attraverso la bocca superiore delle fornaci sopra descritte, si sono immaginate fornaci a due scompartimenti insistenti l'uno sull'altra, ciascuno della forma di un solido di rivoluzione ad asse verticale comune (fig. 329), aventi la sezione di maggior diametro ad  $\frac{1}{3}$  circa della rispettiva altezza e costruite in muratura stabile inter-

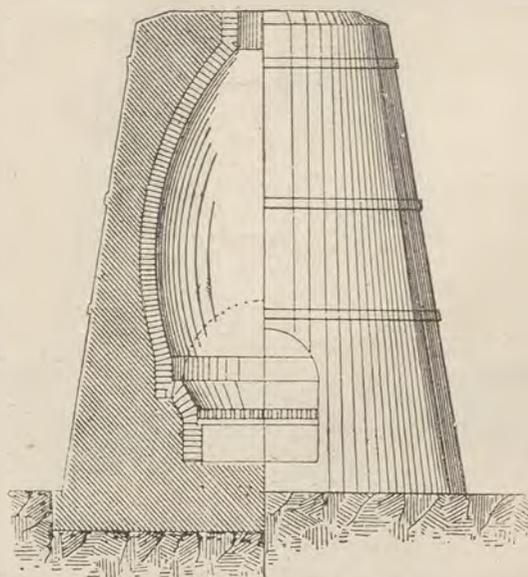


Fig. 328. — La fornace provvista di graticola.

namente rivestita di uno strato di mattoni refrattari. La cavità inferiore più ampia di quella superiore è munita di bocca da fuoco provvista di graticola e sottoposto cinerario con sportello in ferro ad ermetica chiusura. La cavità superiore è provvista alla base, e precisamente nel sito in cui i due scomparti si restringono per riunirsi, di un'ampia bocca, la quale serve per il caricamento del materiale nella cavità inferiore ed allorchè in questa è finita la cottura, serve come bocca da fuoco, per la cavità superiore; questa in sommità è munita di un'apertura per il passaggio dei prodotti della combustione e della decomposizione del calcare e per il caricamento del rispettivo materiale. È facile immaginare il funzionamento di una di queste fornaci: a caricamento compiuto si accende il fuoco, dapprima moderato nel focolare inferiore e vi si mantiene fino alla cottura completa; durante questa operazione la bocca intermedia si mantiene chiusa da un muretto, nel quale si lascia un piccolo orificio

ampio appena per potere indagare lo stato di cottura del materiale.

Compiuta la cottura nello scomparto inferiore si chiude la rispettiva bocca da fuoco e si apre quella intermedia, demolendo il muretto ed in questa si attiva la combustione fino a che non sia finito di

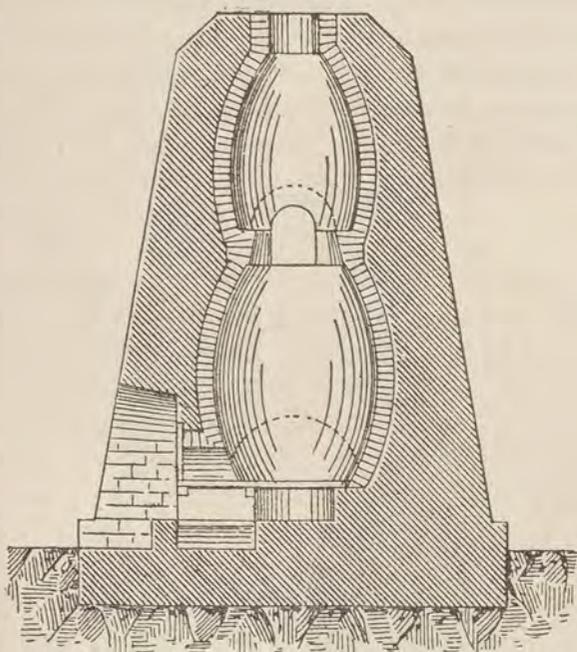


Fig. 329. — La fornace a doppio scompartimento.

cuocere il materiale dello scomparto superiore, il quale già si trovava disseccato ed in parte calcinato durante la cottura del materiale della cavità sottostante. La discarica si effettua allorchè, spenti i fuochi, la calce si sarà raffreddata convenientemente.

Nelle fornaci a fuoco intermittente il tempo necessario per la cottura varia secondo lo stato igrometrico del calcare e secondo la qualità del combustibile impiegato; ordinariamente si impiegano 100 a 150 ore per una fornace di 75 a 80 mc. di capacità, se si impiegano legna, e si può ritenere che per calcinare un mc. di calcare occorrono in media steri 1,66 di legno di quercia ovvero 22 steri di fascine di legna.

#### § 4.

##### LE FORNACI A FUOCO CONTINUO.

Queste fornaci, mantenendo costantemente il fuoco acceso, hanno il vantaggio rispetto le altre di economizzare la quantità di calore che ogni volta oc-

correrebbe per riscaldare la fornace ed il materiale che vi si trova caricato; in queste poi si utilizzano i combustibili a corta fiamma, i quali calcinano più efficacemente le pietre con cui sono più direttamente a contatto; i prodotti della combustione attraversano gli strati superiori di calcare, li disseccano ed in parte li decompongono. La forma più comune di queste fornaci è quella a tronco di cono rovescio e di esse se ne costruiscono un tipo piccolo (fig. 330) ed un tipo più grande (fig. 331), allorchè è richiesta una grande produzione di calce.

Nelle più piccole la cavità tronco-conica, di cui si hanno diam. alla base inferiore m. 1, diam. alla base superiore m. 2 ed altezza interna m. 3, è inferiormente raccordata con un tronco di cilindro munito di una bocca da cinerario, la quale serve ad estrarre i prodotti della fornace. Nella sezione di raccordamento della cavità col cinerario è interposta una graticola a larghe maglie, attraverso le quali si pratica l'estrazione della calce per mezzo di appositi ferri; a tal'uopo il calcare viene caricato nella fornace ridotto a piccoli pezzi, della grossezza non superiore a quella di un pugno. Il caricamento in queste fornaci si fa a strati alternati di combustibile e di calcare, cominciando da uno strato di calcare che si deposita sulla graticola e che si calcina, bruciando fascine di legna nella cavità cilindrica riservata al cinerario. Attivata la combustione nello scomparto della fornace, si pro-

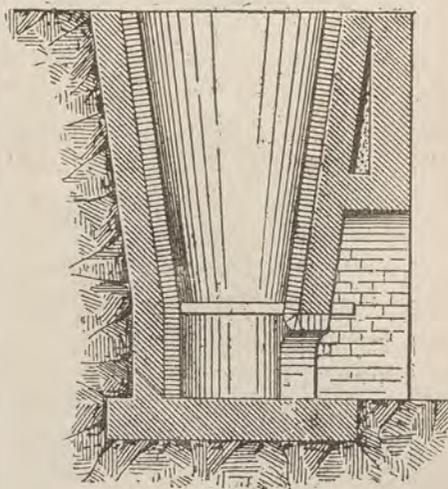


Fig. 330. — La fornace a fuoco continuo (tipo piccolo).

segue a depositare strati alternati di combustibile e di calcare, avendo cura di non depositare uno strato nuovo se non quando tutta la massa inferiore è incandescente. L'estrazione della calce si fa attra-

verso i vani della graticola, regolando la frequenza di questa estrazione nel tempo riconosciuto neces-

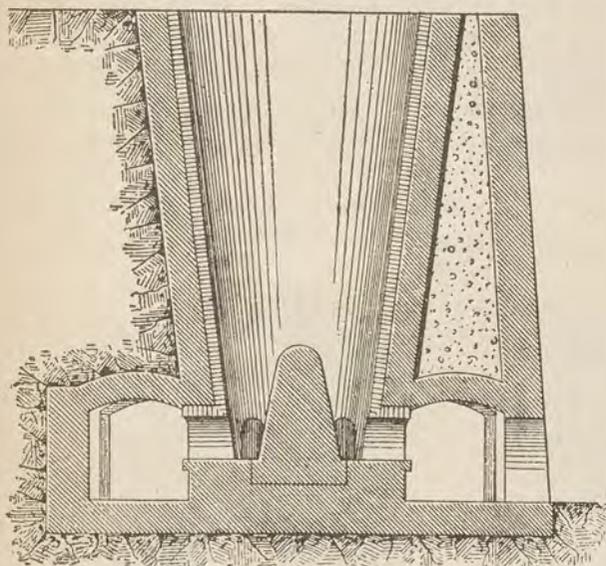


Fig. 331. — La fornace a fuoco continuo (tipo grande).

sario per la calcinazione della pietra, tempo che ordinariamente risulta 24 a 36 ore. Si può ritenere che in queste fornaci ogni mc. di calcare richiede da 1,50 a 2,75 ettolitri di carbon fossile.

La fig. 331 mostra la sezione e la pianta di una fornace analoga di grandi dimensioni, provvista, al livello della base inferiore, di 8 bocche munite di porte di ferro, destinate all'estrazione della calce; un corridoio a volta disimpegna le 8 bocche ed un solido tronco di cono sormontato da un segmento sferico e poggiato con la base maggiore sulla base inferiore della cavità, serve a dirigere la calce verso le bocche di estrazione. Le dimensioni di queste fornaci sono da 1 a 3,3 m. di diam. alla base inferiore, da 3 a 6 m. di diam. alla base superiore e di 3 a 10,80 l'altezza della cavità interna.

Tra le fornaci a fuoco continuo quelle a tronco di cono rovescio non sono certamente le più economiche. Se il loro impianto si presenta relativamente

meno costoso, il loro funzionamento dà luogo ad un forte disperdimento di calore attraverso l'ampia bocca superiore con la quale terminano; esse inoltre danno calce non pura, perchè questa viene mescolata con la cenere.

Sotto il punto di vista dell'economia del combustibile sono più convenienti perciò quelle fornaci che hanno la cavità cilindrica, ovvero a tronco di cono diritto con la base maggiore verso il basso.

Le fornaci aventi tali forme sono quelle a focolari separati dalla cavità, nei quali si brucia il combustibile a lunga fiamma, essendo disposti in maniera

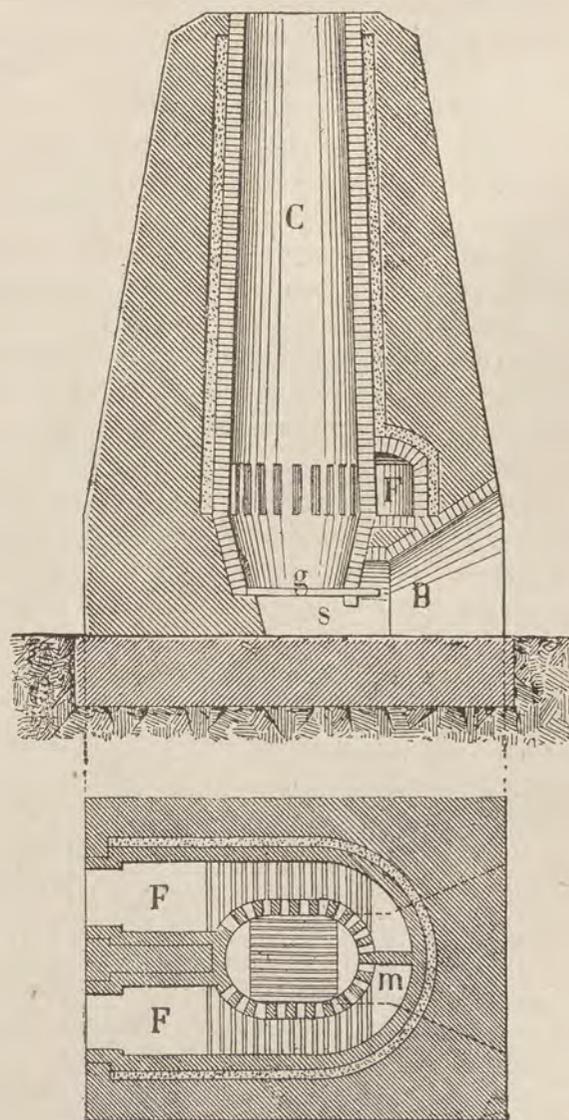


Fig. 332. — La fornace a fuoco continuo (tipo Chanard).

che le fiamme possono facilmente invadere il calcare depositato nella fornace e decomporlo. E poichè il combustibile brucia in uno spazio situato fuori della

cavità, la calce che si ottiene con queste fornaci è netta dalla cenere; è perciò calce più pura.

Come sopra si disse queste fornaci non differiscono che per la forma delle cavità, essendo identiche o quasi nel loro funzionamento. Le fig. 332, 333, 334, 335, 336, ci mostrano i tipi più in uso di fornaci a fuoco continuo con focolari separati; da queste figure è facile rilevare la costituzione di ciascuna di esse.

Nella fornace indicata dalla fig. 332 (*fornace sistema Chanard*) la cavità *C* è pressochè di forma cilindrica ad asse verticale, con un diametro di m. 1 a m. 0,9, un poco svasata verso il basso, laddove si mantiene costante uno dei diametri (m. 0,9) della sezione orizzontale e si allunga l'altro per modo da avere la massima sezione di forma ovoidale (m.  $0,9 \times 1,4$ ). Questa cavità alta m. 6 circa è raccordata alla sua base con una cavità convergente verso il basso, alta m. 1,20, munita di una bocca *B* per la discarica della calce, coll'intermezzo di una graticola *g* a spranghe mobili per lasciar passare il materiale calcinato. Nell'interno questa cavità è rivestita di uno strato di mattoni refrattari e l'edificio che la contiene è in solida muratura di forma parallelepipedica a base rettangolare terminata superiormente secondo un tronco di piramide.

Al livello del piano della sezione massima, lungo la periferia della cavità sono disposte alcune ferritoie, alte e strette, le quali permettono alle fiamme del combustibile che brucia in due focolari *F*, situati lateralmente ed in giro, di penetrare nella cavità della fornace ed operare la decomposizione del materiale calcare. Questi focolari hanno le bocche da fuoco nella parete opposta a quella contenente la bocca di estrazione della calce, sono muniti di cinerario e sono separati tra loro dal muretto comune *m*. La calce si estrae levandò qualcuna delle spranghe che compongono la graticola, e, mediante ordigni di ferro, facendola cadere attraverso gli spazi così procurati. L'operazione di cottura si comincia con accendere il fuoco nello spazio *s* destinato all'estrazione della calce finchè non sia cotto il materiale depositato nella parte della cavità compresa tra la graticola ed il piano delle ferritoie, solo allora si finisce di caricare la fornace e si accende il combustibile nei focolari per procedere alla cottura di tutta la massa. Mano mano che dal basso si estrae la calce, dall'alto si aggiunge nuovo materiale calcare; così il lavoro di cottura riesce continuo.

La fig. 333 mostra una fornace avente la cavità costituita di tre tronchi di cono, dei quali l'uno è diritto e due sono rovesci e raccordati col primo. Alla base inferiore si ha la bocca *B* di estrazione della calce e lateralmente, al livello del piano della sezione massima si hanno tre bocche *b* di immissione per le fiamme provenienti dai tre rispettivi focolari *F*. Il materiale calcare vi è deposto lasciando uno spazio

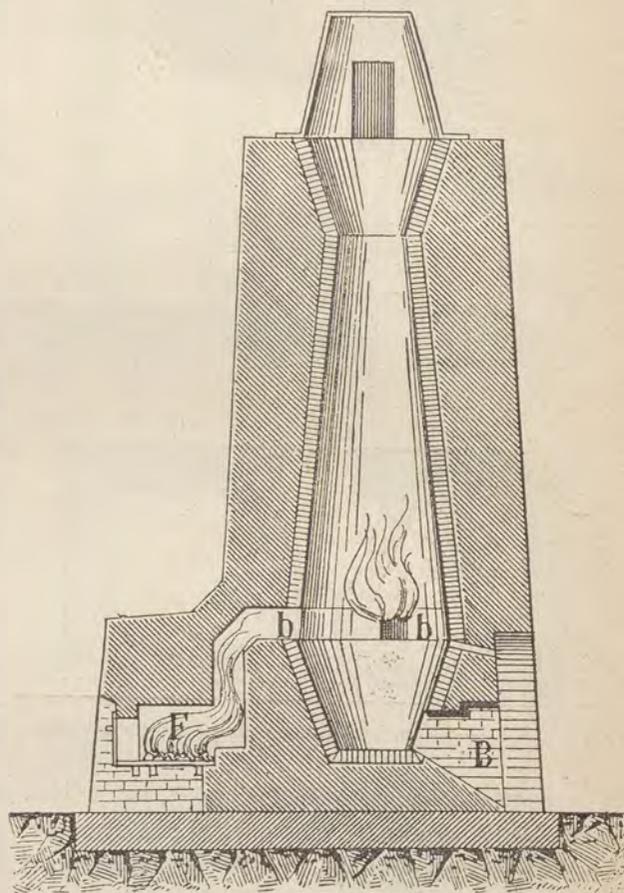


Fig. 333.

Tipo di fornace da calce a fuoco continuo e focolari separati.

cavo comprendente la bocca *B*, ciò che si ottiene costruendo una volta dello stesso materiale, sulla quale si aggiunge altro materiale sino al livello delle bocche *b* dei focolari. Si accende dapprima il fuoco nella cavità lasciata, servendosi della bocca *B*, e vi si mantiene fino alla cottura del materiale già deposto, e solo allora si carica tutta la cavità della fornace e si accendono i fuochi nei tre fornelli *F* per la cottura della massa totale; mano mano che si estrae la calce dal basso, come si pratica nelle altre fornaci simili, si aggiunge dall'alto materiale nuovo.

Nella fig. 334 è indicata la fornace del sistema

*Simoneau* nella quale la cavità assume la forma di un ellissoide di rivoluzione terminato alle sue estremità secondo due sezioni di cui la più bassa ha un diametro corrispondente a  $\frac{1}{3}$  del diametro della sezione più alta.

Le dimensioni di queste cavità possono essere anche grandi; se ne sono costruite dell'altezza interna di m. 11,80 con un diametro massimo di m. 4,40 e coi diametri delle basi, rispettivamente m. 0,80 e m. 3,0. La base inferiore della cavità è sostituita da una graticola che immette in uno spazio *s* sottostante, provvisto di bocca riservata all'estrazione delle ceneri,

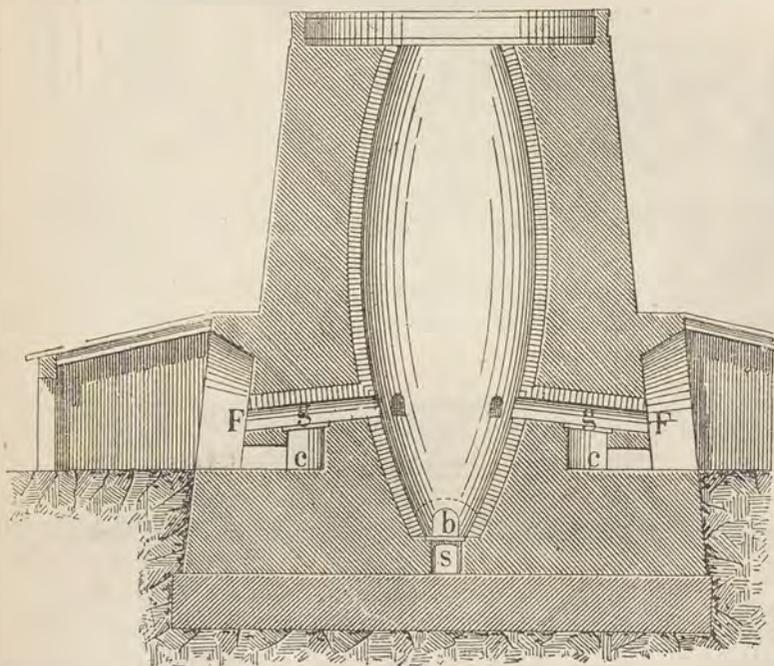


Fig. 334.

mentre la bocca *b*, alla base della fornace, serve per l'estrazione della calce. Ad  $\frac{1}{4}$  d'altezza della cavità, che è rivestita per intero di uno strato di mattoni refrattari, si hanno quattro bocche di immissione per le fiamme provenienti da due coppie di focolari diametralmente opposte; ciascuno dei quattro focolari è provvisto di graticola *g* e di cinerario *c* con relative bocche di comunicazione con l'esterno. L'operazione di cottura in queste fornaci procede nella maniera indicata per le fornaci avanti descritte, se si impiegano combustibili a lunga fiamma, che si bruciano nei quattro focolari *F*. Ma poichè questa fornace può agire anche con combustibili a corta fiamma, il caricamento in tal caso si fa a strati alternati col combustibile, e la cenere si fa passare per la graticola nello spazio *s* sottostante.

In Germania a Rudersdorf si costruiscono fornaci aventi la cavità costituita di due tronchi di cono raccordati per mezzo della sezione più grande, contenuta in un ammasso murale di forma parallelepipedica a base poligonale, per lo più esagona (fig. 335). Sono fornaci comode per grandi produzioni, per cui la cavità interna ha l'altezza di m. 14,2 e cioè 12 m. è alto il tronco superiore che ha i due diametri estremi di m. 2,5 e 1,9 rispettivamente, e m. 2,2 è alto il tronco inferiore avente il diametro alla base inferiore di m. 1,4. Al livello di questa base si hanno tante bocche *b* d'estrazione della calce, quanto è la metà del numero dei lati del poligono base del parallelepipedo di muratura; a livello della sezione maggiore della cavità si hanno altrettante bocche di immissione di egual numero di focolari muniti di graticola e provvisti di cinerario *c*, per modo che alternativamente per ogni lato del poligono si ha una bocca di estrazione ed una bocca da fuoco situata ad un livello più alto.

La cavità è rivestita di uno strato di mattoni refrattari fino all'altezza di m. 8; nella massa murale che l'avvolge vi ha uno spazio anulare ricoperto di cenere per diminuire la perdita di calore attraverso le pareti e tutto il masso murale è circondato da un muro d'ambito della forma di un tronco di piramide con lo stesso numero di faccie, e lo spazio compreso tra i muri maestri è diviso in quattro piani, di cui uno a livello delle bocche d'estrazione della calce, uno a livello dei focolari e due superiori per l'immagazzinamento del combustibile. Ciascuna bocca di estrazione della calce è munita di un caminetto *f* che permette una corrente d'aria, la quale facilita le operazioni d'estrazione della calce.

La cottura non procede in maniera differente di quella praticata per le altre fornaci; la pietra calcinata si estrae ogni 12 ore dalla parte inferiore e viene surrogata con nuovo calcare dalla parte superiore.

Tutte le fornaci di grandi dimensioni si caricano convenientemente quando sono costruite addossate ad un terrapieno o ad una collina, in maniera da potere disporre facilmente di una rampa che permetta un accesso alla bocca superiore comodo per le carriuole, pei carretti a mano o per vagoncini trainati sopra rotaie (fig. 336).

La fornace rappresentata nella fig. 337 differisce principalmente dalle altre per avere la cavità sormontata da un camino di lamiera di ferro, il quale permette di potere installare queste fornaci anche nei siti popolati, senza alcun nocumento.

La cavità in queste fornaci è cilindrica ad asse

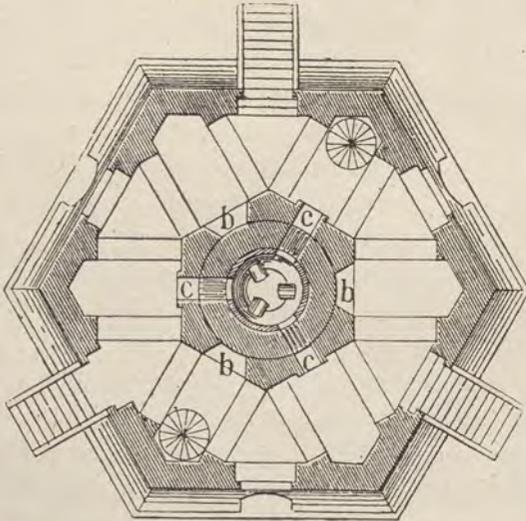
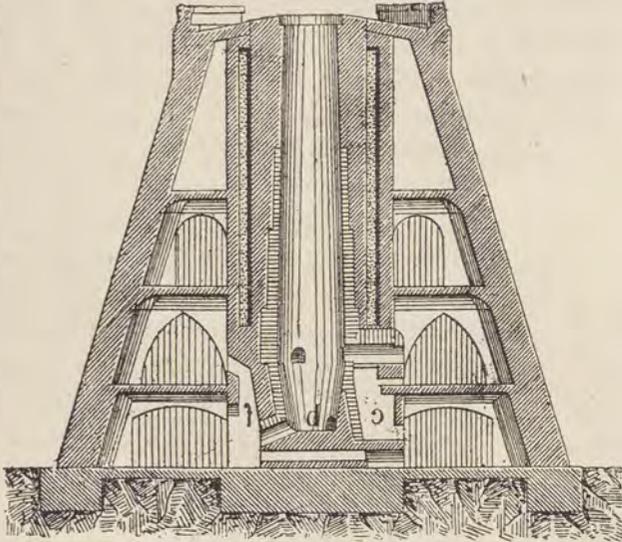


Fig. 335.

verticale con quattro rigonfiature *r* verso la parte inferiore, per mezzo delle quali si raccorda con quattro condotti *c*, comunicanti superiormente con i focolari *f* ed inferiormente con le bocche *b* d'estrazione della calce. A questo scopo un masso conico *a* di muratura dirige la calce verso le bocche d'estrazione *b*. La cavità al solito è rivestita di mattoni refrattari ed il masso murale che la contiene è un pa-

rallelepipedo a base di ottagono, provvisto all'esterno di tettoie che facilitano le operazioni nei focolari.

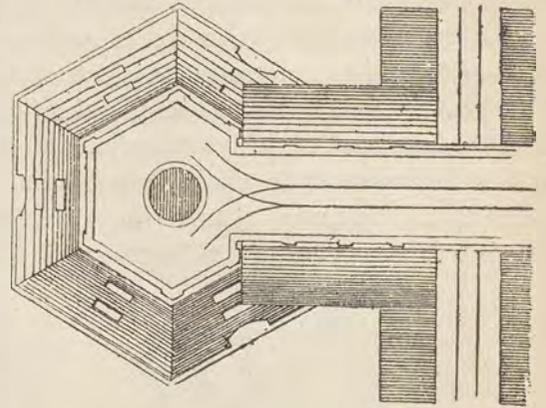


Fig. 336.

Il caricamento si fa da principio stabilendo quattro volte di materiale calcare tra il masso *a* e la

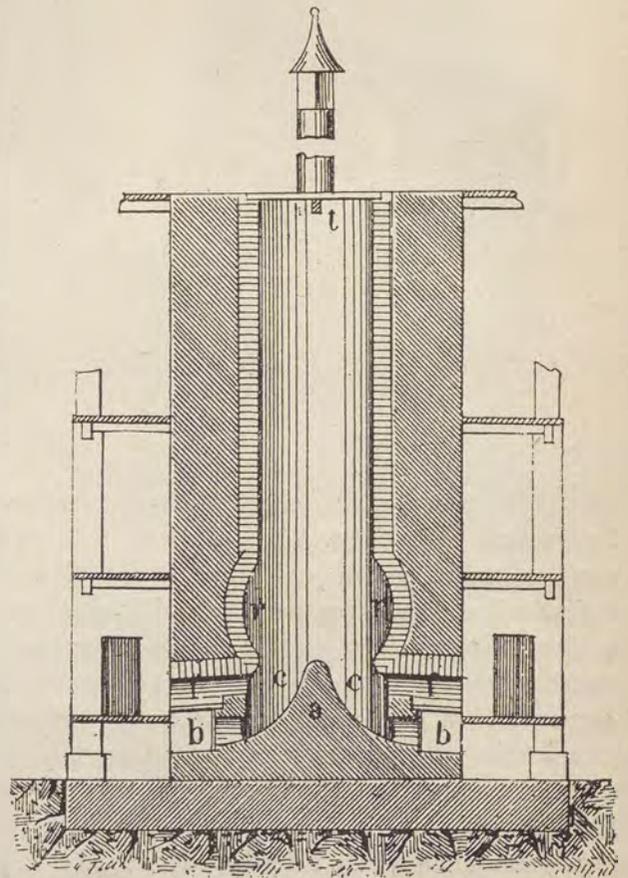


Fig. 337.

cavità, comprendenti le bocche di immissione dei focolari nella cavità, servendosi di una delle bocche medesime per l'introduzione del calcare; poscia si con-

tinua la carica dalla bocca superiore della cavità, la quale è chiudibile con quattro lastre di ferro pog-

Una fornace a fuoco continuo che realizza ancora una maggiore economia di combustibile e che

differisce da quelle in parola per il suo speciale ordinamento, è quella immaginata da Swann costruttore di Edimburgo, la quale richiama in certo modo il sistema di funzionamento delle fornaci Hoffmann per la cottura dei mattoni. La fornace Swann utilizza il calore superfluo, che altrimenti si dispererebbe in una cavità, per illdisseccamento e la parziale cottura del materiale racchiuso in una serie di 13 cavità analoghe alla prima, collegate fra loro e contenute in un solo edificio. Nella fig. 338 si ha la fronte la pianta e la sezione longitudinale comprendente 8 cavità di una fornace Swann provvista di 14 fornaci, nella fig. 339 si ha il particolare di ciascuna cavità, nella quale si ha una graticola mobile *G* senza fine, che trasporta nell'interno il combustibile pro-

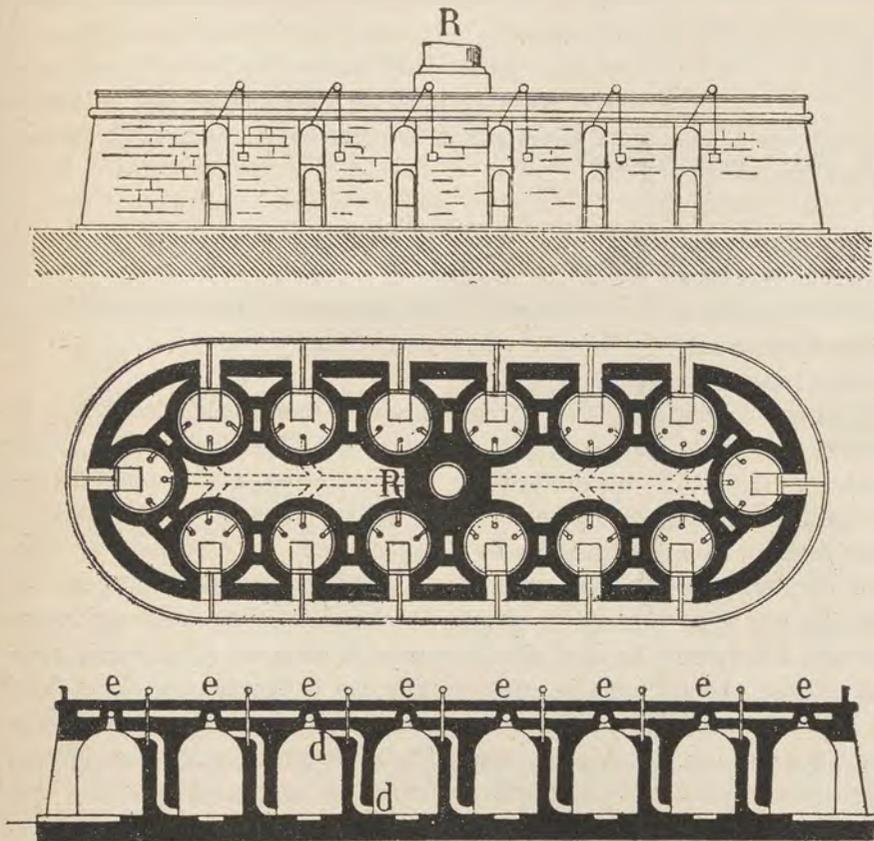


Fig. 338.

venienti sopra due travi pur di ferro ortogonali *t* che sostengono il camino. Terminata la carica e chiusa la

veniente da una tramoggia, una porta a saracinesca per il caricamento del materiale e una bocca *c* per il cinerario. Il movimento della graticola è graduato in modo che il combustibile si consumi prima di giungere alla fine della sua corsa, quando la graticola cambia direzione, versandone le ceneri in apposita cassa trainabile. Ciascuna cavità comunica mediante un condotto *e* situato in alto, con il camino centrale *R* di richiamo comune per tutte le cavità e tutte le cavità comunicano fra loro mediante un condotto *d* che dall'alto di una cavità giunge al basso della cavità contigua; questi condotti *d*, come i condotti *e*, si possono intercettare con valvole dall'esterno. Data questa disposizione è facile immaginare come manovrando opportunamente le valvole, il calore proveniente da una cavità in azione pei condotti *d* attraversa le altre cavità caricate di materiale calcare, disseccandolo e calcinandolo parzialmente. Con queste fornaci si economizza  $\frac{1}{5}$  del combustibile necessario con le altre fornaci a fuoco continuo.

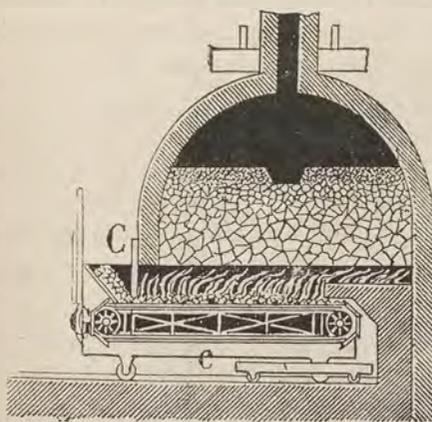


Fig. 339.

bocca superiore si accendono i fuochi nei quattro focolari e la cottura e l'estrazione della calce procedono in maniera continua come per le altre fornaci.

## § 5.

I PROCEDIMENTI PRATICI PER RICONOSCERE  
LA QUALITÀ DELLE CALCI.

Nel primo paragrafo sono enumerati alcuni indizi dai quali si possono riconoscere e distinguere le pietre calcari adatte a produrre la calce idraulica da quelle che ci danno la calce grassa. Questi indizi non sono però del tutto sicuri, perchè non sempre essi riescono sufficienti al costruttore per farsi una esatta idea della natura del calcare. Qualora non si voglia ricorrere ad una analisi chimica qualitativa e quantitativa della roccia, che è il mezzo diretto per conoscerne la natura, un costruttore può praticamente ricavare da un saggio del calcare i seguenti dati che possono riuscire talvolta sufficienti per acquistare una conoscenza della qualità della pietra e della calce che con essa si può ottenere e deciderlo per la scelta dell'uno o dell'altro calcare. Così una grossolana analisi si può conseguire riducendo in polvere sottile una piccola quantità dosata di calcare, che si depone in un bicchiere, nel quale si aggiunge acido cloridrico diluito, finchè si verifica effervescenza. Se tutta la polvere si scioglie è indizio che essa si componeva di solo carbonato di calce ovvero di carbonato di calce accoppiato con carbonato di magnesia, che si comporta egualmente. In tal caso, se si aggiunge acqua di calce, la magnesia si precipita in bianco; e si colora in bruno, esponendola all'aria, se nel calcare si hanno associati i protossidi di ferro e di manganese.

Se la polvere non si scioglie intieramente, il residuo fangoso, che è argilla più o meno pura (per lo più mista a sabbia silicea o quarzosa) si separa dalla soluzione filtrandola, si dissecca in un crogiuolo e quindi si pesa; quanto più grande è il peso dell'argilla probabilmente tanto maggiore sarà la proprietà idraulica della calce che se ne ottiene. Dall'aspetto è facile anche riconoscere se questo residuo è costituito di argilla in preponderanza, perchè in tal caso si ha una polvere leggera e dolce al tatto, ciò che non avviene se vi abbonda sabbia quarzosa.

Un calcare idraulico si riconosce più facilmente dopo che se ne è calcinato un saggio; idratando questo saggio con giusta quantità d'acqua per farne una pallottola densa, si immerge in un vaso d'acqua e vi si lascia. Se dopo 24 ore si trova la pallottola sciolta nel-

l'acqua, la calce non è certamente idraulica; è una calce grassa o magra; se invece premendola col dito si trova più resistente di quel che non era prima, si può ritenere che è una calce idraulica; allora lasciandola immersa, dal tempo che impiega per diventare abbastanza dura da resistere ad una determinata pressione, si arguisce il suo grado di idraulicità.

## § 6.

I PROCEDIMENTI ARTIFICIALI PER OTTENERE  
CALCI IDRAULICHE.

Nei siti in cui non si hanno calci idrauliche per mancanza di calcari adatti a produrle, allorchando riesce costoso il trasportarvele, e si dispone di calcari teneri (crete e marne calcari), si può ottenere artificialmente la calce idraulica mescolando con questi una quantità di argilla pura corrispondente al grado di idraulicità che si desidera nella calce. Analizzando chimicamente le sostanze è facile proporzionare le due quantità che si devono mescolare, delle quali se ne fa un impasto con acqua, riducendole in una omogenea poltiglia e quindi formandone dei pani che si fanno essiccare, per sottoporli tosto alla calcinazione nelle comuni fornaci da calce.

Quando non si hanno calcari teneri che si prestino a tale impasto e si dispone dei calcari duri e compatti il procedimento varia di poco. Si calcinano le pietre calcari, se ne idratano le calci con giusta quantità di acqua per ridurle in pasta che si mescola con l'argilla pura nella proporzione più conveniente. Indi se ne formano dei pani che si calcinano di nuovo alla maniera ordinaria avendo cura di assoggettarli ad un calore meno intenso, perchè essendo la loro densità inferiore a quella delle pietre calcari, il calore vi penetra facilmente.

La quantità di argilla che si mescola alle calci comuni è variabile secondo la qualità delle calci; le calci molto grasse possono tollerare fino a  $\frac{1}{5}$  del proprio volume di argilla, le magre  $\frac{1}{10}$  a  $\frac{1}{7}$ ; quanto maggiore è l'*indice di idraulicità*, ossia il rapporto tra le quantità d'argilla e di calce che entrano in composizione, tanto più sensibile è il grado di idraulicità delle calci che se ne ottengono. Con oltre 22 parti per cento di argilla si ottengono i cementi che nell'acqua si lapidificano in pochissimo tempo.

Anche la soda e la potassa trasformano le calci

comuni in calci idrauliche. L'esperienza dimostra che con una calce grassa, spenta con una quantità d'acqua, satura di soda o di potassa, sufficiente per ridurla in polvere, lasciata disseccare e sottoposta di nuovo a cottura, si ottiene una calce idraulica, la quale riesce fortemente idraulica, se invece di soda e di potassa si adoperano i loro carbonati o il muriato di soda. Con questo anzi si fa a meno della seconda cot-

tura, poichè la calce così idratata fa presa nell'acqua. Nella seguente classificazione sono date le porzioni dei componenti il materiale impiegato, nonché l'indice di idraulicità dei prodotti ed il tempo impiegato nella presa (1).

Nella successiva tabella è indicata la composizione di alcune pietre calcari che somministrano calci comuni e calci idrauliche.

Proporzioni di 100 p. di materiale impiegato		Denominazione del prodotto ottenuto	Indice di idraulicità del prodotto	Tempo nel quale avviene la presa fuori del contatto dell'acqua
Argilla	Carbonato di calce			
da 0.0 a 5.3	da 100 a 94.7	Calci grasse e calci magre . . . . .	da 0.00 a 0.10	non fanno presa sott'acqua
» 5.3 » 8.2	» 94.7 » 91.8	Calci debolmente idrauliche. . . . .	» 0.10 » 0.16	dal 16° al 30 giorno
» 8.2 » 14.8	» 91.8 » 85.2	Calci mediocrementemente idrauliche . . . . .	» 0.16 » 0.31	» 10° al 15° »
» 14.8 » 19.1	» 85.2 » 80.9	Calci idrauliche propriamente dette . . . . .	» 0.31 » 0.42	» 5° » 9° »
» 19.1 » 21.8	» 80.9 » 78.2	Calci eminentemente idrauliche. . . . .	» 0.42 » 0.50	» 2° » 4° »
» 21.8 » 26.7	» 78.2 » 73.3	Cementi a lenta presa. . . . .	» 0.50 » 0.65	» 6 a 24 ore
» 26.7 » 40.0	» 73.3 » 60.0	Cementi a rapida presa. . . . .	» 0.65 » 1.20	» in meno di 6 ore
» 40.0 » 62.6	» 60.0 » 37.4	Cementi magri . . . . .	» 1.20 » 3.00	fanno presa uniti alla calce
oltre 62.6	sotto 37.4	Pozzolane . . . . .	oltre 3.00	

	Carbonato di calce	Carbonato di magnesia	Ossido di ferro	Ossido di manganese	Argilla	Acqua	Sostanze bituminose o volatili
Marmo bianco di Carrara (da calce grassa) sopra 100 p.	98.4	0.6	—	—	—	—	—
Calcare di Ternate . . . . . sopra 100 p.	96.0	3.2	0.3	—	0.5	—	—
Spatto d'Islanda (id.) . . . . . »	100.0	—	—	—	—	—	—
Ciottoli dell'Adda (id.) . . . . . »	97.4	1.6	1.0	—	—	—	—
Calcare giallo di Lione (id.) . . . . . »	94.0	1.6	3.9	—	—	—	0.5
Creta di Bougival (id.) . . . . . »	95.5	0.8	2.10	—	—	1.2	—
Calcarei dolomitici di Arona, Ispra, Caldè, Porto, ecc. sul lago Maggiore (id.)	54.8	44.7	0.2	—	0.1	—	—
Calcare di Arcisate-Lugano (id.) . . . . . »	57.8	39.1	0.6	—	0.2	—	—
» di Vichy (id.) . . . . . »	87.2	10.0	2.8	—	—	—	—
» di Villafranca (da calce magra) . . . . . »	60.7	30.3	3.0	6.0	—	—	—
» di Casale Monferrato (da calce idr.) . . . . . »	82.4	—	2.4	—	10.6	1	0.8
Ciottoli della Trebbia (id.) . . . . . »	87.5	—	—	2.0	10.5	—	—
» colore giallo cen. (id.) . . . . . »	71.6	20.8	5.0	—	2.1	—	—
Calcare di Metz (da calce emin. idraulica). . . . . »	76.5	3.0	3.0	1.5	15.2	—	0.8
» di Monte Marenzo Bergamo (id.) . . . . . »	67.0	—	—	1.7	28.7	—	—
Ciottoli di Brembo (id.) . . . . . »	73.2	17.1	2.7	—	7.0	—	—
Calcare di Theil (id.) . . . . . »	82.7	—	—	—	15.0	1.2	1.1
» di Chaulnay (id.) . . . . . »	89.2	3.0	—	—	7.8	—	—
» di Palazzolo sull'Oglio (id.) . . . . . »	56.76	—	2.0	—	35.74	—	5.5

§ 7.

IL BAGNAMENTO E L'ESTINZIONE DELLE CALCI.

La calce viva bagnata con acqua ne assorbe una notevole quantità rigonfiandosi, si sfalda con emanazione di calore e quindi di vapor d'acqua e si idrata, riducendosi in quella poltiglia densa ed uniforme nota col nome di *calce spenta, caustica, fusa, stemperata, smorzata o estinta*.

Le calci bagnate con poca quantità d'acqua aumentano bensì di volume, ma si spappolano, riducendosi in polvere granulosa che difficilmente si riduce in poltiglia coll'aggiunta di altra acqua. Perchè la calce viva si idrati completamente è necessaria una giusta quantità d'acqua, la quale nuocerebbe se fosse in

eccedenza, perchè assorbendo molta quantità del calore sviluppato, ne ritarderebbe i fenomeni dell'idratazione. Una calce ben cotta si idrata facilmente e completamente; una calce poco cotta si idrata lasciando i residui non giustamente cotti; una calce molto cotta si idrata dopo qualche tempo che si trova immersa. Le calci, dopo che sono idratate, sogliono addensarsi; bisogna allora ricoprirle con uno strato di sabbia o di terra, alto m. 0,20 circa, per preservarle dal contatto dell'aria, che le ridurrebbe di nuovo allo stato di carbonato.

Nei cantieri di costruzione il bagnamento e l'estinzione delle calci occupano una parte non secondaria. Le calci si mettono al riparo della pioggia, depositandole in una apposita baracca o tettoia a pareti chiuse di legno (fig. 19), aperta soltanto da

(1) VACCHELLI, *Costruzioni in calcestruzzo ed in cemento marato*.

un lato e provvista di pavimento pure in legname. Il locale addetto al bagnamento si compone di una serie di *truogoli* (fig. 1, 2, tav. XXVI) aventi la pianta della forma di un trapezio, lunghi m. 2,5 e larghi alle due basi rispettivamente m. 0,6 e m. 1,5, costruiti con tavole di legno di 4 cm. di spessore, col pavimento inclinato di legno o di mattoni (quadrelli) e di una tettoia comprendente il deposito della calce ovvero comunicante con la baracca delle calci. Sotto questa tettoia sono disposti in parte i truogoli, di modo che con la medesima si possano proteggere dalla pioggia anche gli operai addetti all'estinzione. Lungo il lato minore dei truogoli è praticata una apertura, larga m. 0,4, provvista di porticina saracinesca, comunicante con un canale di tavole, largo m. 0,3, il quale lungo il lato opposto possiede altre analoghe aperture provviste di graticola (fig. 3, tav. XXVI) e comunicanti rispettivamente con una serie di *vasche* o *fosse di deposito* della calce spenta. Le fosse di deposito hanno d'ordinario una forma parallelepipedica, sono scavate nel terreno profonde m. 1,5 a m. 1,7 e vanno rivestite di muro sottile, ricoperto di intonaco, resistente alla spinta delle terre, allo scopo di impedire che il latte di calce del grassello venga assorbito dal terreno circostante. Due fosse contigue sono separate fra loro da un muretto per lo più di mattoni, grosso circa m. 0,3, ed i loro pavimenti sono di mattoni.

Le calci vive spente con acqua e ridotte in poltiglia nei truogoli si dirigono nelle fosse, dove si depositano, e si addensano, acquistando in pari tempo tutto l'aumento di volume di cui sono suscettibili.

Completa l'impianto dei locali, per il bagnamento delle calci, un tino di legno o un recipiente di ferro o di lastre d'ardesia destinato come primo deposito d'acqua, provvisto di tubo di piombo o di latta che permetta di portar l'acqua al centro della base maggiore dei truogoli, ed un serbatoio d'acqua per lo più scavato nel terreno, con pareti e pavimento rivestiti di muratura stagna, dove affluisce l'acqua sovrabbondante del tino.

Diversi sono i metodi praticati per l'estinzione delle calci:

*L'estinzione naturale e spontanea* si consegue esponendo le calci per un certo tempo a contatto dell'azione continua e lenta dell'umidità dell'atmosfera. Le calci così estinte si riducono in polvere, ed in poltiglia coll'aggiunta di nuova acqua all'atto in cui vengono impastate con gli altri ingredienti per la

formazione delle malte. Così idratate però le calci perdono le migliori qualità cementizie che possiedono.

*L'estinzione per aspersione* consiste nel deporre la calce nei truogoli e nel bagnarla con piccola quantità d'acqua giustamente per idratarla allo stato di polvere secca. La quantità d'acqua necessaria per tale operazione è  $\frac{1}{4}$ , all'incirca di quella che bisognerebbe per ridurla in poltiglia. Così idratata la calce si può conservare e facilmente trasportare a grandi distanze.

Anche *l'estinzione per immersione* ha lo scopo di idratare la calce riducendola allo stato di polvere. Consiste questo metodo nel deporre la calce entro cesti che si immergono per qualche istante nell'acqua, dopo di che, estraendoli, la calce si rigonfia e si spappola riducendosi in polvere.

*L'estinzione per fusione* è il metodo ordinariamente tenuto per l'estinzione delle calci. Consiste nel bagnare le calci depositate nei truogoli con acqua sufficiente per ridurle allo stato pastoso, semiliquido, dopo di che si fanno colare nelle fosse di deposito o calcinai, finchè queste non siano riempite, e la poltiglia così raccolta, chiamata *grassello*, vi si mantiene per quattro giorni almeno per lasciarla assodare; dopo si ricopre con uno strato di sabbia per preservarla dal contatto dell'aria e fino a che non viene impiegata. È necessario con questo metodo di versare l'acqua bisognevole per l'estinzione della calcina in unica volta, e se è in difetto di aggiungerla allorchè la calce si è raffreddata.

La quantità d'acqua si può regolare facendo un esperimento di estinzione di una piccola quantità dosata di calce in un recipiente con acqua esuberante. Facendo depositare il grassello e decantando l'acqua eccedente, si deduce dal peso della poltiglia ottenuta quello della calce impiegata; si ha così la quantità d'acqua assorbita dal saggio di calce per idratarsi completamente.

Per le calcine idrauliche il metodo di estinzione può essere quello per fusione, non senza prendere però delle precauzioni speciali tendenti ad evitare il loro indurimento provocato dalla presenza dell'acqua. Convieni a questo scopo depositare le calcine idrauliche a strati dello spessore di m. 0,20 circa direttamente nel bacino di deposito e di versare e di dirigere l'acqua uniformemente su tutto lo strato senza procedere ad alcun rimescolamento del miscuglio. Idratato il primo strato, si versa sopra un secondo strato dello stesso spessore che si idrata egualmente

e così di seguito sino all'idratazione di quella quantità di calce idraulica che può abbisognare per uno o al più per due giorni. Perchè, così operando, si possa avere in cantiere la calce spenta senza interruzione, basterà disporre di due bacini o di due fosse nello stesso bacino.

Per l'estinzione delle calci conviene adoperare acque pure. Le acque di mare sono generalmente prescritte, perchè ritardano la presa delle malte e danno luogo ad efflorescenze saline nelle strutture murali.

Nelle costruzioni marittime sembra invece che siano indicate. Secondo Belidor le acque di mare oltre a riuscire in certi casi più economiche, producono nelle malte un indurimento finale superiore che non con le acque dolci; nelle costruzioni marittime poi l'efflorescenza di sale non costituisce un difetto rilevante.

Il seguente specchietto comprende alcuni dati sperimentali che riguardano l'estinzione delle calci:

Peso assoluto della calce per ogni mc.	Kgr.	1030 a	1065;
Quantità di calce viva necessaria per un mc. di calce spenta . . . . . »		620 a	875;
Volume della calce estinta per ogni mc. di calce viva impiegata . . . . . mc.		1,300 a	1,800;
Quantità di acqua assorbita per ogni mc. di calce viva per la totale idratazione . . . . . litri		850 a	1550;
Peso di un metro cubo di calce spenta, compresa la tara. . . . . Kgr.		1290 a	1550;
Tara o perdita per ogni mc. di calce viva. . . . . »		56 a	224;
Peso di un mc. di calce viva dopo l'estinzione . . . . . »		1980 a	2580;

## § 8.

### I CEMENTI.

I calcari adatti a produrre i cementi sono quelli che contengono argilla in un rapporto superiore al 22 %. Oltre il 40 % di argilla sembra però che si ottengano prodotti, i quali non godono di tutte le proprietà cementizie; in questo caso si hanno cementi di qualità mediocre, comunemente detti cementi magri. Si deve a John Smeaton la scoperta (an. 1756) sulla proprietà idraulica delle calci provenienti dai calcari argillosi, ma solo nel 1796 l'inglese Parker tentò la formazione di un cemento, cuocendo in una fornace da calce le concrezioni ar-

gillose delle rive del Tamigi, ottenendo per primo una calce a cemento che egli chiamò *cemento romano* di colore rosso, che polverizzato ed impastato faceva presa in pochi minuti.

Dopo gli studi di Vicat (1812), i quali portarono a conoscenza che col crescere dell'argilla, entro limiti determinati, cresceva la qualità cementizia delle calci, il primo industriale che abbia fabbricato un cemento sembra sia stato il fornaciario Apsind di Jork (1824), che lo denominò *Portland*, perchè il prodotto conglomerato che ne otteneva somigliava al calcare compatto della penisola Portland inglese. Fu in seguito che la produzione dei cementi si accrebbe e continua tuttavia ad estendersi in nuove regioni. In Italia oramai si costruiscono dei Portland in notevole quantità (Bergamo, Palazzolo, Casalemonferato, ecc.) di qualità e prezzi da non temere più la concorrenza straniera.

I cementi si possono fabbricare ricavandoli da calcari argillosi, sia che si trovino allo stato compatto, come allo stato di creta, ovvero da miscugli di creta o marne calcari con argilla, in convenienti proporzioni, come si pratica per le calci idrauliche, per mezzo della ordinaria cottura in forni da calce. Nel primo caso si hanno i *cementi naturali* (Portland italiani ed alcuni francesi), nel secondo i cementi artificiali (Portland inglesi e gli altri).

Per la fabbricazione dei cementi i calcari compatti si frantumano come le pietre da calce, prima di essere cotte; i calcari teneri si impastano, si formano e si asciugano prima di sottoporli alla cottura ed i miscugli artificiali di crete calcari con argilla, per ottenere una buona miscela, si impastano con abbondante acqua, che in seguito si separa per decantazione. Il residuo melmoso, tostochè si è assodato, si sottopone prima alla formatura e quindi al disseccamento per essere esposto alla cottura.

La cottura dei cementi esige però un calore più moderato di quello necessario per le pietre da calce, poichè i materiali argillosi vanno soggetti facilmente ad un eccesso di cottura. Ciò non pertanto nei cementi fabbricati artificialmente il calore si spinge fino alla vetrificazione delle sabbie, che possono essere contenute nei componenti la miscela; così facendo il prodotto si può facilmente separare dal materiale vetrificato e scoriaceo nocivo per la buona qualità del cemento.

I cementi a rapida presa differiscono da quelli a lenta presa per la maggior quantità di argilla che contengono e per la rapidità della presa in confronto

a questi. Anche la loro densità è diversa, riuscendo più leggieri i primi (peso specif. 2,8 a 3,0) e più pe-

santi i secondi (peso specif. 3,10 a 3,25); la loro chimica composizione è la seguente :

	Calce	Silice	Allumina	Oss. di ferro	Magnesia	Ac. solforico	Alcali	Residui insolubili	Perdite al fuoco
In 100 parti di cemento a lenta presa . . .	58.22 a 65.59	19.80 a 26.45	4.16 a 9.45	2.12 a 4.47	0 a 2.89	0.19 a 2.19	0.19 a 2.83	0.12 a 1.38	0.26 a 2.67
In 100 parti di cemento a rapida presa . . .	44.0 a 57.0	21.0 a 29.5	7 a 13	3.5 a 5.5	1.0 a .5	0.5 a 3.5	—	—	3.5 a 9.0

Il Portland della Società di Casale si compone di calce 66,08, silice 21,85, allumina e ossido di ferro 11,30, diversi 0,77.

Quando si esce dai limiti accennati e quando si ha la presenza di magnesia o di calce esuberante, non si hanno in generale buoni cementi, perchè allora i componenti non si trovano uniti nella giusta misura per ottenere la presa.

I cementi a lenta presa si impiegano quasi sempre puri; impastati con acqua si induriscono in un tempo più o meno lungo; la loro presa infatti si inizia dopo un'ora circa ed è raggiunta fra 5 a 24 ore, dopo questo tempo però seguitano a indurirsi.

I cementi a rapida presa si impiegano puri, ma più sovente misti a sabbia nel rapporto di  $\frac{1}{3}$  circa. La presa di questi cementi ha luogo in pochi minuti e raggiungono la loro finale durezza dopo poche ore per più non indurirsi notevolmente.

Tanto i cementi a rapida, che a lenta presa, resistono bene alla trazione e meglio alla compressione, però in modo differente nella misura che segue :

	Resist. alla trazione	
	Dopo 7 giorni	Dopo 28 giorni
Malta di cemento a l. pres. puro	25 Kg.	35 Kg.
» » con sabbia a $\frac{1}{3}$	10 »	18 »
» » a rap. pres.	—	10 »
con sabbia a $\frac{1}{3}$	—	10 »
	Resist. alla compressione.	
	Dopo 7 giorni	Dopo 28 giorni
Malta di cem. a l. pres. puro	250 Kg.	350 Kg.
» » » » con sabbia ( $\frac{1}{3}$ )	100 »	180 »
» » a rapida pres.	—	80 »
con sabbia ( $\frac{1}{3}$ )	—	80 »

I cementi non si fondono, all'atto in cui vengono idratati, come le calci; la loro presa riesce in condizioni favorevoli, allorchè sono stati ridotti in polvere impalpabile, sono di recente fabbricazione e sono bagnati con acqua che non sia abbondante nè scarsa; ciò si spiega pel fatto che i granelli di cemento non riescono attivi a contatto dell'acqua che alla loro superficie, restando inerte la materia interna. Un cemento si ritiene sufficientemente polverizzato allorchè è stato passato allo staccio di 900 maglie per

cm.<sup>2</sup>, con un diametro dei fili di  $\frac{1}{10}$  di mm. e che non lascia più del 15 % di residuo.

Impiegati sott'acqua i cementi resistono meglio che all'aria aperta, laddove, dopo aver fatto presa ed essersi disseccati da sembrare apparentemente asciutti, contengono sempre una quantità di acqua che varia dal 16 al 20 %. Quest'acqua latente non combinata con la calce, durante i calori estivi specialmente, finisce per alterare la coesione dei cementi esposti all'aria libera ed a fenderli col tempo. Questo inconveniente si attenua mescolandoli con la sabbia e si elimina allorchè sono impiegati sott'acqua.

I cementi in polvere, esposti all'aria, assorbono l'umidità e l'acido carbonico che vi trovano, in quantità tanto più notevole, quanto maggiore è la quantità di calce che contengono. L'assorbimento di queste sostanze riesce nociva alla presa, la quale può ridursi nulla, allorchè i cementi hanno assorbito tutta la quantità d'acqua e di acido carbonico di cui sono suscettibili. I cementi perciò si conservano e si trasportano in sacchi di tela, quando devono essere impiegati in siti non molto lontani ed entro un tempo non lungo, altrimenti si chiudono entro botti di legno incatramate e guarnite di carta disseccante nel loro interno, per impedire la penetrazione dell'umidità, allorchè devono essere spediti a grandi distanze o devono mettersi in opera dopo lungo tempo.

I cementi alterati si riconoscono facilmente, perchè finiscono d'essere polverosi, e si agglomerano in pezzi che si polverizzano soltanto sotto la pressione delle dita.

## § 9.

### LE POZZOLANE.

Le *pozzolane* sono quelle materie di origine vulcanica che hanno la proprietà di formare una malta capace di fare presa sott'acqua ed all'aria, allorchè vengono impastate con calcina grassa, magra o leggermente idraulica. Esse prendono la loro

denominazione dalla città di Pozzuoli, presso Napoli, dove si trassero per la prima volta.

Le pozzolane si trovano in prossimità dei centri vulcanici attivi o spenti; se ne hanno perciò nelle isole Azorre, nelle Ardenne, nel Cantal, nell'Auvergne, nel Vivarais, nella Guadalupa, ecc. ed in diversi punti d'Italia, segnatamente nei dintorni di Roma e di Napoli.

Si dicono *naturali* quelle pozzolane che si ri-

cavano direttamente dai giacimenti che si rinvennero sulla terra, ed *artificiali* le altre che si possono ottenere sottoponendo alla torrefazione alcune sostanze che si prestano per acquistare la proprietà idraulica propria delle pozzolane.

Nella seguente tabella è indicata la composizione chimica di alcune pozzolane naturali ed artificiali più accreditate:

		Silice	Allumina	Calce	Magnesia	Oss. di ferro	Materie volatili	Materie inerti
Pozzolana di Roma (San Paolo)	% . . . . .	40.00	14.8	8.2	2.00	12.0	15.0	8.0
> di Bacoli (Napoli)	> . . . . .	56.15	19.0	7.9	0.25	8.7	13.1	—
> Trass del Reno	> . . . . .	46.30	20.7	2.3	1.00	5.6	15.5	8.6
> d'argilla torrefatta.	> . . . . .	65.50	22.4	—	—	10.4	1.7	—
> di basalto	> . . . . .	44.50	16.8	9.5	—	20.0	4.2	5.0

Il peso delle pozzolane varia secondo la loro qualità; per le pozzolane naturali d'Italia si può ritenere oscillante fra i 1157 e i 1228 Kg. per mc. Il loro colore presenta varie gradazioni, potendo essere le pozzolane bianche, nere, gialle, grigie, rosse, brune e violette. Nei dintorni di Roma se ne hanno rosse, brune e violette; quelle di Bacoli, presso Pozzuoli, sono grigie; nere quelle di Torre Annunziata; rossiccie quelle del monte Paternò in Sicilia e nerastre quelle di Monterosso. La loro qualità generalmente è tanto migliore, quanto più intenso ne è il colore; cosicchè sono ritenute migliori in commercio quelle di Roma (S. Paolo) ed in ordine decrescente quelle di Bacoli, di Torre Annunziata e di M. Paternò. Le pozzolane, allorchè sono estratte dalla cava, vengono passate allo staccio aventi maglie del diametro di 2 mm. e, poichè gli agenti atmosferici ne deteriorano la qualità, affievolendone le proprietà idrauliche, vengono conservate in magazzini di deposito chiusi ed asciutti. Nei cantieri di lavoro, in mancanza dei magazzini, si depositano in mucchi di forma conica di cui se ne comprime la superficie, sulla quale si stende un intonaco di malta idraulica di 3 a 4 cm. di spessore, allo scopo di preservare la massa interna dall'azione degli agenti esterni.

Oltre le qualità sopracennate di pozzolana, si usano come pozzolane alcune arene che possiedono in piccola quantità la proprietà pozzolanica, se sono impiegate allo stato naturale, e che acquistano in discreto grado la proprietà pozzolanica, allorchè vengono leggermente torrefatte. Di queste *arene pozzolaniche* se ne hanno depositi presso Brest e nella Bassa Bretagna presso Saint Astier. La *terra di Santorino* (isola di Santorino) fu pure usata su vasta scala come pozzolana nella costruzione dei porti

di Venezia e di Trieste, ed i tras della valle del Reno (conglomerati vulcanici depositati dalle acque), ridotti in polvere e vagliati, sono usati largamente in Germania come pozzolane.

Buone pozzolane artificiali si possono ottenere calcinando le argille allo stato di polvere e la qualità delle pozzolane che se ne ottengono dipende essenzialmente dalla quantità di calce contenuta nelle terre argillose e dal grado della loro cottura.

Anche un miscuglio di 1 a 3 parti di calce con 9 a 7 parti di argilla, convenientemente rimescolato e calcinato, dà una buona pozzolana.

I laterizi cotti polverizzati si prestano pure per la fabbricazione artificiale di una buona pozzolana, la loro composizione essendo identica a quella delle pozzolane vulcaniche. La sostanza che si ottiene riducendo in polvere i laterizi è conosciuta col nome di *coccio*, il quale può essere di qualità *grossa* e *fina* a seconda dello staccio che si fa attraversare. La migliore qualità di coccio è quella che proviene dai laterizi ben cotti, epperò meglio si prestano, per la fabbricazione del coccio, le tegole ed in generale i laterizi aventi un piccolo spessore, siccome quelli che possiedono un più uniforme grado di cottura.

Il basalto, che è una roccia vulcanica dura, sottoposto alla cottura e quindi frantumato e polverizzato, dà pure buona pozzolana artificiale. Vicat ha trovato che, oltre i basalti, anche i grès feruginosi egualmente trattati danno buona pozzolana; l'energia di queste pozzolane non può però eguagliare quella delle pozzolane naturali, nè quella del coccio e delle pozzolane provenienti dalle argille cotte. Anche le ceneri di carbone fossile o vegetale impastate con calcina, grassa o magra, rendono la malta leggermente idraulica; ciò spiega come i residui dei

forni da calce (cenere con frantumi di calce spenta) impastati con acqua si comportano come le malte idrauliche.

Tanto le fornaci a fuoco intermittente, quanto quelle a fuoco continuo descritte per la fabbricazione

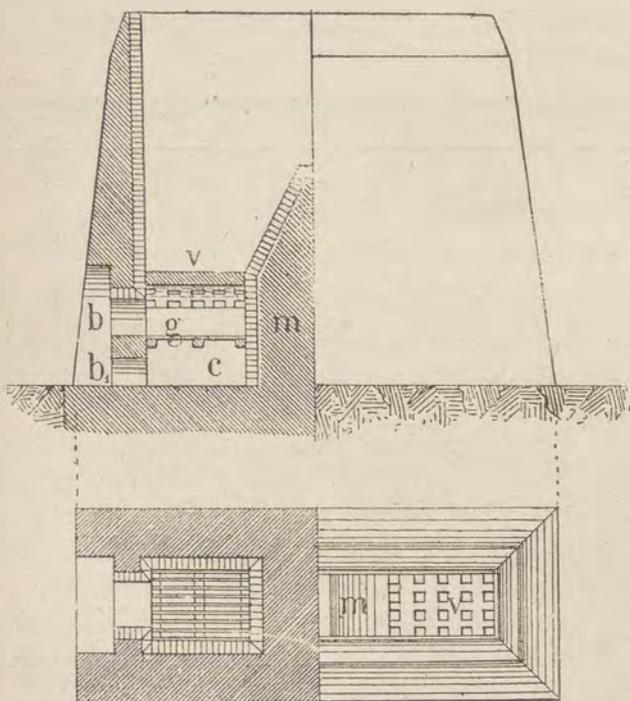


Fig. 340.

della calce, possono servire per la cottura dei miscugli o delle pietre indicate per ottenere le pozzolane artificiali. Nella fig. 340 è dato il disegno della fornace che Saint-Léger fece costruire a questo scopo a Guétin in occasione della costruzione di quel ponte canale.

La fornace consta di un masso murale di forma prismatica, avente una cavità di m. 5 per m. 1. e per m. 5,6 di altezza, sulle faccie più strette della quale sono situate le bocche da fuoco *b* con le relative graticole *g*, a cui sottostanno rispettivamente le bocche *b*<sub>1</sub> ed i cinerari *c*. La cavità della fornace è dimezzata fino all'altezza di m. 3,60 da un masso murale *m*, che presenta le pareti verticali fino al livello di 2 m. dai cinerari, ed inclinate sino al livello di m. 3,60. I focolari sono limitati dalle graticole *g* inferiormente, e dalle volte *v* forate di mattoni nella parte superiore.

La cottura del materiale procede con le stesse cautele indicate per la cottura delle pietre calcari, usando cioè un fuoco moderato da principio e fino al prosciugamento del materiale pozzolanico da cuocersi che viene introdotto nella fornace dalla bocca

superiore; il calore poscia si spinge, non oltre il colore rosso, fino alla completa cottura che ordinariamente ha luogo dopo 36 ore circa. Sullo stesso sistema possono costruirsi fornaci più piccole aventi un solo focolare, come fornaci a due scompartimenti situati l'uno al di sopra dell'altro, per l'utilizzazione del calore disperso dallo scompartimento inferiore.

## § 10.

### IL GESSO.

Il gesso conosciuto fin dagli antichi tempi (*Γύψος* dei Greci, *Selenites* e *Gypsum* dei Romani), quale si trova in natura, è costituito di un *solfato di calce idrato*, il quale sottoposto all'azione del fuoco, perde l'acqua di cristallizzazione per trasformarsi in *solfato di calce anidro*, che costituisce propriamente il *gesso* del commercio. Il gesso allo stato naturale, quantunque meno copioso del carbonato di calce, si rinviene in molti punti della terra, per lo più fra i terreni terziari, sotto forma di banchi di vario spessore ed estensione, cristallizzato nel sistema monoclino. È piuttosto tenero, la sua durezza essendo compresa tra 1,5 e 2, occupa il secondo posto della scala di Mohs; il suo peso specifico varia insensibilmente intorno a 2,32 ed è solubile nell'acqua nel rapporto di 1 a 500 circa, costituendo le *acque selenitose*, note perchè nocive alla cottura dei legumi ed alla lavatura col sapone.

Il gesso naturale è incolore, se è puro; si presenta leggermente colorato in rosso-giallo, se contiene parti di ossido di ferro, od in bruno, se contiene bitume. La presenza dell'argilla lo rende azzurrognolo, variegato, di bell'effetto rassomigliante a quello dei marmi saccaroidi e del bardiglio. Ond'è che si hanno diverse qualità di gesso naturale, di cui le principali sono conosciute coi nomi di *selenite*, *alabastrite*, *gesso calcarifero* e *anidrite*.

La *selenite* è un solfato di calce naturale, quasi puro, generalmente di struttura lamellare; non raramente si ritrova però in cristalli confusi ed intrecciati (*gesso filamentoso*), talvolta con struttura compatta o saccaroide a grana più o meno grossa, *fibrosa* (Sericolite), *botritica* (Gesso di Volterra). Per la sua purezza la selenite è quella che meglio si presta per somministrare il gesso adatto pei lavori di scultura.

L'*alabastrite* o *alabastro gessoso* ha l'apparenza

dell'alabastro calcareo, del quale però non ha la durezza; è semitrasparente, di facile lavorazione, e però utile per la formazione di oggetti ornamentali destinati specialmente a decorare l'interno degli edifici, poichè l'umidità è generalmente nociva alla conservazione del gesso.

Il *gesso calcarifero* è la pietra che somministra il gesso più adatto per le costruzioni, perchè contiene, oltre al solfato di calce e l'acqua di cristallizzazione, circa il 12 per cento di carbonato calcareo, la presenza del quale sembra dia al gesso maggior resistenza e maggiore affinità per i materiali di costruzione.

L'*anidrite* è una varietà di solfato calcareo che si rinviene in natura privo di acqua di cristallizzazione ed incapace di combinarsi, con l'acqua e quindi di far presa. Questo perciò non viene utilizzato come materiale cementante, però può convenientemente utilizzarsi come materiale da costruzione, allorchè presentasi di struttura compatta. La *volpinite* (da Volpino dove si estrae), che è una varietà dell'anidrite, viene scavata attivamente ed usata come materiale di ornamentazione.

Conseguentemente si hanno due qualità di gesso cotto e triturato nel commercio. La 1.<sup>a</sup> qualità, proveniente dalla selenite, usata per la formatura delle opere scultorie, che si vende al prezzo di L. 2,50 circa per quintale e la 2.<sup>a</sup> qualità usata per le costruzioni, che vendesi al prezzo di L. 1,25 per quintale all'incirca.

In Italia si hanno estese cave di gesso naturale ad *Uzza* (Bormio); a *Volpino* e *Lovere* sul lago di Iseo, dove si cava al *Volpinite* anidra, usata come materiale ornamentale, detta anche *Bardiglio di Bergamo*, se è di colore bianco variegato in blu e *Bianco di Volpino*, se è di colorito bianco candido; a *Nioballo* sul lago di Como; a *Scandiano* e *Ventoso* (Reg. io Emilia); nel *Monte S. Donato* presso Bologna; alla *Pieve di Gesso* (Ravenna), dove si cava l'*alabastro gessoso* tanto usato in quei dintorni come pietra ornamentale; a *Castellina Marittima* presso Volterra (*Alabastro di Volterra*); a *Sinigaglia*, *Ancona*, *Macerata*, e *Terramo*; a *Roccabernarda* (Catanzaro); a *Benes'are* (Reggio Calabria) ed in Sicilia a *Valquarnera*, *Caltanissetta*, *Canicatti*, *Girgenti*, ecc.: in queste località i banchi gessosi ricoprono generalmente le formazioni solifere.

L'escavazione delle pietre gessose non presenta nulla di specialmente diverso della cavatura delle

ordinarie pietre da costruzione. Attesa la grande estensione degli strati gessosi si procede alla cavatura, attaccando la roccia *a cielo scoperto* od *in galleria*, secondo la posizione dello strato rispetto la superficie terrestre, facendo uso del piccone, dei cunei di legno o di ferro, di leve e delle mine.

## § 11

### LA COTTURA DELLE PIETRE DA GESSO.

La pietra da gesso sottoposta ad una temperatura compresa tra i 120 e i 140 gradi, all'aperto o in apposite fornaci, perde l'acqua di cristallizzazione diminuendo  $\frac{1}{4}$  circa del proprio peso per trasformarsi, finamente triturrata, in una polvere bianca di solfato di calce anidro (*gesso del commercio*), che a contatto dell'acqua si riscalda, assorbendone una quantità quasi eguale a quella perduta, e facendo rapida presa con una durezza finale di poco inferiore a quella primitiva; sopra questo principio è fondato l'impiego del gesso nelle costruzioni. Se la temperatura alla quale si sottopone il materiale gessoso oltrepassa i 160 gradi, questo materiale caratteristicamente perde la facoltà di riassorbire la perduta acqua di cristallizzazione, trasformandosi in uno speciale solfato di calce anidro, simile al minerale detto *anidrite*, e però incapace di far rapida presa con l'acqua. La presa di questo materiale ha luogo molto lentamente ed è paragonabile a quella delle calce idrauliche meno energiche.

L'operazione di cottura della pietra da gesso suol durare dalle 12 alle 24 ore, secondo il tipo della fornace impiegata, la qualità del combustibile, e lo stato idrometrico dell'aria. Detta operazione si ritiene compiuta, allorchè più non si sprigionano vapori acquosi dal materiale cotto. I fornaciari sogliono avvicinare una lamina di ferro freddo alla bocca di tiraggio delle fornaci da gesso e ritengono compiuta l'operazione di cottura, allorchè sulla superficie della lamina non si deposita più alcuna traccia di vapore acqueo.

Anche la quantità di combustibile varia col variare del volume della cavità dei forni: quanto maggiore, cioè, è il volume del materiale che vi si racchiude, tanto minore è la quantità di combustibile necessaria per cuocere ogni unità di volume. Se si impiega legna per combustibile, la quantità di le-

gna varia dai 100 ai 200 Kg. per mc. di gesso cotto, dipendentemente anche dal loro stato di essiccamento; impiegando litantrace sono necessari 50 a 80 Kg. di litantrace. Conseguentemente la spesa di cottura di un mc. di materiale gessoso può ritenersi tra le 2 e le 4 lire.

Le fornaci per la cottura delle pietre da gesso, come le fornaci per la cottura delle pietre calcari, si possono distinguere in due categorie, quelle *ad*

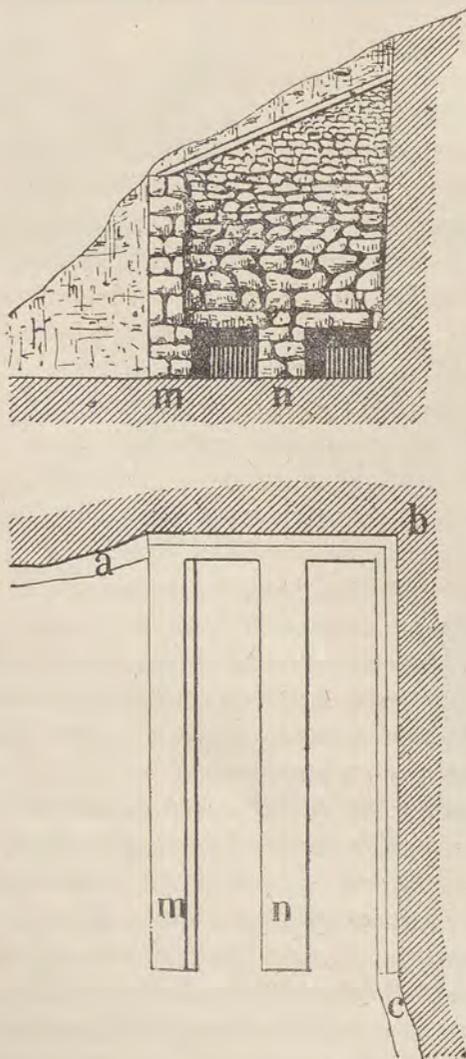


Fig. 341.

*azione intermittente*, che richiedono il raffreddamento e la scarica del materiale già cotto per depositarvi e cuocere il materiale nuovo e quelle *ad azione continua*, nelle quali l'estrazione del materiale già cotto e il caricamento del materiale nuovo ha luogo con continuità. Entrano in quest'ultima categoria i forni *a focolari separati*, i forni *a gas* e i forni *a*

*vapore soprarisaldato*; però le fornaci della prima categoria godono in pratica la maggiore applicazione ad onta che il loro prodotto riesca di qualità inferiore.

Le fornaci ad azione intermittente differenziano essenzialmente da quelle analoghe descritte per la cottura delle pietre calcari per il focolare reso sempre indipendente dalla cavità del forno, a motivo che non si può disporre a strati alternati la pietra da gesso col combustibile, per via che il prodotto riuscirebbe impuro, perchè misto con cenere, epperò di qualità sconveniente all'uso al quale il gesso è quasi sempre destinato.

a) *Le fornaci ad azione intermittente.*

Nel Bolognese (M<sup>te</sup>. S. Donato) si cuoce la pietra da gesso disponendola a mucchi nella maniera indicata dalla fig. 341. Scavato un angolo di terra *abc* nella collina, senza rivestirne le pareti si costruisce un muro di materiale gessoso *m* lungo mt 3, alto m. 1,50, parallelamente alla parete più lunga dalla quale dista m. 1,50; costruito un muretto inermidio *n*, alto m. 0,60, con lo stesso materiale e con altro più stabile, si ricoprono gli spazi intermedi con lastre gessose. Individuati in tal guisa i focolari, si procede alla carica del materiale costituendone un mucchio sul dorso dei focolari, compreso tra il muro e la parete, nel quale il materiale risulti disposto in ordine decrescente di grossezza. **in maniera**, cioè, che le pietre più grosse, richiedenti un tempo maggiore per la cottura, stiano in basso più a contatto delle fiamme e le più minute in alto, terminando coi tritumi. La cottura ha luogo bruciando fascine di legna nei due focolari; questi possono essere di numero maggiore se, volendo cuocere nello stesso tempo una maggior quantità di materiale gessoso, si costruisce il muro parietale *m* ad una distanza maggiore dalla parete più lunga dello scavo.

Nel Monferrato si usa ammonticchiare le pietre gessose entro una comune fornace da calce scavata nella collina, avente una forma di poco differente da quella rappresentata nella fig. 325 per la calcinazione delle pietre calcari. Si suole praticare nella collina un cavo della forma di un tronco di cono rovescio con una porta in basso sulla parete frontale (fig. 342), senza rivestirne le pareti, in vista della temperatura poco elevata occorrente per la cottura delle pietre da gesso; nel cavo si carica il materiale disponendolo, come per le fornaci da calce, dapprima a volto sul pavimento in modo da individuare al di sotto uno spazio sufficiente per bru-

ciarvi le legna, indi sulla volta, così individuata, lo si dispone in ordine decrescente di grossezza.

Anche in Sicilia, dove la regione gessosa è estesissima, si usa molto con questo sistema costruire le fornaci; quivi però suolsi rivestirne le pareti con materiale più o meno refrattario. Anzi le grandi *gessaie*, che si costruiscono specialmente nella provincia di Caltanissetta, capaci di contenere oltre 200 mc. di materiale gessoso, constano di una capacità cilindrica in muratura in parte costruita sotto terra, sormontata da una volta a calotta sferica, del diametro di m. 6,50 e dell'altezza complessiva di m. 11 (fig. 343). Nel centro della volta di queste fornaci si ha una bocca di caricamento che si cambia in bocca di tiraggio durante la cottura, mentre un'altra bocca di caricamento si ha in  $b$  a mezza altezza sulla parete verticale ed una bocca in  $b_1$  da focolare al livello del pavimento della cavità; il pavimento inoltre contiene un incavo sferico nel centro per il deposito delle ceneri. Il materiale si carica seguendo la disposizione a volta anzi descritta ed il tiraggio dei prodotti della cottura e della combustione viene regolato mediante 8 fori  $f$  situati nella volta intorno all'apertura centrale, e del foro  $f_1$  che presenta il coperchio che chiude detta apertura, chiudendo in parte o in totalità quello tra i fori che presenta una maggior attività. La bocca  $b$  si mantiene chiusa durante la cottura ed allorché questa è compiuta, lasciato raffreddare il materiale, si procede alla discarica del gesso attraverso le bocche  $b$  e  $b_1$ .

Nei dintorni di Parigi si usa una maniera analoga di disporre la pietra da gesso; questa viene ammonticchiata sopra una superficie rettangolare circondata da tre muri verticali (fig. 344) e ricoperta da una tettoia abbastanza sopraelevata per lasciare libero sfogo ai gas sprigionantesi durante la cottura.

Fra le tre pareti e nel senso normale alla parete centrale sono disposte le gallerie dei focolari, costruite a volta con piedritti, per i quali si può impiegare materiale gessoso ovvero refrattario. Sopra le volte

si carica il materiale da cuocere, disponendolo in ordine decrescente di grossezza nella maniera anzidescritta.

Una fornace pure molto usata è quella francese rappresentata nella fig. 345, avente l'interna capacità della forma di un solido di rivoluzione ad

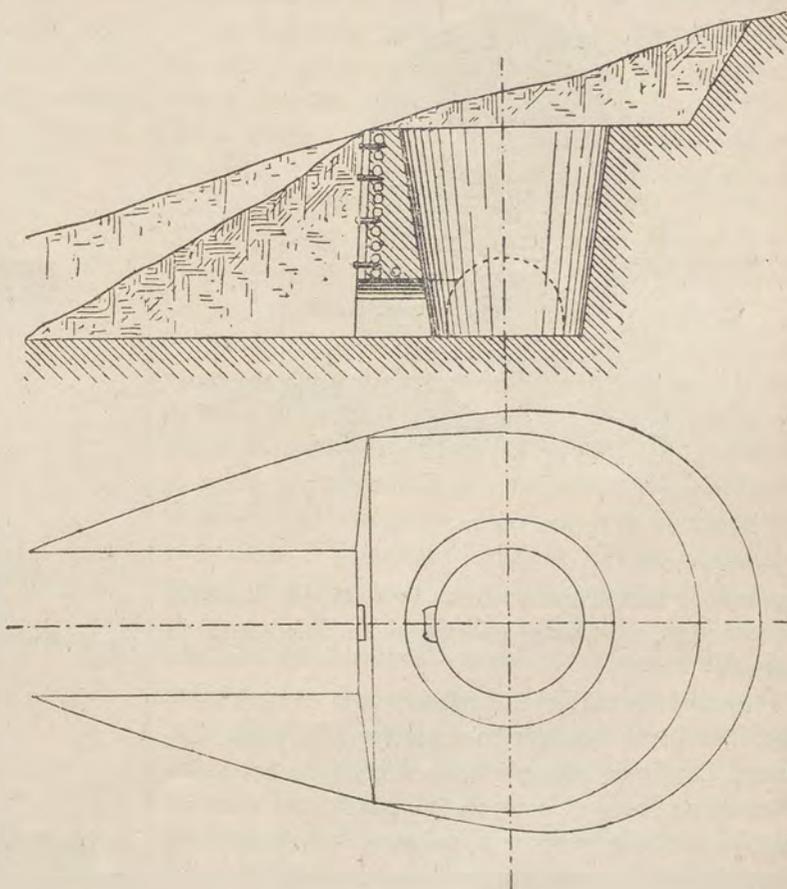


Fig. 342.

asse verticale, contenuto in un masso cilindrico di muratura di 5 m. di diametro, che finisce superiormente secondo un tronco di cono con diametro di 2,4 m. in sommità. La detta cavità è fornita di un cinerario  $c$  munito di bocca con porta di ferro e del focolare  $f$  munito di graticola avente la bocca con la relativa porta, soprastante a quella del cinerario; in alto, nel mezzo, una bocca  $b$ , del diam. di m. 0,80, serve per il caricamento del materiale da cuocersi e funziona da camino di richiamo durante la cottura, il cui tiraggio viene regolato dalle porte del cinerario e del focolare; mentre in basso al livello della volta a calotta sferica forata, che separa il focolare dalla cavità della fornace, una bocca  $b_1$ , praticata attraverso la parete esterna cilindrica in muratura,

serve per l'estrazione del gesso ad operazione compiuta. Il materiale da cuocersi si carica attraverso la bocca superiore *b* e si deposita sulla volta in ordine di grossezza; le fiamme del combustibile attra-

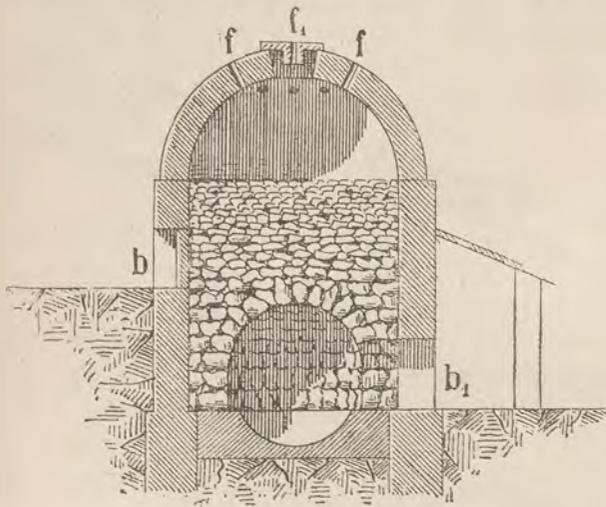


Fig. 343.

versando i fori di cui è munita la volta del focolare, invadono il materiale gessoso e ne effettuano la cottura.

Secondo le maniere anzidescritte la cottura delle pietre da gesso non avviene quasi mai in modo uniforme. Le pietre che più sono a contatto col fuoco si cuociono soverchiamente, al punto da rendersi inattive allorchè, ridotte in polvere, si bagnano con acqua; quelle situate più lontane riescono le meno attive, e soltanto le intermedie acquistano un giusto

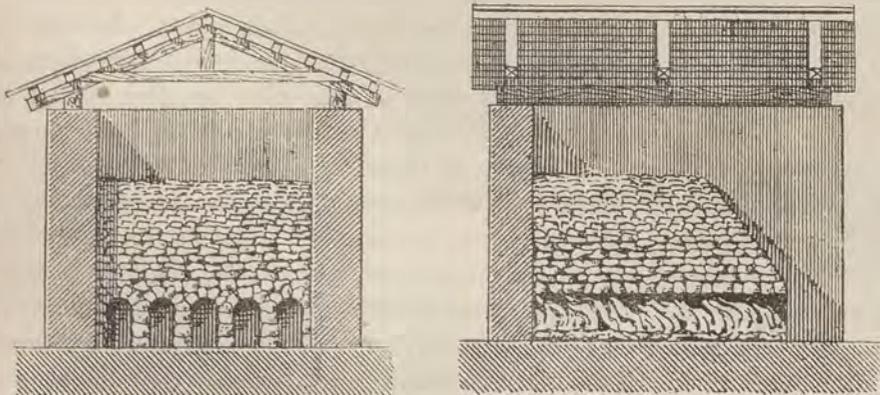


Fig. 344.

grado di cottura. Pur tuttavia i soprascritti sistemi primitivi di cuocere la pietra da gesso hanno una

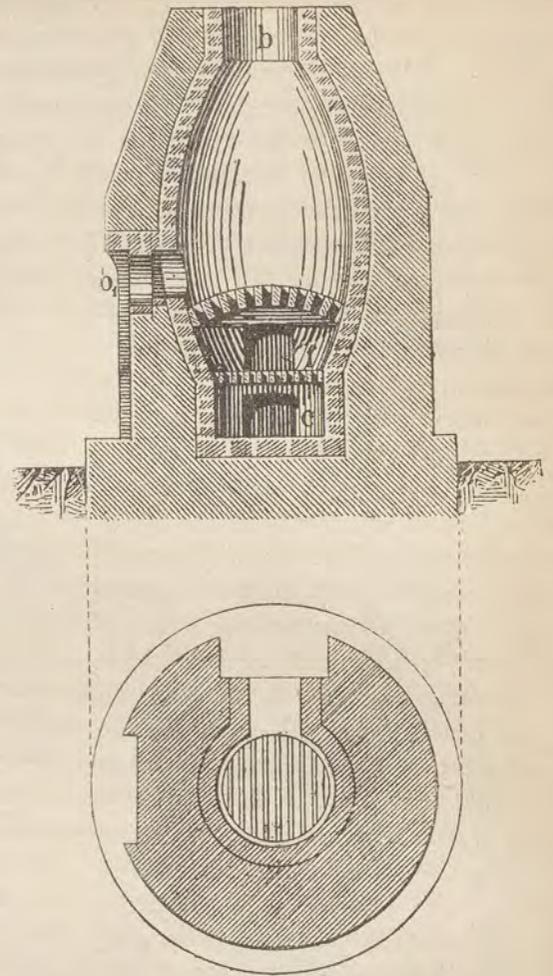


Fig. 345.

larga applicazione, non soltanto perchè le spese di impianto sono notevolmente piccole, ma bensì perchè il gesso che se ne produce, così come consta, di parti soverchiamente cotte, cioè, e di parti giusto cotte, miste a parti scarsamente cotte, riesce sempre di buona qualità, in quanto che le parti inerti, anzichè nuocere, giovano alla presa nella maniera identica come i grani di sabbia giovano all'a presa delle malte.

Scanegatty, volendo ottenere un gesso più uniformemente cotto, propose una fornace la quale si presta per la sua struttura ad un riscaldamento più

uniforme del materiale in essa esposto alla cottura. La cavità principale *C* di questo forno (fig. 346) è di

forma cilindrica, superiormente sormontata da una volta a calotta sferica, e racchiusa da una robusta struttura murale. Superiormente la calotta, nel suo mezzo, possiede un'ampia apertura di caricamento *c* ed otto feritoie *b* all'ingiro; queste 8 feritoie e l'altra *a* centrale, che presenta il coperchio di cui è provvista l'apertura di caricamento *c*, servono a regolare il tiraggio. Una apertura *d* praticata sulla parete della cavità al livello del suo pavimento, costituito da una volta provvista di 8 feritoie radiali,

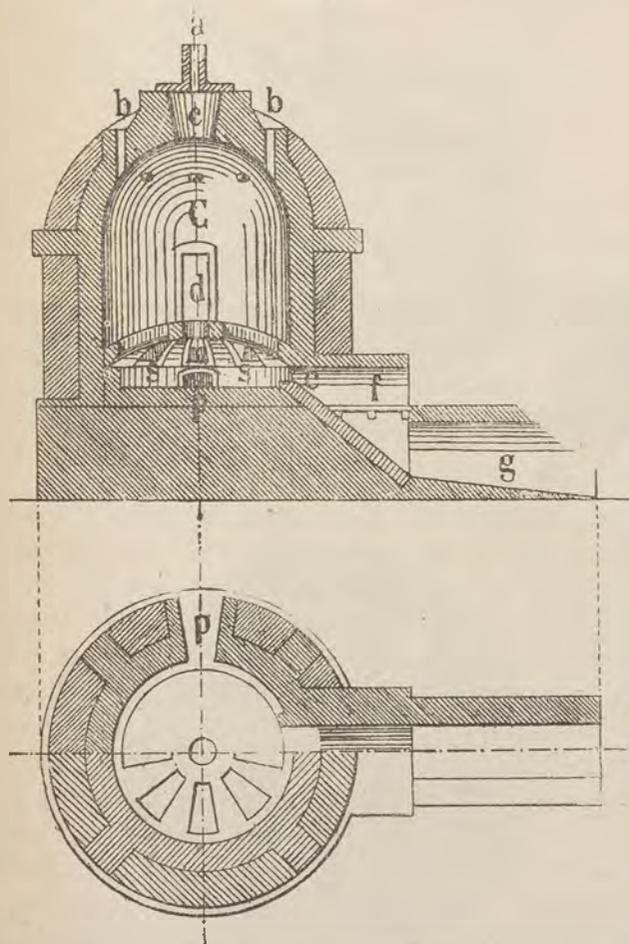


Fig. 346.

serve per iniziare il caricamento del materiale nuovo e compiere la scarica del gesso dopo la cottura, durante la quale, perciò, resta murata. La volta forata, che costituisce il pavimento della cavità della fornace, racchiude uno spazio *s* destinato a distribuire le fiamme che riceve, attraverso l'orificio *e*, da un contiguo focolare *f*, munito di graticola e di sottoposto cinerario, al quale si accede per una speciale galleria *g*. Anche lo spazio *s* destinato a regolare le fiamme è munito di una bocca *p*, provvista di spor-

tello, attraverso la quale si provvede allo sgombero ed alla pulizia del locale. Il caricamento e la cottura del materiale procede come negli altri forni, avendo cura di disporre il materiale sul volto in ordine decrescente di grossezza e di chiudere durante la cottura in tutto o in parte quelle delle 8 feritoie *b* che presentano un tiraggio maggiore, perchè le fiamme si distribuiscano uniformemente per tutta la massa del materiale da cuocersi; laonde in questa fornace non si possono impiegare altro che combustibili a lunga fiamma. Terminata la cottura e lasciato raffreddare il materiale cotto, si procede alla sua scarica aprendo la porta *d*.

Un forno che presenta maggior garanzia per l'uniformità di cottura delle pietre da gesso è certamente quello *Dumesnil*, rappresentato nella fig. 347. Consta questo forno di due cavità indipendenti, l'una inferiore più piccola *c* avente la forma di un tronco di cono rovescio, coperto da una volta a calotta sferica e destinato per il focolare provvisto di graticola, al quale il combustibile arriva attraverso il condotto *a*, mentre al sottoposto cinerario si perviene per la galleria *b* di opposta direzione; l'altra cavità più grande *C* costituisce il forno propriamente detto, è di forma cilindrica col suo asse sul prolungamento dell'asse del focolare e termina superiormente con una volta a calotta sferica munita nel suo mezzo di un camino di lamiera metallica e lateralmente di una grande apertura *m* per il caricamento del materiale. Nel sito, in cui la cavità tronco conica del focolare si unisce alla calotta sferica, sono disposti otto canali ad *S*, i quali immettono le fiamme in una camera *s* di muratura, di forma cilindrica, distributrice delle fiamme medesime, mediante altrettante feritoie verticali situate nelle pareti. Con tale disposizione le fiamme penetrano nel mezzo della massa di pietrame, destinato alla cottura, che si deposita nella cavità sul pavimento ed all'ingiro della camera *s*, in maniera tale che le pietre più grosse stiano più a contatto delle fiamme e le altre in ordine decrescente di grossezza, fino a riempire tutta la cavità *C* del forno. Il camino di richiamo è provvisto in alto di una valvola *v* di lamiera di ferro, in maniera che dal basso si possa regolare il tiraggio, ed allo scopo di evitare gli aumenti rapidi di pressione dei gas, tanto dannosi alla costruzione della fornace, la volta della cavità principale è munita di 8 feritoie *x* munite di valvole di sicurezza, che permettono la fuga dei gas, oltre un limite compatibile di pressione. Con

queste fornaci, impiegando combustibili a lunga fiamma, si realizza una economia di spesa di combustibile che può ascendere fino al 50 %, relativamente a quella necessaria per le fornaci con sistemi primitivi. Terminata la cottura, la scarica del materiale ha luogo a traverso la bocca *n*, situata al livello del pavimento della fornace *C*.

b) *Le fornaci ad azione continua.*

Le fornaci da calce a fuoco continuo possono essere utilizzate per la cottura del gesso. Va fatta eccezione soltanto per quei forni nei quali il materiale calcareo viene caricato a strati alternati con strati di combustibile, perchè con questi forni il prodotto riesce impuro. Le fornaci a focolari separati, con le bocche di scarico situate a corona orizzontale, sotto le bocche di immissione delle fiamme, sono perciò quelle indicate a tal uso. In queste il materiale crudo viene caricato dall'alto, e quello cotto estratto dal basso.

F. Hoffmann di Berlino nel 1883 ha immaginato un forno avente la forma di una lunga caldaia a vapore orizzontale, in cui il gesso a cuocersi è introdotto caricato sopra vagonetti scorrevoli, i quali si ritirano dalla estremità opposta della caldaia, allorchè la cottura è compiuta.

Seguendo un analogo principio Friquet e Gujant costruirono il forno da gesso ad azione continua rappresentato nella fig. 348 con la sua sezione longitudinale e la vista frontale. Questo forno si presta per la cottura del gesso in polvere o in frantumi. In esso i prodotti della combustione, provenienti dal focolare *f*, salgono per il condotto *c* inclinato, lambendo le pareti dei cilindri cavi *o* di ghisa scorrevoli sopra due guide *g*. In virtù del proprio peso questi cilindri pervengono in basso e fino all'estremità del condotto *a*, laddove, manovrando opportunamente le porte *p*, si possono estrarre ad uno ad uno, allorchè la cottura è compiuta. Ad ogni cilindro che si estrae, se ne aggiunge uno nuovo dalla parte superiore. Ciascun cilindro ha un coperchio mobile provvisto nel centro di un foro *x* per dare sfogo al vapore d'acqua che si sprigiona dal materiale crudo che vi si carica in ragione di  $\frac{1}{3}$  circa del proprio volume.

Un forno ad azione continua, utile soltanto per materiale gessoso in polvere, si può costruire con una caldaia cilindrica fissa orizzontalmente dentro un

forno a focolare ordinario. Se dentro il cilindro si fa girare una vite senza fine, messa in movimento a mano o meccanicamente, e se da una estremità si versa il gesso crudo in polvere, questo, spinto dalla vite, perviene all'altra estremità, dopo essere stato obbligato a cambiare continuamente la sua superfi-

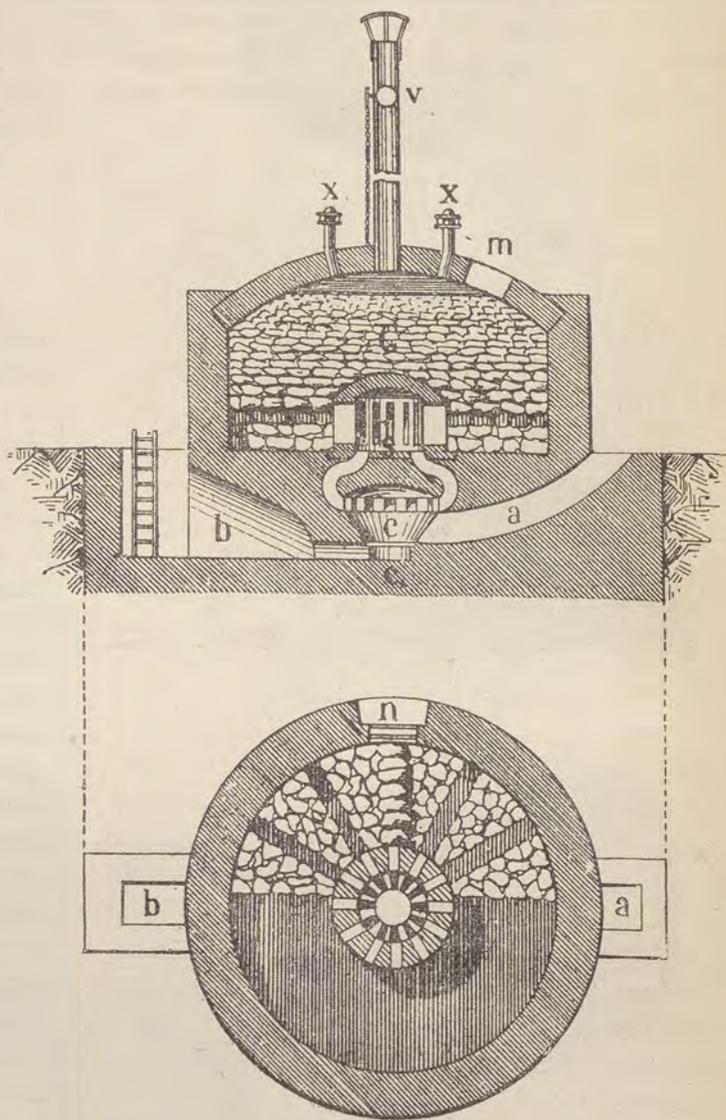


Fig. 347.

cie di contatto col cilindro della caldaia. Durante tale percorso il gesso si cuoce rapidamente e completamente, se il cilindro ha una conveniente lunghezza. Il vapore acqueo sprigionato si avvia dalla caldaia verso il camino di richiamo del focolare, unendosi ai prodotti della combustione.

Anche il vapore d'acqua soprariscaldato può essere impiegato per la cottura del gesso. H. Vio-

lette (1) ha proposto una fornace da gesso, nella quale il vapore di un generatore, riscaldato opportunamente alla temperatura di 200°, è sufficiente a cuocere la pietra da gesso. In essa l'acqua di cristallizzazione prende dal vapore soprariscaldato il calore sufficiente per evaporarsi, sprigionandosi, per

forno  $f_2$  che attraversa pure dall'alto al basso per risalire ed avviarsi per il tubo  $c_2$ , dove incontrando il robinetto 8 chiuso, per una valvola si scarica all'esterno o si avvia ad un motore, per utilizzarlo nel polverizzare il materiale cotto. Così mentre si cuoce la pietra nel forno  $f_1$ , si inizia la cottura nel forno

$f_2$ ; allorchè è compiuta la cottura del forno  $f_1$ , si scarica il gesso cotto di questa cavità per sostituirlo con materiale nuovo; intanto, mentre si compie tale caricamento, si completa la cottura nel forno  $f_2$  e si inizia nel forno  $f_3$ , riuscendo in tal modo continuo il funzionamento della fornace. Con un forno Violette si possono produrre fino a 100 mc. di gesso cotto ogni 24 ore, ed occorrono soltanto 6 ore per

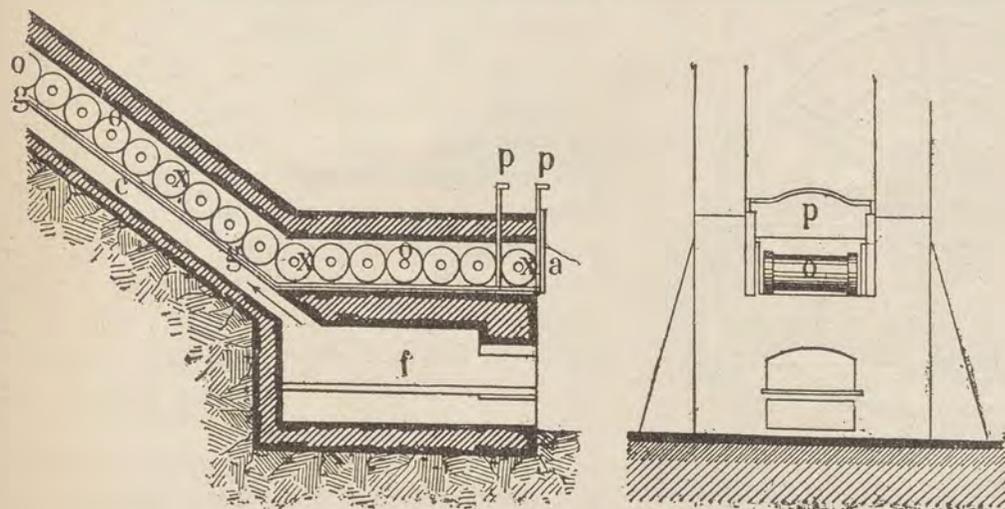


Fig. 348.

ridurre il gesso allo stato cotto.

Tale fornace consta di tre capacità ciascuna avente la forma di un solido di rivoluzione ad asse verticale (fig. 349), terminante superiormente con una bocca per potervi caricare il materiale crudo e con un'altra inferiormente per la discarica del gesso cotto. Il vapore generato da due caldaie  $C$  alla pressione di 2 atmosfere circa, viene riscaldato a 200° nei serpentini  $s$ , per poi penetrare, attraversando il tubo  $c$ , nei forni in maniera tale che, mentre in uno dei tre forni si opera il caricamento del materiale, in un altro si compie la cottura e nel terzo la si inizia. La distribuzione del vapore nei forni, in cui si effettua la cottura, si ottiene manovrando opportunamente i robinetti 1, 2, 3, 4, ... ecc. di cui è fornito il tubo distributore  $c$ . Nel caso della figura se si suppongono carichi i due forni  $f_1$  ed  $f_2$  ed in caricamento il forno  $f_3$  e si tengono aperti i robinetti da 1 a 7 e chiusi gli altri, il vapore penetra nel forno  $f_1$  per il robinetto 4, attraversa la massa di gesso crudo dall'alto al basso, operandone la cottura; per la forza espansiva che conserva, sale per il tubo  $t$  e si avvia per il tubo  $c_1$  e per il robinetto 6 arriva nel

compiere la cottura in ciascuna cavità.

Con questa pertanto non si è raggiunta una forte economia s'è perchè facilmente il vapore sfugge,

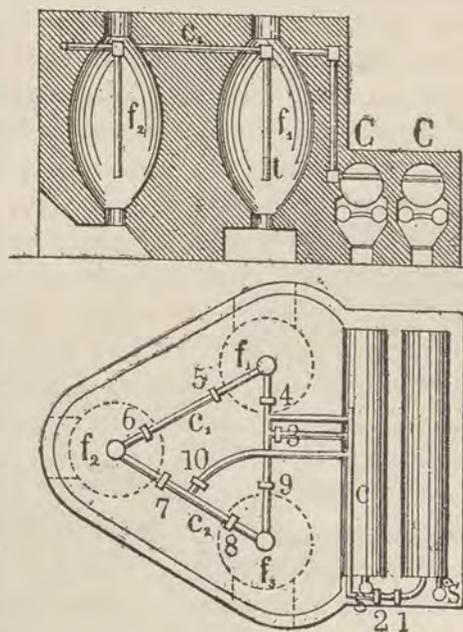


Fig. 349.

disperdendosi, sia perchè una notevole quantità, nell'atto in cui esso penetra nel forno, a contatto delle

(1) Mémoire sur la cuisson du plâtre par la vapeur d'eau surchauffée.

pietre fredde, si condensa. Per queste ragioni, a meno che non si adoperi il vapore ad una temperatura molto più elevata, le fornaci a vapore soprariscaldato fin'ora non hanno avuto una vasta applicazione.

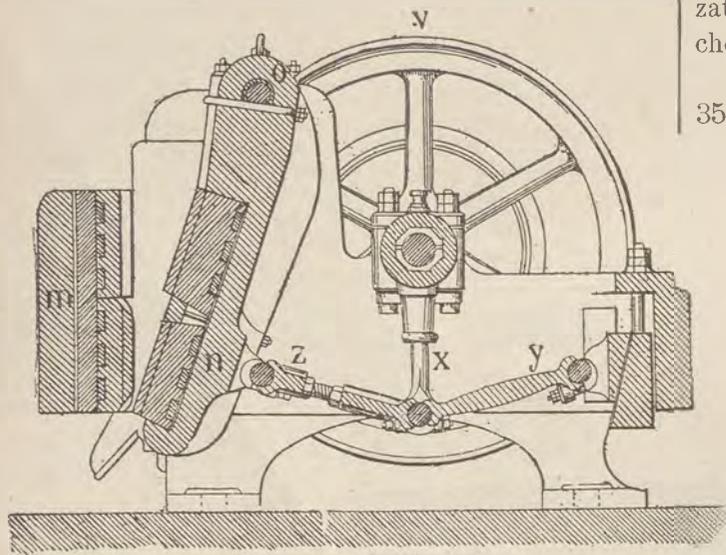


Fig. 350.

## § 12.

## LA POLVERIZZAZIONE E LA CONSERVAZIONE DEL GESSO.

Il gesso raffreddato e tolto dalla fornace viene ridotto, con speciali apparecchi, prima in frantumi, poi in polvere più o meno fina secondo l'uso al quale è destinato. Queste operazioni si compiono per mezzo dei trituratori stessi che si impiegano per frantumare le pietre e le terre compatte. Un apparecchio molto in uso è lo *spaccapietre Blahe* (fig. 350) consistente principalmente in due ganasce poderose di ghisa, formanti un angolo a guisa di tramoggia, l'una *m* fissa, l'altra *n* mobile, intorno l'asse *o*, di maniera che rapidamente si allontana e si avvicina alla ganascia fissa *m*, per effetto del sistema di bielle *x*, *y*, *z* articolate e collegate con l'asse del volano *v*.

In alcuni apparecchi sono due cilindri di ghisa disposti parallelamente col loro asse orizzontale e situati ad una distanza corrispondente alla grossezza che si vuol dare al materiale triturato, come nelle macchine descritte per stritolare e cilindrare le argille per la fabbricazione dei laterizi (fig. 309, 312, 314); in altri sono due molazze verticali (fig. 351), portate da un asse oriz-

zontale fisso all'asse verticale motore, che li obbliga a girare dentro un truogolo di ghisa, nel quale si carica la materia da polverizzare.

Gli stessi mulini, orizzontali che si impiegano per la macinazione dei cereali, possono essere utilizzati per la triturazione del gesso, ma gli apparecchi che hanno una maggiore applicazione sono:

a) il *disintegratore universale* di Carr (figura 352), costituito da due dischi *c* di metallo fissi verticalmente ciascuno ad un asse orizzontale indipendente, portanti ciascuno due corone di pioli di acciaio *p* disposte secondo circonferenze di raggio differente, in maniera che girando i due dischi rapidamente in senso inverso, il materiale introdotto per l'apertura *a*, che porta uno dei due dischi, è obbligato a rimbalzare fra i pioli per ridursi in frantumi più o meno grossi, secondo che le serie di pioli passano ad una distanza più o meno grande l'una dall'altra;

b) il *disintegratore* di Vapart (fig. 353), costruito sul principio della frantumazione della materia, allorchè questa viene violentemente lanciata per l'azione di una forza centrifuga; contro un corpo fisso duro, costituito in questo caso dai cerchioni dentati *a*, *a*<sub>1</sub> *a*<sub>2</sub> di ghisa, situati dentro una cassa cilindrica chiusa. Il materiale penetra per la tramoggia *t* e cadendo sul centro di un primo disco *b*, fisso all'asse motore *x*, assoggettato

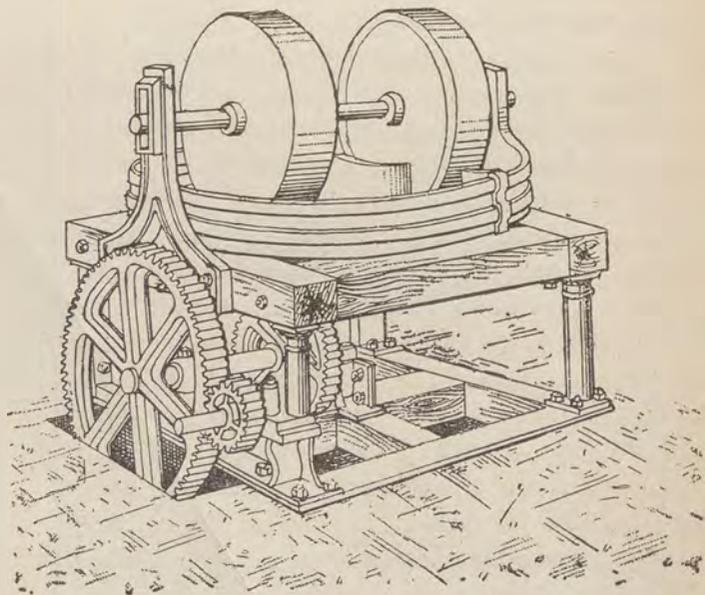


Fig. 351.

a un rapido movimento di rotazione, viene lanciato contro il cerchione *a*, riducendosi in pezzi per

cadere, direttovi dall'imbuto  $i$ , sul centro di un secondo disco  $b_1$  dal quale viene nuovamente lanciato

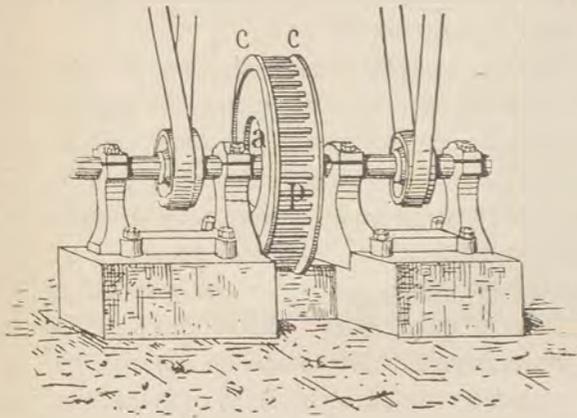


Fig. 352.

contro il disco  $a_1$  per ridursi in granelli più fini. ed in polvere, finalmente, dietro avere subito un terzo analogo movimento per effetto al disco  $b_2$ , il quale poi per mezzo delle palette  $n$  lo spinge per cadere attraverso l'apertura  $y$  della cassa. Il prodotto frantumato in granelli di diversa grossezza, chiamato propriamente *gesso di cesta*, viene abburattato e la polvere che se ne ottiene costituisce il *gesso fino* del commercio. I residui, noti col nome di *moschette*, sono impiegati nelle malte, mentre la polvere di gesso, formata di granelli più minuti di quelli vagliati, costituita dal pulviscolo che si deposita nelle pareti o negli strumenti, si chiama *fior di gesso*.

Il gesso cotto, specialmente ridotto in polvere, possiede una grande avidità per l'acqua, per cui esposto all'aria si idrata lentamente; occorre perciò impiegarlo subito che viene polverizzato, ovvero conservarlo chiuso entro botti aventi la parete interna ricoperta di carta, allora quando si deve spedire a grandi distanze. Nelle fabbriche si conserva il gesso depositandolo in grandi mucchi di forma conica, sopra un suolo perfettamente asciutto; sulla superficie di questi mucchi si spruzza dell'acqua sufficiente per formare uno strato duro di 3 a 5 cm. di spessore sufficiente per difendere il gesso sottostante dall'umidità dell'aria.

§ 13.

L'IMPIEGO DEL GESSO.

Impastato con acqua il gesso ne assorbe un volume quasi eguale a quello che ha perduto per effetto

diella cottura, aumentando l'1,8% di volume all'atto in cui fa presa e rigonfiando dell'1%, ancora, tra-

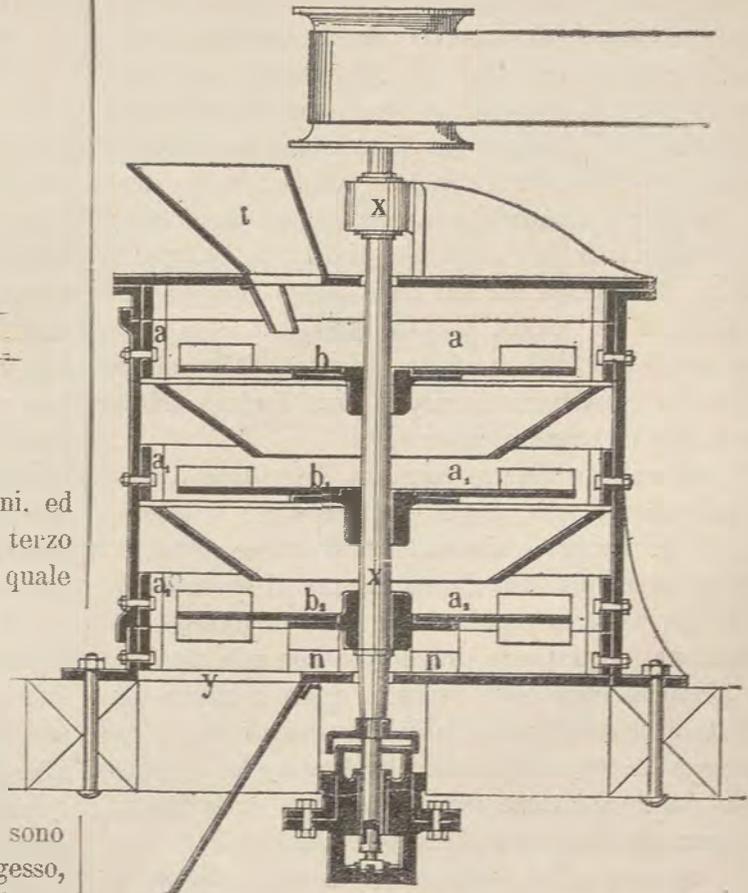


Fig. 353.

scorse 24 ore dalla presa; raggiunge la coesione massima dopo circa 30 giorni.

Nel seguente specchietto è indicata la resistenza che offre la malta indurita di gesso. (Risultati di esperienze).

	Resistenza allo schiacciamento per cmq.	Resist. alla trazione per cmq.	Resistenza allo scorrimento per cmq.
Malta di gesso ordinario spento con acqua . . . . . kg.	42 a 50	4	21
Malta di gesso ordinario con poca acqua . . . . . »	50	11.7	53
Malta di gesso ordinario spento con latte di calce . . . . . »	72.5	—	—
Gesso da cesta impastato molto duro . . . . . »	—	9.8	—
Gesso vagliato impastato meno duro . . . . . »	—	7	—
Gesso da cesta impastato sciolto per intonachi . . . . . »	—	4.9	—
Gesso da cesta impastato con sabbia . . . . . »	40.5	4.	—
Gesso impastato con sabbia e ciottoli . . . . . »	64.3	—	—

Gli usi e le applicazioni del gesso nell'arte del costruire e in quella del formatore sono svariatissime e fino a che non si divulgò l'uso delle calci idrau-

liche e dei cementi, il gesso fu sempre impiegato laddove si richiedeva una rapida presa. Sin da tempi remoti la *malta di gesso* fu impiegata nelle costruzioni; ne fanno fede tuttavia alcuni monumenti egiziani e romani ed altri del XV secolo, nei quali questa malta si presenta in buono stato e resistente. All'infuori della rapida presa però essa non gode di alcuna proprietà idraulica; fuori acqua aderisce bene con le pietre naturali, coi laterizi, col ferro ed in generale con tutti i corpi che presentano superficie ruvida. Si impiega nei siti dove riesce riparata dall'umidità e dai calori troppo intensi, poichè sotto l'azione dell'umidità si sfalda riducendosi in polvere inerte ed egualmente si riduce sotto l'azione del calore, perchè torna a disidratarsi.

Le malte ordinarie constano di gesso impastato semplicemente con acqua nel rapporto di volumi eguali. Se l'acqua è in eccedenza si ottiene una malta che fa presa più lenta, e se l'acqua vi è scarsa, la malta fa presa si rapida da riuscire di difficile applicazione, acquistando presto una notevole durezza.

Non di rado nelle malte il gesso si unisce alla calce, ai cementi, alla sabbia, ai ciottoli, ecc., per formare le così dette *malte bastarde*, che si impiegano per le strutture murali su vasta scala nei siti prossimi ai giacimenti della pietra da gesso.

A Parigi p. es. sono molto in uso i *mattoni di gesso* per la costruzione dei tramezzi interni, divisori delle stanze; hanno questi mattoni le dimensioni di cm. 35 × 40 per cm. 8 di spessore e sono costruiti con un impasto di gesso e calce, e si mettono in opera col dorso per la formazione di muri leggieri e sottili.

Unendo al gesso, impastato con acqua, sabbia e coccio o ciottoli minuti si ottiene una specie di calcestruzzo, col quale si possono fabbricare pietre artificiali da costruzione.

I medesimi monoliti si possono avere unendo al gesso la calce e l'allume. L'allume dà alla malta di gesso la proprietà di raggiungere una considerevole durezza, allorchè ha fatto presa. Secondo il processo di Pouware, immergendo per la durata di un mese, in una soluzione di allume e acqua nel rapporto di 1:12 ed alla temperatura di 15°, un oggetto formato di gesso ordinario, questo acquista una durezza tale da non lasciarsi facilmente scalfire. Soltanto l'umidità lo deteriora, sciogliendolo. I medesimi risultati si ottengono facendo cuocere in una ordinaria fornace un miscuglio composto di 97 p. di pie-

tra naturale da gesso con 3 p. di allume, il *gesso alluminato*, che si ottiene, è a presa lenta, ma raggiunge una durezza finale 15 volte maggiore di quella del gesso ordinario.

Unendo al gesso una soluzione di *colla forte* o di *gelatina*, si costituisce una malta dotata di lenta presa, ma di durezza finale considerevole, oltre a un bell'aspetto analogo a quello dei marmi, dei porfidi, ecc. se alla colla si uniscono in soluzione le sostanze coloranti (minio, indaco, giallo di cromo, nero fumo, rosso inglese, ecc.) più opportune per ottenere l'imitazione di quel marmo che si desidera. Con questo procedimento si fabbricano gli *stucchi*, che si applicano nelle pareti interne delle costruzioni signorili, delle chiese, dei teatri, ecc. Gli stucchi presentano il difetto di lasciarsi deperire per effetto di intensa umidità; nei locali asciutti si prestano per ricavare pareti lucide e levigate imitanti i marmi e le altre pietre decorative.

La preparazione degli stucchi lucidi si fa rinzaffando, da principio, le pareti con uno strato di malta composta di gesso di buona qualità spento in una soluzione acquosa di colla; sopra di questo strato, allorchè è ben secco, si stende uno strato di gesso finissimo e di prima qualità, impastato con una soluzione concentrata di colla forte.

In breve questo strato diventa duro come una pietra, ed allora si conguaglia nelle screpolature e nei pori con una malta identica e quindi si leviga con la pietra pomice, e se ne lucida la superficie con un tampone di tela imbevuto di una sostanza grassa (olio di lino o di olivo).

Il gesso può raggiungere una considerevole durezza seguendo altri processi. Così spalmando sopra la superficie di oggetti modellati con gesso ordinario una soluzione di vetro solubile (silicato di potassa) non molto concentrata, si ottiene per effetto un indurimento della superficie degli oggetti così trattati. La soluzione vetrosa, impiegata nella *silicatizzazione del gesso*, è così composta:

Polvere di quarzo 15, Potassa 10, Carbone di legna 1 che si fanno fondere insieme, ovvero

Potassa caustica 1, Acqua 5, Latte esente di burro 9,6, alla quale si aggiunge una soluzione di vetro solubile nel rapporto di  $\frac{1}{4}$  della soluzione precedente. Gli oggetti così trattati si finiscono col pulirli, lavorandoli con acqua di calce.

Impregnando il gesso ordinario di una soluzione composta di Borace 1, Cremortartaro 1, Acqua 18,

ovvero con Borace 1, Acqua 9, facendolo asciugare e cuocere per 6 ore al color rosso scuro, si può dare al gesso una durezza notevole. Con questo procedimento si fabbricano i noti *cementi di Paro*.

Anche immergendo in un bagno di stearina fusa gli oggetti modellati di gesso, gli si dà un grado di durezza maggiore di quella che il gesso possiede ed un bell'aspetto che richiama da vicino quello dell'alabastro calcareo. La stearina fusa penetra nei pori del gesso e ne rende la superficie morbida e di facile pulimento.

Nel commercio si vendono statue, busti ed oggetti ornamentali, anche di lusso che hanno l'ap-

parenza del marmo, ma che semplicemente sono fabbricati con gesso alla stearina.

Nell'arte del formatore, che ha per iscopo la riproduzione in gesso degli oggetti artistici antichi e moderni, si impiega il gesso preparato con le pietre più pure, che nel commercio è conosciuto col nome di *scagliola*. Oltre per la purezza, la scagliola si distingue dal gesso di costruzione per essere di colore molto bianco ed in polvere sottilissima. Impastata con acqua la scagliola fa presa rapida e rigonfia molto; questo aumento di volume giova al formatore, perchè così il gesso occupa tutte le piccole cavità della forma.

## CAPITOLO IV.

### LE SABBIE, LE MALTE ED IL CALCESTRUZZO

#### § 1. LE SABBIE.

I detriti provenienti dal disfacimento delle rocce naturali, per effetto delle azioni distruttrici dell'aria, dell'acqua e del gelo, nonchè della vegetazione e per opera della mano dell'uomo, possono avere dimensioni diverse. I più grossi ordinariamente comprendono i *sassi*, ed i *ciottoli*, allora quando i sassi, sbattuti e travolti da correnti impetuose d'acqua, come avviene nel corso dei fiumi e dei torrenti, si logorano e si arrotondano. I mezzani, assoggettati egualmente all'azione delle correnti acquee, si riducono in *ciottoli* e in *ghiaia*, ed i più piccoli, provenienti in massima parte dal logorio e dal consumo dei ciottoli e della ghiaia, costituiscono quegli ammassi che comunemente si depositano nel letto dei fiumi, o sulle spiagge del mare, composti di particelle pietrose, disgiunte, di natura per lo più diversa, che prendono il nome di *sabbie*.

Dal sito dove si rinvencono le sabbie si dicono *fluviali*, *marine* e *fossili*, *morte* o *di cava*, secondo che sono cavate dal letto dei fiumi, dalle spiagge del mare o da depositi terrestri di antica formazione.

Le sabbie possono differire per la chimica composizione ovvero per la loro costituzione fisica. Esse prendono il nome di *sabbie calcaree*, *silicee*, *argillose*, ecc., secondo che provengono dal disfacimento di pietre calcari, silicee, argillose, ecc. od almeno vi predomina l'elemento calcareo, siliceo, argilloso, ecc., poichè difficilmente in natura si trovano le sabbie composte di un solo elemento costitutivo. Di queste sabbie quelle che meno si addicono alla confezione

delle malte sono le sabbie argillose, perchè friabili e poco resistenti; le sabbie calcaree sono adatte allora quando constano di grani abbastanza duri; le sabbie silicee, senza dubbio, riescono le migliori per la formazione di una buona malta, contribuendo con la durezza e la tenacità dei loro granelli alla resistenza della medesima.

Relativamente alle dimensioni dei grani la sabbia si distingue in tre categorie: *le arene*, *la sabbia comune* e *la sabbia fine*.

Le arene hanno i grani più grossi ed angolosi; la sabbia comune ha i grani di media grossezza ed arrotondati, la sabbia fine consta di grani piccolissimi parimenti arrotondati. Di queste tre categorie nella confezione delle malte danno migliori risultati quelle a grani grossi e quelle a grani medie, cioè le arene e le sabbie comuni; le sabbie fini sono le meno pure e danno malte molto secche, che poco aderiscono alle pietre. Generalmente però le sabbie non si presentano di una grossezza uniforme, a meno che non si facciano passare attraverso stacci di opportuna grossezza di maglie; le sabbie risultanti di elementi di grossezza differente, come sono per lo più le sabbie marine, danno risultati più soddisfacenti. Ed egualmente si comportano le sabbie quanto più i grani che le costituiscono, sono angolosi e meno arrotondati, allorchè maggiore riesce la superficie dei granelli, epperò più grande l'affinità col materiale cementante; quindi la coesione finale delle malte riesce tanto maggiore quanto più le sabbie sono a granelli irregolari.

Le sabbie più pure per lo più sono appartenenti

ad una medesima categoria, hanno i grani sciolti e piuttosto irregolari ed esenti di materie terrose; esse si riconoscono se, maneggiandole, non imbrattano le mani, se deposte in un vaso con acqua, non la intorbidano. Le sabbie marine presentano questi caratteri, però riescono cariche di sali, i quali, per la loro natura deliquescente, producono efflorescenze poco gradite sulle pareti dei muri fuori terra nei quali le sabbie sono state impiegate. È buona regola perciò sottoporre a lavatura tanto le sabbie impure, quanto le marine, pria di confezionare le malte; lavandole, l'acqua porta via in sospensione i grani di terra delle sabbie impure e scioglie i sali delle sabbie marine, rendendole pure.

A parità di volume le sabbie umide sono meno pesanti delle sabbie secche, specialmente se l'acqua vi si trova nel rapporto del 2 al 5%, col quale effettivamente essa aumenta il volume tra i granelli della sabbia. Per dosare le sabbie che devono entrare a comporre le malte è necessario perciò conoscere il grado della loro umidità; alle sabbie umide non corrispondono le dosi che in via ordinaria quasi sempre si stabiliscono per le sabbie secche, giova talvolta battere tali sabbie e comprimerle in giusta misura, finchè il loro peso riesca a parità di volume eguale a quello delle sabbie secche.

L'ufficio delle sabbie nella composizione delle malte non è perfettamente comprovato. Sembra ai più che i granelli di sabbia provochino con la calce un'azione chimica, la quale porterebbe come effetto una maggior coesione nella malta. Questa opinione è avvalorata dal fatto che attorno ai granelli di sabbia, che già è stata impiegata nella malta, facilmente si scorge un involucro di calce, costituito da una sottile pellicola di cui ogni granello rimane avvolto staccandolo dalla malta, avente una durezza maggiore di quella che la calce medesima presenta negli altri punti. È opinione di altri che le sabbie si mantengano puramente inerti in confezione con la calce, e che esse sono poste per diminuire il costo delle calcine o per impedire un notevole restringimento delle medesime, allora quando si disseccano, o al più per aumentare la porosità e favorire l'assorbimento dell'anidride carbonica che determina la presa con la ricomposizione del carbonato calcareo. Ma in tali casi, allora, dovrebbe essere indifferente adoperare una sabbia sicileia o una argillosa, ovvero sostituire addirittura alla sabbia un'altra sostanza, ciò che effettivamente viene smentito dalla esperienza.

Nella seguente tabella si hanno alcuni dati utili, corrispondenti per sabbie naturali silicee senza co-stipamento (1).

	Passa attraverso il crivello avente maglie per cm <sup>2</sup> .	Stato secco		Stato umido peso di 1 litro
		peso di 1 litro	volume dei vuoti	
Sabbia finissima . . .	324	1.230	0.526	926
» fina. . . . .	121	1.300	0.497	996
» media. . . . .	56	1.418	0.455	1.170
» grossa . . . . .	20	1.450	0.439	1.315
Ghiaietta fina . . . . .	4	1.500	0.422	1.395
Ghiaietta. . . . .	1	1.535	0.390	1.549

## § 2.

### LE GENERALITÀ SULLE MALTE.

I materiali cementizi non possono impiegarsi nelle costruzioni senza essere bagnati preventivamente con acqua. Talvolta si impiega un solo materiale, spesso però sono due o più di due i materiali che si uniscono e si impastano insieme con acqua per costituire quelle sostanze pastose, che hanno la proprietà di indurire e di aderire ai materiali da costruzione, le quali prendono il nome di *malte*.

Si dicono *malte semplici* quelle che, oltre l'acqua necessaria per l'impasto, sono costituite di un solo materiale (cemento, gesso, ecc.); *malte composte* sono quelle che constano di due o più materiali (calce, cemento, gesso con sabbia, pozzolana), oltre l'acqua. Di queste si dicono *malte comuni* o *malte aeree* quelle formate solamente con calce e sabbia, le quali fanno presa soltanto in costruzioni esperte all'aria; *malte idrauliche* quelle altre composte con calce e pozzolane o con cementi e sabbia, le quali fanno presa tanto nell'aria che sott'acqua; *malte bastarde* quelle composte con malte comuni o idrauliche e gesso o terre grasse. Le malte idrauliche a rapida presa si dicono più propriamente *malte cementizie*.

La buona riuscita delle malte dipende generalmente dalla buona qualità degli ingredienti, dalla loro giusta proporzione e dalla perfetta manipolazione dei medesimi.

Come per la estinzione delle calce anche per la

(1) VACCHELLI. *Le costruzioni in calcestruzzo ed in cemento armato.*

confezione delle malte sono da preferirsi le acque più limpide e pure, perciò le acque potabili, quelle dei laghi, dei fiumi, ecc. L'acqua del mare, in lavori fuori terra, va generalmente proscritta, perchè dà effluorescenze; tutte le acque salse, le selenitose e le magnesiache producono malte di scadente qualità e ne ritardano la presa.

La quantità di acqua, occorrente per l'impasto di una malta non si determina che con la pratica, conviene che essa sia giusta per rendere la malta piuttosto soda e consistente; le malte molto diluite fanno presa tardi e si disseccano sensibilmente, lasciando dei vuoti, che ne diminuiscono la saldezza. Tal pratica riesce poi necessaria, se le malte sono idrauliche; l'eccesso di acqua in queste malte ne provoca la presa senza dar il tempo necessario per metterle in opera.

Gli ingredienti, che entrano a far parte delle malte, si dosano in *parti* che si riferiscono ordinariamente al volume, raramente al peso. Per una parte di calce e due di sabbia si intende un volume di calce e due di sabbia.

La proporzione della sabbia o pozzolana e della calce o cemento è variabile secondo la natura del manufatto che si vuole erigere e la resistenza che in esso si richiede. Gli ingredienti si dosano in maniera da produrre il tipo di malta più economico e più corrispondente alla resistenza desiderata.

Generalmente però le malte si preparano con eccesso di resistenza, proporzionando la calce alla sabbia o pozzolana in maniera che essa occupi tutti gli spazi esistenti fra i granelli, avviluppando i granelli medesimi. Le malte così composte prendono il nome di *malte piene*. Praticamente gli operai ritengono giusta e corrispondente ad una malta piena ben fatta, quella quantità di calce che, durante la manipolazione, si rende necessaria per far sparire tutti i granelli di sabbia, avviluppandoli, rendendo di uniforme colore la malta.

La quantità di calce necessaria per dare una malta piena si può determinare col seguente esperimento. Si riempie un recipiente di capacità conosciuta con sabbia e quindi vi si versa dell'acqua fino a che questa non giunga al livello della superficie della sabbia preventivamente spianata. Il volume dell'acqua impiegata ci indica il volume della calce corrispondente a quel dato volume di sabbia.

L'esperienza della pratica però è quella che quasi sempre regola le dosi degli ingredienti, tenendo

presente che si ottengono malte aeree, accoppiando la calce con la sabbia, malte idrauliche, unendo calce grassa e pozzolana, ovvero calce leggermente idraulica e pozzolana o calce eminentemente idraulica e sabbia. Fatti perciò diversi saggi, si osserva come questi si comportano sia rispetto alla durata della presa, sia rispetto la resistenza che essi acquistano col variare del tempo.

Le malte comuni o aeree, esposte all'aria, si disseccano e si induriscono dopo breve tempo. Concorrono alla presa delle malte comuni il loro disseccamento dovuto alla naturale evaporazione dell'acqua e l'assorbimento dell'acido carbonico dell'aria che converte nuovamente in carbonato l'idrato di calce. Nè, come si disse, estranea è alla presa la qualità delle sabbie. L'esperienza dimostra che la presa si manifesta da principio col disseccamento, e che lentamente si propaga dalla superficie esterna verso l'interno. Quanto più è grande lo spessore delle strutture murali, tanto maggiore è il tempo impiegato, perchè la presa si possa estendere dall'esterno verso l'interno, poichè altrettanto preclusa all'acido carbonico è la via per penetrare nell'interno della massa murale. Si hanno esempi di malte non completamente consolidate dopo secoli che sono state impiegate e mantenute in determinate condizioni di isolamento. L'Alberti ha trovato allo stato pastoso la malta di una fondazione costruita 500 anni prima.

Le malte idrauliche, che si impiegano sott'acqua, devono la loro presa a una causa diversa di quella delle malte aeree. Quivi l'idrato di calce ed il silicato di allumina in presenza dell'acqua si combinano e la formazione di silicato ed alluminato di calce idrato ne determina la presa.

Per le malte idrauliche, che si impiegano nell'aria la presa ha luogo per il doppio fatto della ricostituzione del carbonato di calce dovuto all'azione dell'acido carbonico dell'aria e della formazione del silicato ed alluminato di calce alla presenza dell'acqua stessa contenuta nelle malte.

Nelle costruzioni le malte possono essere assoggettate a sforzi di trazione ed a sforzi di compressione. Gli sforzi di trazione si devono allo scorrimento fra i giunti ovvero al distacco normale di due piani di giunto. L'esperienza ha dimostrato che una malta comune ben composta resiste a Kg. 0,700 per cm<sup>2</sup> allo scorrimento, da 1 a 2 Kg. per cm<sup>2</sup> alla trazione per distacco normale di due giunti.

Nella seguente tabella che togliamo dal libro

del Molinari (*Calci, cementi, ecc.*) sono indicate le resistenze allo schiacciamento di diverse qualità di malte:

Malte	Peso specifico	Resistenza allo schiacciamento in Kg. per cm <sup>2</sup>	
		di 18 mesi	di 16 anni ed anter.
Malta di calce e sabbia di fiume . . .	1.63	30.7	—
Malta di calce e sabbia ( <i>battuta</i> ) . . .	1.89	41.2	47.0
Malta di calce e sabbia fossile . . .	1.59	40.7	—
» » » ( <i>battuta</i> ) . . .	1.90	56.2	—
Malta di calce e polvere di coccio . . .	1.46	47.6	—
» » » ( <i>battuta</i> ) . . .	1.66	65.3	81.4
Malta di calce e pozzolane di Roma . . .	1.32	34.4	—
» » » ( <i>battuta</i> ) . . .	1.44	44.9	51.2
Pavimento batt. di calce e lapillo di Napoli	1.09	47.2	56.4
Intonaco di un'antica conserva ( <i>Roma</i> ) . .	1.55	—	76.1
Calcinaccio di un antico muro ( <i>Roma</i> ) . .	1.41	—	70.8
Cemento ordinario di gesso . . .	1.23	49.6	—
Malta di calce ordinaria e sabbia grossa di 14 anni . . .	—	—	19.0
Malta di calce idraulica ordinaria . . .	—	—	74.0
» » » eminentemente idraulica . . .	—	—	144.0
» » » eminentemente idraulica di Palazzolo dopo mesi 2½ . . .	—	39.42-48.07	—
Malta di calce eminentemente idraulica dopo mesi 3½ . . .	—	38.75-67.62	—
Malta di calce eminentemente idraulica dopo mesi 5 . . .	—	53.79-75.34	—
Malta di calce eminentemente idraulica dopo mesi 7 . . .	—	72.13	—

Come carico di sicurezza in pratica conviene assumere Kg. 3 a 5 per cm<sup>2</sup> per le malte comuni sottoposte a compressione; Kg. 5 a 8 per cm<sup>2</sup> per le malte idrauliche; se le malte sono cementizie tal limite si può spingere ai 12 e talvolta fino ai 15 Kg. per cm<sup>2</sup>.

§ 3.

LE MALTE SEMPLICI.

Queste malte si compongono di un solo materiale, oltre l'acqua necessaria per averle in pasta. Il gesso si presta per formare da solo una malta semplice, la quale ha la proprietà di far rapida presa e di aderire ai materiali da costruzione. Questa malta si impiega nei siti asciutti e non esposti a tempe-

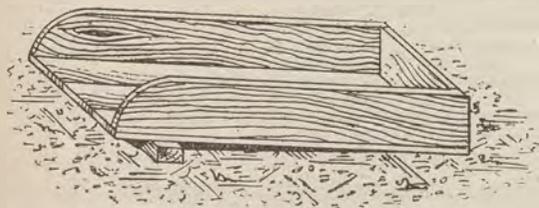


Fig. 354.

rature elevate. I *cementi* in polvere, bagnati con acqua sufficiente, si impiegano da soli come malta.

MISURACA. — La tecnica del fabbricare.

Tale malta fa presa rapida e si impiega tanto nei siti asciutti, quanto in quelli sott'acqua. Le malte semplici di gesso o di cemento si preparano a piccole dosi, perchè si abbia il tempo di impiegarle, pria che si determini la loro presa. In un *giornello* o *mastello* da malta (fig. 354) si mette dell'acqua e quindi il gesso e il cemento in polvere, spandendolo uniformemente ed impastandolo speditamente con la cazzuola (fig. 355) per applicarlo subito. Conviene che la cazzuola sia di rame, per il gesso, mentre può essere quella comune in ferro per il cemento. L'*argilla* ridotta in pasta per mezzo dell'acqua, si presta per farne una malta semplice. Essa ha la proprietà di indurire come pietra, allorchè si asciuga; ha però il difetto di lasciarsi sciogliere dall'acqua, anche quando è secca. Per costruzioni rurali e per quelle di carattere provvisorio, la malta di argilla riesce economica e conveniente, se si ha cura di impiegarla al riparo delle piogge e non a contatto del suolo.

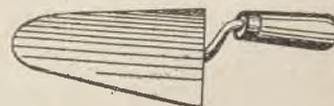


Fig. 355

In Piemonte (Alessandria) si ha l'abitudine di eseguire con malta di argilla alcune delle costruzioni rurali. In Sardegna si fabbricano interi villaggi, facendo uso di questa malta, per la quale conviene che l'argilla non sia estremamente pura; le argille grasse si disseccano troppo e irregolarmente, screpolandosi. Si correggono perciò le argille, quando sono troppo grasse, coll'aggiunta di sabbia.

La manipolazione della malta di argilla si fa sull'aia, disponendovi l'argilla secondo uno strato dello spessore di m. 0,10, battendovela finchè non si sia ridotta in pasta omogenea, dopo di che si aggiunge la sabbia e l'acqua sufficiente per farne un miscuglio perfetto e consistente, facendo uso della pala di ferro per rivoltarla e manipolarla. Si impiegano le malte di argilla subito che sono preparate, perchè facilmente si asciugano. Dovendole conservare per qualche tempo, conviene accatastarle e batterle per non lasciare dei vuoti, dopo di che si coprono con paglia o altro materiale capace di impedire il loro prosciugamento.

§ 4.

LE MALTE COMUNI.

Le calci grasse si uniscono alle sabbie per for-

mare le malte comuni o aeree nel rapporto di 1 di calce e 3 di sabbia, se la calce è misurata in pietra. ovvero calce spenta 1 e sabbia 2; si ottiene una malta bastantemente grassa impiegando 2 di calce spenta e 3 di sabbia. L'acqua, necessaria per dare una malta giustamente vischiosa, ha un volume circa eguale a quello della calce. Le sabbie più indicate sono quelle a grana grossa; soltanto per gli intonaci sono convenienti le sabbie a grana fina.

L'impasto delle malte comuni si eseguisce per lo più a braccia d'uomini su di un'aia pavimentata di legno o di pietre. Se la calce è in pietra si prepara un'aiuola circolare con la sabbia, dentro la quale si ammonticchia e si bagna la calce con giusta quantità d'acqua, perchè si possa estinguere in polvere. La quantità degli ingredienti non deve eccedere mezzo mc. per volta, perchè il miscuglio di sabbia e di calce, così spenta, si possa mescolare bene a secco; in tale stato la malta si può conservare per diversi giorni. Allora quando questa si deve impiegare, si aggiunge la quantità d'acqua necessaria per renderla giustamente consistente.

L'impasto delle malte comuni composte con calce spenta si eseguisce mescolando intimamente sull'aia i due ingredienti, aggiungendo via via l'acqua necessaria, facendo uso della pala o della marra di ferro; la manipolazione è ultimata quando tutta la pasta, con la minor quantità d'acqua è ridotta omogenea, senza cioè che sia più visibile alcun granello libero di calce o di sabbia. Un eccesso di acqua agevola il lavoro dell'operaio manipolante, ma rende la malta scadente e ne ritarda la presa. Come si dirà in seguito, la preparazione delle malte comuni, allorchè non si tratta di limitate produzioni, si può conseguire per via meccanica.

### § 5.

#### LE MALTE IDRAULICHE.

Le malte idrauliche sono generalmente composte di calce magra (magnesiaca) o calce grassa con sabbia e pozzolana o semplicemente con pozzolana (naturale o artificiale) ovvero di calce idrauliche con sabbia e pozzolana o semplicemente con sabbia. Le proporzioni da adottarsi per la calce magra e la pozzolana di Roma sono quelle di 1 a 2; per la calce grassa e la medesima pozzolana quelle di 2 a 5; per la calce debolmente idraulica e la medesima pozzo-

lana quelle di 2 a 3; se la pozzolana è quella di Napoli (Bacoli) il migliore risultato si ottiene col rapporto di 2 a 5 qualunque sia la qualità della calce. Le proporzioni della calce con la sabbia e la pozzolana sono regolate secondo l'uso al quale sono destinate le malte. Stando ai risultati delle esperienze di Claudel e di Laroque per ottenere una malta debolmente idraulica si può impiegare calce grassa 0,25, sabbia 0,94, pozzolana 0,20 ovvero calce grassa 0,34, cocchio 0,82; si ottiene una malta idraulica con calce idraulica 0,333 a 0,37 e sabbia 0,95 a 1,02 ovvero calce debolmente idraulica, sabbia e pozzolana in parti eguali; quest'ultima proporzione si può mantenere anche con calce magre e grasse e si usa per le murature andanti. Si ottengono malte molto idrauliche impiegando calce idraulica 0,36, sabbia 1, pozzolana 0,4 ovvero calce idraulica 0,4 a 0,65, sabbia 1. La proporzione di 1 di calce e 2 di buona pozzolana dà una malta ricca ed impermeabile adatta per la confezione dei blocchi di calcestruzzo.

La confezione delle malte idrauliche si fa come per le malte cementizie, di cui qui appresso.

### § 6.

#### LE MALTE CEMENTIZIE.

Si possono ottenere malte cementizie componendole con calce, sabbia e pozzolana ovvero con cementi e sabbia. Nel seguente specchietto sono indicate le varie proporzioni, che possono assumere gli ingredienti in queste malte, quali ci vengono riferite dal libro del prof. Curioni (*Materiali da costruzione*).

Composte con calce, sabbia e pozzolana	Composte con cemento e sabbia
Calce comune fusa 2, sabbia 3, cocchio 1;	Cemen. 3, sabbia 1 :
» » » 4, » 3, » 3;	» 2, » 1 :
» » » 1, » 1, » 1;	» 3, » 2 :
» » » 2, » 1, » 2;	» 1, » 1 :
» » viva 1, cocchio 2,	» 2, » 3 :
Calce idraul. in polv. 4, sabbia 1, pozz. 2;	» 1, » 2 :
» comune fusa 2, cocchio 3;	» 2, » 5 :
» » » 1, cocchio o pozzolana 3;	» 1, » 3 :
» idraulica » 1, sabbia 2, cocchio 1;	» 2, » 7 :
» » in polv. 1, sabbia 2, pozz. 1;	» 1, » 4 :
Calce comune in pietra 3, calce com. in polv. 1,	» 2, » 9 :
pozzolana fina 16, acqua 4;	» 1, » 5 :

Non tutte queste malte però sono egualmente energiche: diminuendo il rapporto tra il materiale agglomerante e la sabbia decresce l'aderenza e l'impermeabilità della malta.

La fabbricazione a mano delle malte idrauliche

e cementizie procede egualmente. Qualora si tratta di malte debolmente idrauliche o poco cementizie si stende sull'aia pavimentata in legno o in pietra la sabbia e, qualora vi prende parte, anche la pozzolana o il coccio ed esattamente si mescolano a secco. Indi fatta un'aiuola circolare con questi materiali si versa dentro il cemento o la calce, la quale ultima si spegne in polvere, se è in pietra, e si rimescolano tutti gli ingredienti prima a secco, poi coll'aggiunta dell'acqua necessaria in unica volta si procede speditamente all'impasto con la marra e la dpla; se la calce è in pasta, si procede all'impasto come per le malte comuni. Si può manipolare non più di  $\frac{1}{3}$  di mc. di malta alla volta, se si vuole che l'impasto proceda bene.

Se le malte sono molto idrauliche o molto cementizie si procede all'impasto per volumi corrispondenti a mc. 0,10 per volta. L'operazione si compie in un giornello o mastello da malta (fig. 354), dove si versano gli ingredienti in polvere, che si mescolano prima a secco e poi, coll'aggiunta di tutta l'acqua necessaria, si impastano rapidamente con la cazzuola. Due operai in un giorno di 10 ore possono fabbricare mc. 3,5 a 4 di malta idraulica o cementizia.

### § 7.

#### LE MALTE BASTARDE.

Si hanno numerose composizioni di malte bastarde, anzi si può dire che in ogni paese ogni costruttore ne fabbrica a modo proprio per riuscire bene in lavori particolari. Le malte bastarde migliori sono composte di malte comuni o idrauliche e talvolta di terra grassa con gesso e cementi. Le più note sono: malta comune 1, gesso in polv. 1; malta idraulica 1, gesso in polvere 1; malta idraulica 4, calce della stessa natura 1; terra grassa argillosa 2, gesso in polvere 1. Malte bastarde energiche si ottengono unendo alla calce grassa il gesso in polvere nel rapporto di 2 al 5% ovvero unendo alla malta comune  $\frac{1}{10}$  a  $\frac{1}{15}$  di cemento.

La manipolazione delle malte bastarde procede come per le malte cementizie e cioè a piccoli volumi nel mastello di legno, dove gli ingredienti sono rimescolati ed impastati con la cazzuola in maniera spedita, poco tempo prima di essere adoperate. Ciò non toglie che tali malte possano essere preparate in volumi più grossi, allora quando si impiegano come

materiale cementizio delle strutture murali; in tal caso si impastano nell'aia coll'uso della marra e della pala, tenendo presente che il volume delle malte in manipolazione sia sempre corrispondente al tempo necessario per impiegarle ed all'energia delle malte medesime. Le malte bastarde, come in genere tutte le malte, allorchè si sono disseccate e la presa si è iniziata, pria di essere state impiegate, deperiscono; rimpastate coll'aggiunta di nuova acqua fanno presa più lenta, impiegando molto tempo per abbandonare l'acqua aggiunta, ed in grado minore aderiscono ai materiali da costruzione.

### § 8.

#### LA FABBRICAZIONE MECCANICA DELLE MALTE.

La fabbricazione a mano delle malte è surrogata nei grandi cantieri dai procedimenti meccanici, allora quando si esigono grandi produzioni di malte. Gli apparecchi che si impiegano per tale fabbrica-

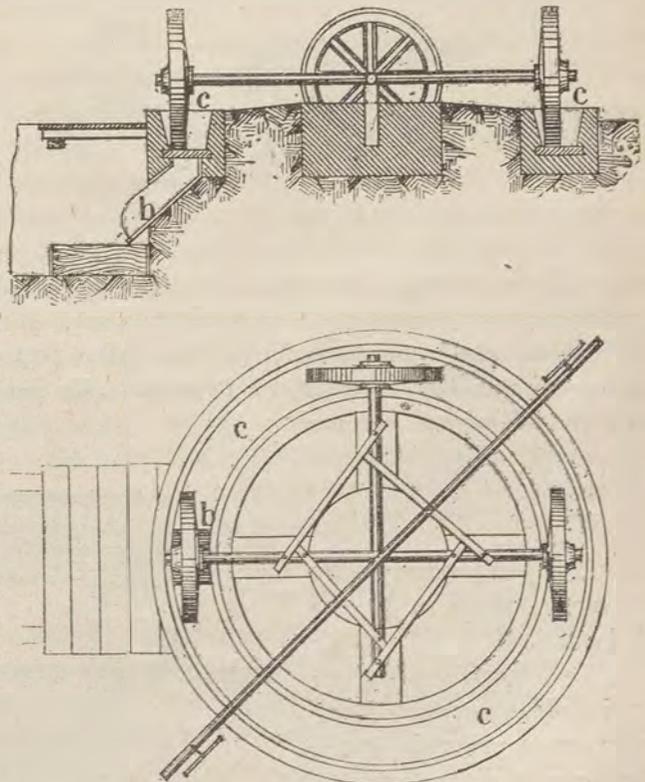


Fig. 356.

zione si distinguono in due categorie e cioè, quelli in cui gli ingredienti sono semplicemente mescolati e

impastati e gli altri nei quali vengono anche triturati.

Uno dei primitivi apparecchi è il molino a ruote ideato da Saint-Leger (fig. 356), consistente in un canale circolare *c* a sezione trapezia, entro al quale si muovono tre ruote girevoli ad asse orizzontale, mosse da azione animale, ciascuna delle quali percorre una zona diversa delle altre due. Con tale disposizione versando la calce e la sabbia preventivamente dosate, con uniformità su tutta la superficie del fondo del canale, queste sostanze vengono triturate e mescolate dalle ruote nella stessa maniera delle molazze verticali di un ordinario molino; durante l'operazione si aggiunge l'acqua ritenuta necessaria per l'impasto ed allorchè questo è compiuto, per mezzo di un vomero, che si attacca al telaio di

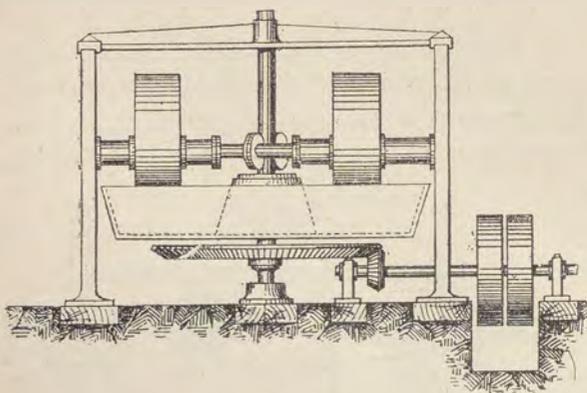


Fig. 357.

una delle tre ruote, si raccoglie e si spinge la malta confezionata attraverso una buca *b* praticata sul fondo del canale, che immette nella tinozza dalla quale gli operai prendono la malta per impiegarla. Un molino di tal genere, avente la cavità delle dimensioni  $\frac{0,9 + 0,6}{2} = 0,4$  e col diametro di m. 2,5 può produrre oltre 20 mc. di malta in 10 ore di lavoro.

Le impastatrici trituratrici moderne sono costituite sullo stesso principio; una o due coppie di molazze ad asse orizzontale, girando, si muovono entro un bacino fisso, nel quale si depositano gli ingredienti della malta. Talvolta è fisso l'asse orizzontale delle molazze ed è mobile il bacino, come si rileva nella

fig. 357. In ogni caso, le molazze, girando intorno al proprio asse, triturano i materiali e li impastano.

L'impastatrice più usata nei cantieri, forse anche perchè occupa uno spazio ristretto, è la *tinozza a rastrelli* (fig. 358), consistente in un recipiente ci-

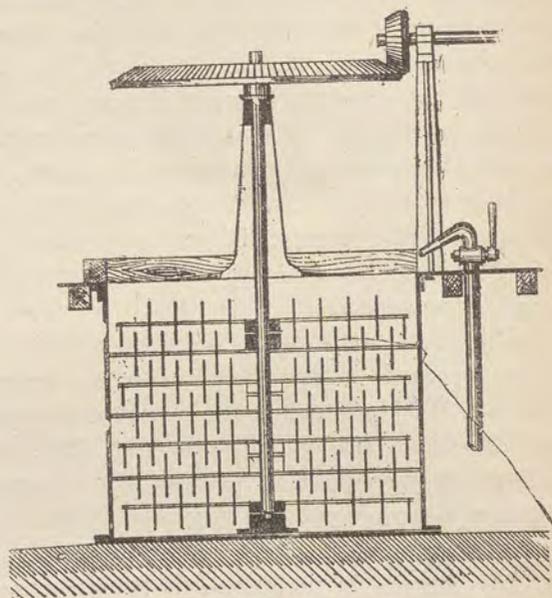


Fig. 358.

lindrico di legno, o meglio di ferro, avente il diametro di m. 0,8 a 1,2 ed una altezza di m. 1,2 a 1,5 sul cui asse verticale gira un albero di ferro, mosso da forza meccanica per mezzo di ingranaggi, portante alcuni rastrelli provvisti di denti verticali, i quali nel percorso si incrociano con quelli di traverse diagonali fisse al recipiente. Questo inferiormente ha una bocca sulla parete verticale per l'estrazione della malta ad operazione compiuta. La malta si ma-

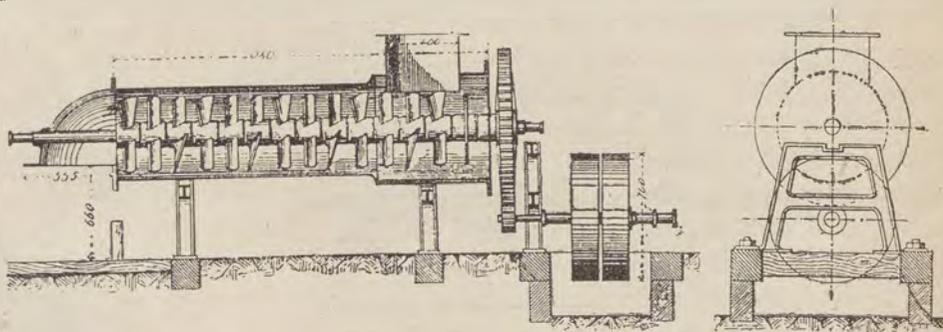


Fig. 359.

nipola mettendo nel tino la calce spenta dosata e l'acqua necessaria per l'impasto, nella quale dapprima si fa diluire la calce, facendo rotare il meccanismo; indi si versa la sabbia egualmente dosata e si con-

tinua l'operazione finchè non si ritiene compiuta, allora quando la malta acquista un colore uniforme.

In altri apparecchi il recipiente cilindrico, che riceve gli ingredienti, è disposto ad asse orizzontale o leggermente inclinato, e secondo il suo asse gira un albero munito di rastrelli ovvero di alette (fig. 359) che effettuano il rimestamento e l'impasto; tal'altra è una vite a chiocciola che si muove secondo l'asse del cilindro (fig. 360). Nella fig. 361 è rappresentata

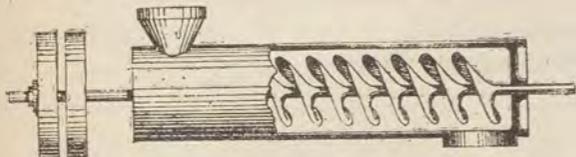


Fig. 360.

una impastatrice chiusa ad asse verticale facile a comprendersi dalla sola figura.

Mentre la spesa per la preparazione a mano delle malte si può ritenere che stia nei rapporti di malta di calce 1, malta di cemento a lenta presa 1  $\frac{1}{2}$  e

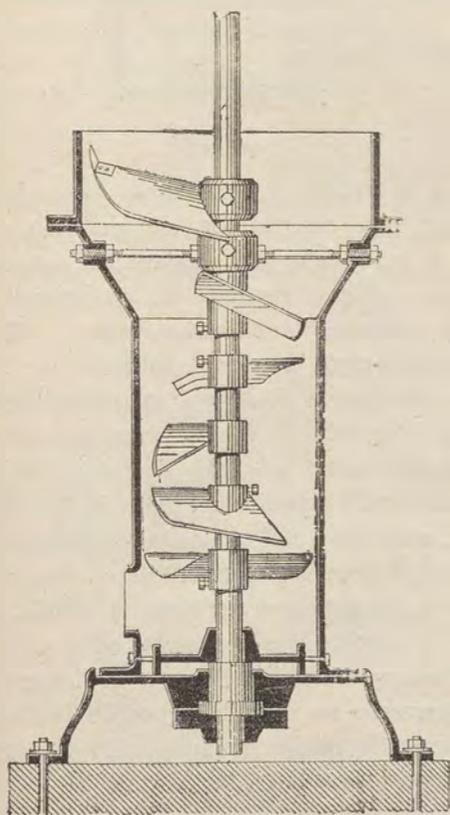


Fig. 361.

malta di cemento a r. presa 2, la manipolazione meccanica delle malte costa nel rapporto seguente per rispetto alla fabbricazione a mano e cioè se questa

costa 8, con impastatrice a vapore senza triturazione costa 1; con impastatrice tritratrice a vapore 1,8; con impastatrice mossa da forza animale (cavallo) senza triturazione 2,50; con impastatrice mossa dall'uomo 4.

## § 9.

## LE GENERALITÀ SUL CALCESTRUZZO.

Il calcestruzzo è un conglomerato che si ottiene impastando la malta idraulica con la ghiaia o il pietrisco, secondo proporzioni dipendenti dall'uso al quale il calcestruzzo è destinato. Si chiama anche *smalto* e volgarmente gli si dà il nome improprio di *bitume*.

L'uso del calcestruzzo risale a tempi molto remoti, poichè era noto ai Greci ed ai Romani antichi. Il grande serbatoio di Sparta era costruito in calcestruzzo ed egualmente in calcestruzzo erano costruite l'antico serbatoio dell'Acqua Marcia di Roma, tuttavia esistente, e le gettate dei porti di Pozzuoli, di Anzio, d'Ostia, ecc. di epoca romana.

I Romani impiegarono il calcestruzzo anche per le costruzioni civili, nelle fondazioni, nelle strutture murali, nelle volte di getto, ecc. usando malte con pozzolana, unico materiale cementizio noto allora, di modo che l'uso del calcestruzzo fu in quei tempi esteso soltanto nei territori in cui si possedeva questo prezioso materiale; oggidi colla fabbricazione delle calce idrauliche e dei cementi l'uso del calcestruzzo è reso vasto ed ovunque viene preferito in ogni genere di costruzione, tutte le volte si richiede un rapido consolidamento delle murature ed una notevole resistenza.

Concorrono alla buona riuscita di un calcestruzzo la qualità e la quantità della malta impiegata, la resistenza, la forma e le dimensioni delle pietre che ne costituiscono lo scheletro.

Quei calcestruzzi in cui tutti i vani esistenti fra le pietre sono ripieni di malta sono detti propriamente *calcestruzzi grassi*, invece *magri* sono chiamati gli altri, in cui la quantità di malta impiegata non è sufficiente a riempire i detti vani. In un calcestruzzo grasso tutte le pietre sono perciò completamente avviluppate di malta, la struttura è più omogenea e compatta e maggiore riesce la resistenza e il grado di impermeabilità.

I materiali che si impiegano nella confezione

dei calcestruzzi sono comunemente la ghiaia e il pietrisco, siccome i più facili a poterne ovunque disporre, ma si possono impiegare anche i ciottoli, i frantumi dei laterizi, le scorie vulcaniche e i residui della combustione del carbon fossile e del coke. In ogni caso si preferiscono i materiali leggeri a quelli pesanti, perchè con essi si realizza una forte economia nei trasporti e nella mano d'opera necessaria per la fabbricazione e per l'impiego del calcestruzzo. Soltanto nei lavori marittimi o fluviali, nelle gettate dei porti, nelle dighe, ecc., sono preferibili i materiali pesanti, perchè quivi queste strutture murali agiscono per il proprio peso.

La grossezza dei frammenti di pietre può essere variabile; queste possono avere un diametro compreso tra 2 e 8 e talvolta fino a 10 cm. I calcestruzzi composti con pietre di varia grossezza riescono più resistenti, perchè in essi minori riescono i vuoti compresi fra le pietre. Per lo stesso scopo non conviene impiegare pietre di un diametro minore ai 2 cm., perchè queste, unendosi alla malta, si comporterebbero come le sabbie grosse, rendendola magra.

Sono di preferenza indicati il pietrisco e la ghiaia di materiale calcareo, o provenienti, in genere, da rocce dure e compatte, e sono da escludersi tutte le rocce tenere e friabili, in quanto che la resistenza che acquista il calcestruzzo dipende molto da quella delle pietre che lo compongono, specialmente se in esso la quantità della malta non è sufficiente a riempire tutti i vuoti compresi tra le pietre.

Sembra che la forma delle pietre non abbia una azione decisiva sulla qualità del calcestruzzo. Senza dubbio un calcestruzzo formato esclusivamente di pietrisco riesce più resistente di quello composto con ciottoli o con ghiaia. Se questo effetto però si ottiene impiegando malta idraulica con pietre angolose ed a pareti ruvide, oggidi che si fa largamente uso di cementi, non meno soddisfacente è l'aderenza di questi per i materiali a superficie liscia, talchè nella pratica si ottengono calcestruzzi eccellenti anche facendo uso di ciottoli e di ghiaia.

### § 10.

#### IL PIETRISCO, LA GHIAIA E GLI ALTRI MATERIALI PER LA CONFEZIONE DEL CALCESTRUZZO.

Il pietrisco si ottiene frantumando le pietre riconosciute di qualità conveniente per fabbricarne il

calcestruzzo. Generalmente le pietre che si portano nel cantiere hanno la dimensione di circa 15 cm. e la loro frantumazione in pietre di 2 a 8 cm., si ottiene a mano, battendole con martelli a corto manico, ovvero per via meccanica, facendo uso degli apparecchi frantumatori, di cui si è detto a Cap. I.I, § 8.

Interessa al costruttore adottare nel cantiere una disposizione dei macchinari e dei servizi, per la provvista e lo scarico dei materiali, tale da evitare i perditempi ed i lavori inutili; soltanto allora, ed allorchè si tratta di forti produzioni di pietrisco, la frantumazione meccanica delle pietre riesce conveniente. La disposizione chiaramente indicata dalla fig. 362 è ritenuta per una delle migliori.

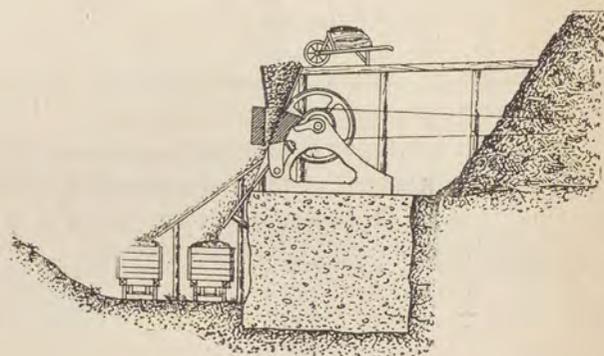


Fig. 362.

Le ghiaie in natura si rinvencono miste di diversa grossezza; non così avviene del pietrisco, sia fabbricato a mano che con apparecchi meccanici, di cui si può sempre regolare la produzione in maniera da evitare il materiale minuto inferiore ai 2 cm. di diametro. Laonde è soltanto per le ghiaie che si è obbligati a separarle in ordine della loro grossezza. L'estrazione e la separazione delle ghiaie si può fare a mano, allorchè non si richiedono volumi di materiali superiori ai 200 mc. In tal caso si estrae il materiale coll'uso della zappa e per mezzo della pala si versa sopra un crivello a maglie strette in maniera da scartare anzitutto la sabbia, che attraversa il crivello e si raccoglie dalla parte sottostante. Assoggettando il residuo a un'identica operazione attraverso un crivello a maglie più larghe, si può separare la ghiaia minuta dalla più grossa, e così di seguito la ghiaia dai ciottoli. Si costruiscono i crivelli con lamiere di ferro forate o con griglie composte di bacchette di ferro disposte in un solo senso ovvero intrecciati nei due sensi normali ed il migliore tipo di essi è quello *a bilico* rappresentato dalla fig. 363.

In questo crivello si ha il telaio *abc*, inclinato a guisa di cavalletto, che sostiene il crivello propriamente detto nel suo punto medio *o* intorno al quale il crivello medesimo può oscillare, pur avendo un

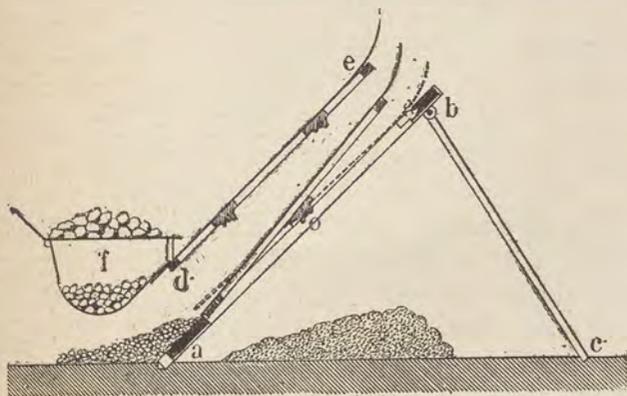


Fig. 363.

eccesso di peso nel suo estremo inferiore, che lo mantiene in equilibrio nella posizione della figura, allorchè l'apparecchio non funziona. Al disopra di questo crivello, che è a maglie strette, adatto perciò ad eliminare la sabbia, sta collocato un secondo crivello fisso *d e* a maglie più larghe. Il materiale versato su questo crivello si scinde in due parti, nei ciottoli e nella ghiaia grossa che, non attraversando il crivello, si raccolgono nel sottostante canale *f* e nella ghiaia mista al materiale minuto che attraversando il primo crivello cadono sul secondo, il quale per il colpo che riceve in alto, oscilla con urto, ob-

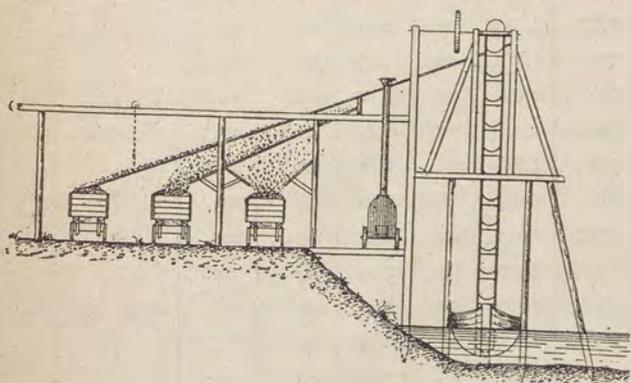


Fig. 364.

bligando il materiale minuto di passare oltre. Con questo crivello si separano perciò contemporaneamente i ciottoli e la ghiaia grossa dalla ghiaia minuta e questa dalla sabbia. Nei grandi cantieri, allora quando è necessario separare grandi volumi di ghiaia, l'estrazione si compie servendosi del trasporto con barconi e da questi con draghe montate sulla riva il

materiale è sollevato ad una altezza di circa 8 m. e quivi versato sopra un sistema di due o più crivelli disposti in maniera da separare la ghiaia secondo 2 o più ordini di grossezza (fig. 364). Il materiale vagliato viene raccolto sopra vagoncini da trasporto o sopra barche, se la draga è montata sopra un barcone e compie direttamente l'estrazione del materiale dal letto del fiume (fig. 365). Seguendo le descritte disposizioni si possono separare fino a 1000 mc. di materiale al giorno ad un prezzo che difficilmente supera  $\frac{1}{7}$  del costo della vagliatura a mano

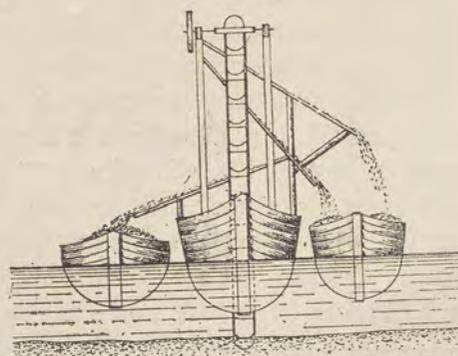


Fig. 365.

In alcune località in sostituzione del pietrisco e della ghiaia si impiegano i *rottami di laterizi* per costituire lo scheletro del calcestruzzo. A tal'uopo si adoperano convenientemente le tegole usate ed i mattoni, provenienti dalle demolizioni, che si ha cura di pulire bene dal calcinaccio e dalle materie terrose e di bagnare pria di impiegarli, perchè essi non assorbiscano l'acqua necessaria alla malta per effettuare una presa regolare.

Il *lapillo* e la *pietra pomice*, materiali minuti di origine vulcanica, si prestano egualmente per la confezione dei calcestruzzi, e possedendo questi materiali la proprietà pozzolanica, sebbene non in grado prevalente, si possono anche unire con malte grasse comuni.

Le *scorie delle lave* ed i *residui* della combustione del carbon fossile sono pure materiali eccellenti per fabbricarne calcestruzzi, unendoli a malte grasse, idrauliche o cementizie, possedendo anche essi in piccolo grado la proprietà idraulica. Sono generalmente però materiali piuttosto pesanti, onde i calcestruzzi che se ne ottengono sono piuttosto di peso e di resistenza elevata, poichè le malte aderiscono energicamente a questi materiali a cagione della superficie ruvida che essi presentano.

## § 11.

## LA COMPOSIZIONE E LA RESISTENZA DEL CALCESTRUZZO.

Il costruttore stabilisce le dosi degli ingredienti secondo le applicazioni a cui il calcestruzzo deve servire. Pei calcestruzzi in cemento la quantità di cemento che serve a preparare la malta varia da 300 a 500 Kg. per mc. di sabbia e la quantità delle pietre (ghiaia, pietrisco, ecc.) varia da 3 a 5 parti contro 2 di malta. La stessa proporzione si applica su per giù per i calcestruzzi confezionati con malta idraulica. Un calcestruzzo grasso generalmente si compone di 2 p. di malta idraulica e 3 di pietre; un calcestruzzo ordinario di 1 p. di malta e 2 di pietre; un calcestruzzo magro di 1 p. di malta e 3 di pietre.

Il calcestruzzo ha una resistenza alla compressione 6 a 10 volte maggiore di quanto esso resiste alla tensione, e resiste allo scorrimento nel rapporto di 1,10 a 1,50 volte rispetto la medesima resistenza.

La resistenza alla compressione, dopo un mese, varia da 100 a 200 Kg. per cm<sup>2</sup>, però questa cresce col tempo e non di rado raggiunge i 300 Kg. per cm<sup>2</sup>; la resistenza alla tensione oltrepassa i 20 Kg. per cm<sup>2</sup>. Però il carico di sicurezza a cui si suol sottoporre il calcestruzzo non supera il decimo delle resistenze alla rottura, dovendosi tener conto che spesso il calcestruzzo viene sollecitato, pria ancora di avere raggiunto la sua massima resistenza.

Il peso del calcestruzzo varia col peso specifico dei componenti, secondo la qualità e la quantità della malta, e la compressione alla quale il calcestruzzo si sottopone allorchè viene impiegato. Un mc. di calcestruzzo formato di ghiaia pesa 2000 a 2500 Kg., se è fatto con pietrisco, pesa 2000 a 2100 Kg., se con rottami di mattoni 1700 a 1950 Kg. Il suo coefficiente di dilatazione termica è 0,0000143.

Nella seguente tabella che togliamo dal citato Vacchelli sono segnati i risultati sperimentali sulla resistenza del calcestruzzo alla compressione ed alcuni dati utili per il costruttore:

Dosatura del calcestruzzo	Dosatura della malta Kg. di cemento per mc. di sabbia	Per ogni mc <sup>3</sup> di sabbia		Calcestruzzo di ghiaia					Calcestruzzo di pietrisco				Malta generatrice			
		litri d'acqua impiegata	Volume della malta risultante mc.	Volume del calcestruzzo risult. mc.	Quantità di cemento Kg. per mc. di calcestr.	Densità del calcestruzzo	Resistenza alla compressione Kg. per cm.		Volume del calcestruzzo risult. mc.	Quantità di cem. Kg. per mc. di calcestruzzo	Densità del calcestruzzo	Resistenza alla compressione Kg. per cmq.		Cem. Kg. per mc. di sabbia	Resist. alla compress. Kg. per cm.	
							dopo 7 giorni	dopo 28 giorni				dopo 7 giorni	dopo 28 giorni		dopo 7 giorni	dopo 28 giorni
1. vol. di malta per 1.5 di pietre	250	180	0.850	1.650	151.5	2.32	72.5	97.5	1.550	161	2.28	92.5	112.5	250	60	85
	450	210	0.880	1.730	260	2.36	102.5	172.5	1.610	279	2.37	157.5	200			
	650	242	0.960	1.840	353	2.41	102.5	217.5	1.730	375	2.40	200	245			
1. vol. di malta per 2 di pietre	1000	305	1.170	2.210	448	2.40	185	240	2.040	490	2.43	280	302.5	450	195	230
	250	180	0.850	1.920	130	2.28	52.5	65	1.800	139	2.28	92.5	97.5			
	450	210	0.880	2.000	225	2.33	122.5	140	1.900	236	2.35	147.5	157.5			
1. vol. di malta per 2.5 di pietre	650	254	0.960	2.090	311	2.39	152.5	215	2.000	325	2.38	160	240	650	275	343
	1000	305	1.170	2.580	388	2.44	207.5	252.5	2.440	409	2.42	250	280			
	250	180	0.850	2.250	111	2.26	47.5	65	2.000	125	2.30	90	92.5			
1. vol. di malta per 2.5 di pietre	450	210	0.880	2.400	187.5	2.28	72.5	105	2.230	202	2.28	105	125	1000	223	420
	650	254	0.960	2.560	254	2.33	87.5	140	2.420	268	2.34	155	177.5			
	1000	320	1.170	3.020	331	2.39	172.5	180	2.900	344	2.35	180	225			

## § 12.

## LA FABBRICAZIONE DEL CALCESTRUZZO.

Nei cantieri il calcestruzzo si lavora ordinariamente a braccia d'uomini; si ricorre ai meccanismi soltanto quando si richiedono grandi produzioni di

materiale. È necessario dosare pria di tutto gli ingredienti, dopo di che l'operazione consiste come si pratica per le malte nel rimestar bene questi materiali.

Ammucchiati separatamente gli ingredienti, già dosati sopra un'aia solidamente pavimentata, ed in vicinanza l'un dall'altro, si confeziona anzitutto la

malta idraulica nella maniera ordinaria, indi si passa a incorporare la malta con la ghiaia o il pietrisco. A tal'uopo si dispone sulla piattaforma un primo strato di ghiaia, sul quale si stende uno strato di malta, sopra questi un secondo strato di ghiaia che si ricopre di un secondo strato di malta e così di seguito fino a che non si siano impiegate tutta la ghiaia e tutta la malta precedentemente dosate. Per lo più non si eccede nel volume dei materiali oltre 1 mc. complessivamente, perchè il lavoro a braccia riesca più agevole. Ciò disposto con la marra o il badile si rimuove tutta la massa, fino a quando gli ingredienti non si siano bene compenetrati; il lavoro si ritiene compiuto allora quando tutte le pietre si trovano ricoperti di un involucro di malta.

Gli apparecchi meccanici, coi quali si eseguisce la confezione del calcestruzzo, hanno lo scopo di semplificare il lavoro e di ridurre la mano d'opera dell'uomo.

I meccanismi più semplici che di preferenza si impiegano anche nei grandi cantieri, poichè non richiedono alcun impiego di forza meccanica, sono due: la *cassa a piani inclinati* ed il *tubo di Schlosser*.

La cassa a piani inclinati consiste in una specie di tramoggia di legno, che si dispone verticalmente, e nel cui interno sono disposti due ordini di piani inclinati di tavole, l'uno di riscontro all'altro (fig. 366), di maniera che gli ingredienti (malta e pietre) prima dosati si versano contemporaneamente, od a strati alternati, dalla parte superiore della cassa e, cadendo, sono costretti a rimbalzare da un piano inclinato

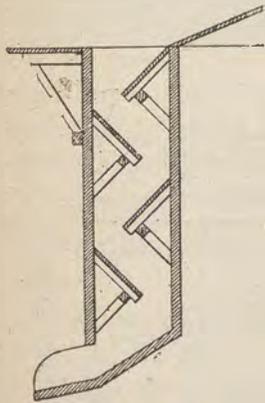


Fig. 366.

all'altro effettuando un rimestamento, che è completo, allorchè i materiali pervengono al fondo della cassa. Versando perciò in giusta misura continuamente nella bocca superiore malta e pietre, dalla bocca inferiore si estrae e si raccoglie il calcestruzzo confezionato sopra carriuole o vagoncini coi quali si trasporta al luogo, dove si mette in opera.

Il tubo di Schlosser è fondato sopra un principio simile, se non che il rimestamento, anzichè dai piani inclinati, è provocato da un sistema di sbarre o traverse diametrali. Il tubo cilindrico di lamiera di ferro dello spessore di 6 a 8 mm. è foggiato su-

teriormente ad imbuto (fig. 367), ha il diametro di m. 0,50 a m. 0,70, la lunghezza di m. 2 a m. 2,70 e termina inferiormente con un tronco di cono, raccordato col cilindro; la bocca inferiore dell'apparecchio è munita di un otturatore a disco che permette di chiuderla a volontà. Nell'interno della parte cilindrica del tubo sono disposte, ad uguale distanza di m. 0,10 l'una dall'altra, alcune sbarre di ferro dello spessore di 1 a 2 cm., disposte nel senso diametrale del tubo, ed in maniera che ciascuna sbarra forma con la precedente un angolo orizzontale costante. Il tubo vien disposto col suo asse verticale e viene sollevato dal suolo per modo che vi si possa sotto adagiare la carriuola o il vagoncino per il solleccito

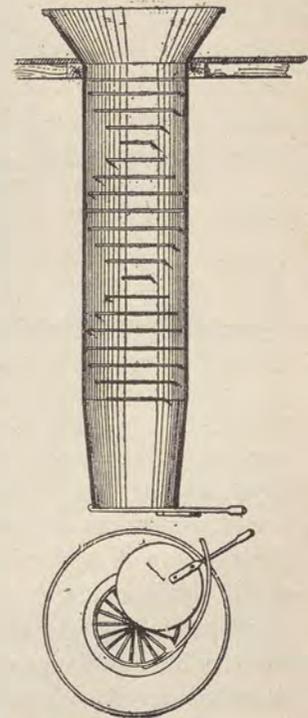


Fig. 367.

trasporto del materiale confezionato. A tal uopo lungo l'orlo superiore dell'imbuto sono disposti dei ganci, coi quali l'apparecchio si sospende per mezzo di catene a un castello di legname; talvolta lo si dispone sul luogo stesso nel quale il calcestruzzo si deve mettere in opera, evitando così parte dei trasporti e qualche movimento. I materiali previamente dosati si versano nel tubo, dalla parte dell'imbuto, contemporaneamente o alternativamente a strati; dalla bocca inferiore si estrae il calcestruzzo confezionato nella caduta per l'azione delle sbarre di ferro diametrali. L'otturatore della bocca inferiore del tubo serve a limitare la quantità di calcestruzzo che può essere contenuto nella carriuola o nel vagoncino.

Un simile apparecchio può produrre dai 15 ai 20 mc. di calcestruzzo all'ora e si può anche costruire in legname di forma prismatica e di legno pure le sbarre diametrali. Un migliore effetto si ottiene quando le sbarre sono munite di appendici a guisa di rastrelli; allora può anche essere ridotta la lunghezza del tubo.

Nella fig. 368 si ha la maniera più conveniente di disporre l'apparecchio di Schlosser in un cantiere,

per ridurre al minimo i trasporti ed i sollevamenti dei materiali. In *m* è segnata la posizione della im-

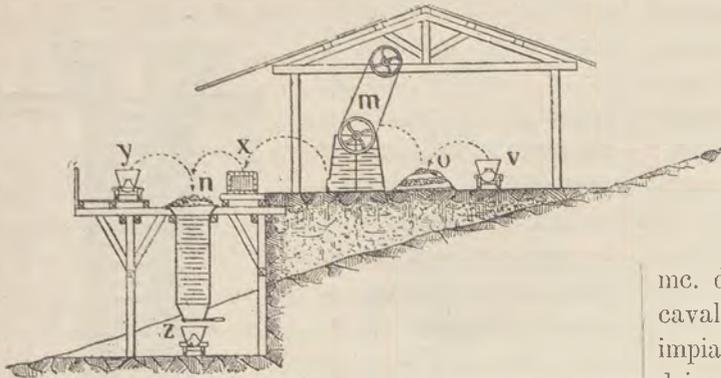


Fig. 368.

pastatrice verticale, in *n* il tubo di Schlosser o la cassetta a piani inclinati, in *o* la sovrapposizione a strati alternati degli ingredienti dosati della malta; *v* è il vagone trasporto dei medesimi ingredienti, *x* il recipiente di misura della malta, *y* il vagone trasporto delle pietre, *z* il vagone per il trasporto del calcestruzzo. Questo impianto riportato dal Mahiels nel suo libro è quello che venne eseguito per la costruzione di tutta la serie dei forti della Mosa (Liegi).

Vi sono apparecchi i quali confezionano il calcestruzzo mossi da forza meccanica. Alcuni di essi hanno fisso il recipiente destinato a contenere il calcestruzzo e girevole nel centro di esso un albero provvisto di palette o di rastrelli che effettua la incorporazione degli ingredienti; altri hanno mobile l'albero e il recipiente; in altri i materiali sono rimestati per uno speciale movimento a cui si assoggetta il recipiente.

Nella fig. 369 è rappresentato l'apparecchio *Delacquis* consistente in un recipiente cilindrico ad asse verticale, sul centro del quale gira un robusto albero munito di sei bracci; ciascuno di questi provvisto di rastrelli che percorrono traiettorie di raggio diverso. Questi rastrelli girando compiono il rimestamento dei materiali ed il calcestruzzo confezionato viene raccolto attraverso una bocca praticata nel centro del fondo del recipiente. La potenzialità di questo apparecchio può giungere fino a 10 mc. all'ora, impiegando una forza di 6 cavalli a vapore.

Un apparecchio abbastanza semplice è quello di *Messent* (fig. 370) costituito da un recipiente *m* della forma di un tetraedro unito ad un'asse di rotazione, passante per i punti intermedi di due spigoli non concorrenti, che si mette in movimento per

mezzo di manovelle ed ingranaggio. I materiali vi si caricano attraverso la bocca *b*, provvista di coperchio, coll'intermezzo della tramoggia sospesa *t*; il tutto è montato sopra un carrello trainabile su binario. In questo apparecchio il rimestamento ha luogo per effetto del capovolgimento del recipiente e l'estrazione del calcestruzzo si compie per la stessa bocca di caricamento. Una macchina di tal genere avente il recipiente della capacità di  $\frac{1}{2}$  mc. è capace di impastare 10 mc. di calcestruzzo all'ora, impiegando soltanto due cavalli di forza. Nella fig. 371 è rappresentato un impianto di due recipienti rimestatori di forma cilindrica *cc*, girevoli intorno un asse orizzontale *mm* che

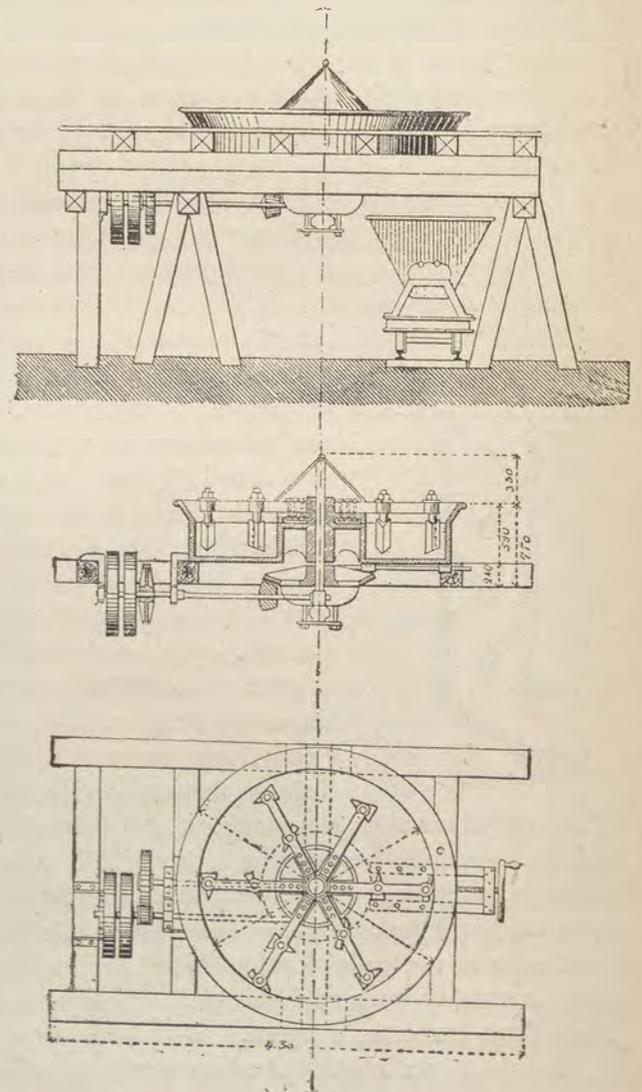


Fig. 369.

passa per la diagonale della loro proiezione verticale. Il loro caricamento si effettua attraverso le bocche

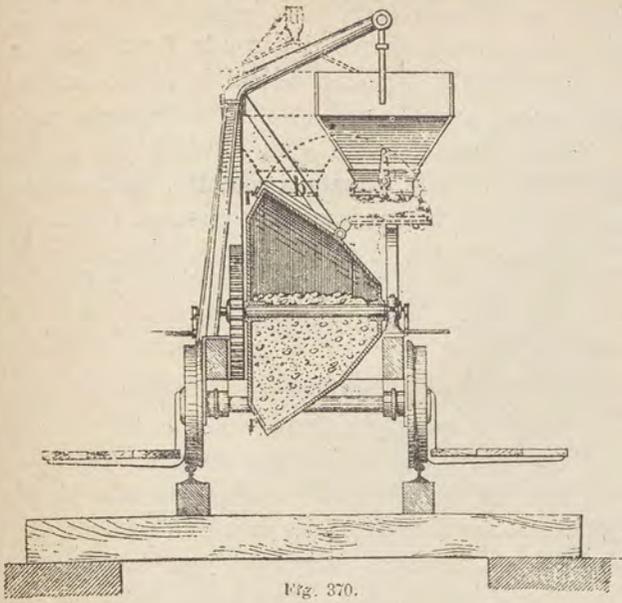


Fig. 370.

recipiente poggia sopra puleggie, ed è messo in movimento per mezzo di ingranaggio e di forza motrice; ha aperte le due estremità e riceve l'acqua ed i materiali della estremità più alta, mentre da quella più bassa si raccoglie il calcestruzzo confezionato. Nell'interno di questo cilindro non gira alcun albero, soltanto nella parete interna sono fissate alcune alette, le quali hanno l'ufficio di spingere il materiale verso l'estremità più bassa del medesimo. L'acqua vi perviene per mezzo di un tubo provvisto di rubinetto ed i materiali per mezzo della trameggia *t*. Accoppiando due di questi apparecchi, l'uno di seguito all'altro, nella maniera indicata dalla fig. 373, nel primo di essi, più alto, si può confezionare la malta, nel secondo il calcestruzzo; così la fabbricazione di questo materiale può riuscire continua.

Ad ogni modo la scelta del macchinario va fatta sempre in relazione alla ubicazione del can-

di, per mezzo delle trameggie *u*; il rimestamento ha luogo per effetto della rotazione dei recipienti ed il loro scarico per le bocche *oo*, diametralmente opposte, sopra vagoncini che trasportano il calcestruzzo confezionato al luogo dell'impiego.

Preferito per semplicità, e perchè non richiede alcun sensibile sollevamento dei materiali ingre-

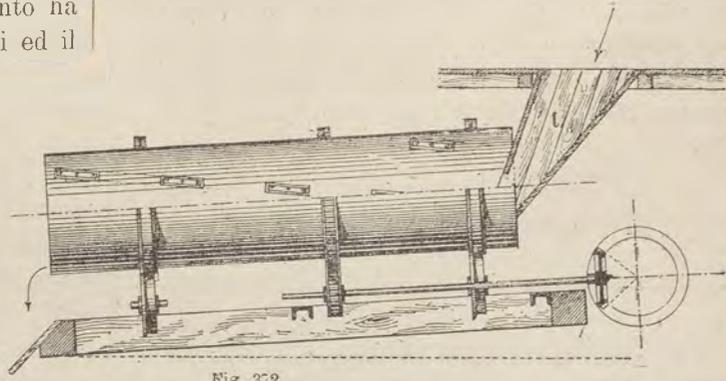
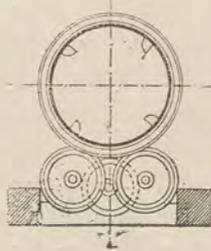


Fig. 372

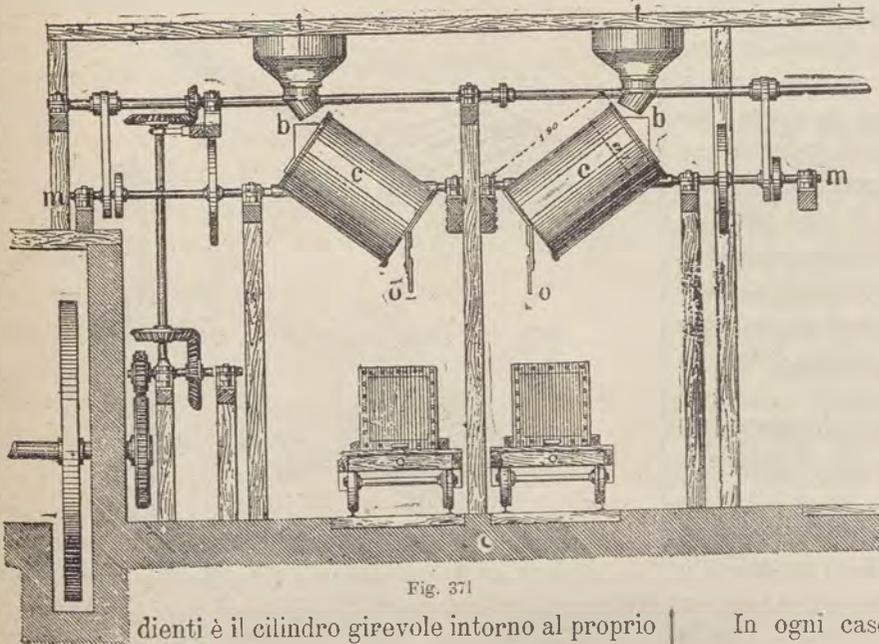


Fig. 371

dienti è il cilindro girevole intorno al proprio asse inclinato, dato nella fig. 372. Questo

tiere per rispetto ai depositi dei materiali, destinati a comporre il calcestruzzo, ed in relazione quindi alla natura ed all'entità dei trasporti. Vi sono apparecchi che richiedono il sollevamento di materiali, altri il solo trasporto orizzontale; così che nei primi riesce costoso il trasporto se i materiali si hanno soltanto a piè piano del cantiere, come d'altro lato sarebbe erroneo non profittare dell'altezza alla quale si trovano i materiali, non adoperando un apparecchio, il quale utilizza il peso dei medesimi per compiere il loro rimestamento.

In ogni caso, e qualunque esso sia l'apparecchio che viene preferito, sempre, per la

preparazione del calcestruzzo in un cantiere si richiedono i seguenti lavori: *estinzione della calce, vagliatura delle pozzolane, ove sia il caso, e della ghiaia, preparazione del pietrisco*, allorchè questo

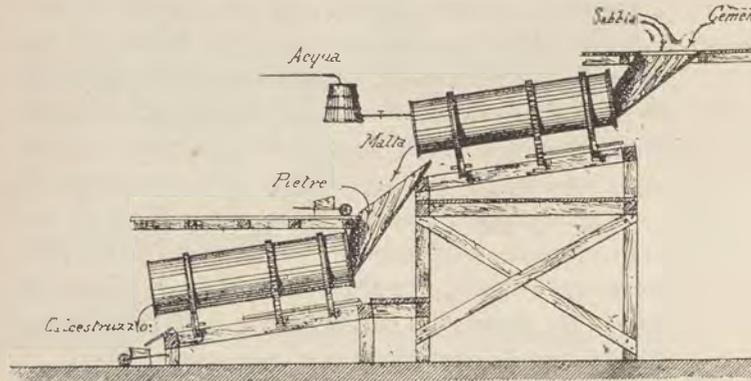


Fig. 373.

sostituisce la ghiaia e *lavatura del medesimo o della ghiaia, trasporto dei materiali* nel luogo in cui si confezionano la malta ed il calcestruzzo, *fabbricazione di questi materiali e trasporto del calcestruzzo confezionato* al luogo in cui si pone in opera.

### § 13.

#### IL COLLOCAMENTO IN OPERA DEL CALCESTRUZZO.

Per l'impiego del calcestruzzo si hanno norme differenti secondo che il calcestruzzo si mette in opera in siti all'asciutto ovvero in lavori subacquei, come avviene nelle costruzioni marittime e fluviali. In ogni caso è condizione essenziale quella di impiegare il minimo tempo possibile per metterlo in opera, facendo in maniera che ad uno strato di calcestruzzo si sovrapponga un secondo pria ancora che si sia iniziata la presa del primo, se si vuole una perfetta continuità della massa murale. Conseguentemente il cantiere per la fabbricazione del calcestruzzo va istallato in prossimità del luogo in cui si impiega, perchè il materiale confezionato possa subito collocarsi in opera.

Fuori acqua il calcestruzzo può servire per strutture murali e di fondazione ovvero per strutture di speciali volte.

Se si tratta di costrurre delle fondazioni, la forma nella quale si versa il calcestruzzo è costituita dal cavo di terra, al quale si assegnano le dimensioni necessarie per contenerle esattamente. Per la

costruzione di muri fuori terra e per la costruzione delle volte il calcestruzzo si versa in forme preparate per lo più in legname, aventi le dimensioni interne eguali a quelle richieste dalle strutture suddette. Queste forme sono costruite con pareti di tavole lisce, situate a contatto, trattenute e rafforzate da travature di legname e tiranti di ferro, connessi in maniera provvisoria, di modo che tutto il materiale in esse impiegato possa nuovamente utilizzarsi per simili od altri lavori.

In lavori fuori acqua il calcestruzzo si mette in opera per strati aventi m. 0,70 a 0,30 di spessore, che si pylonano accuratamente per dare un assetto stabile e regolare alle pietre che lo costituiscono, eliminandone i vuoti; così agendo il calcestruzzo raggiunge una consistenza ed una resistenza finale di gran lunga superiore.

Se si tratta di strutture di fondazione o di muri, gli strati saranno disposti orizzontalmente e battuti perpendicolarmente alla loro superficie, cioè nel senso verticale o dello spessore degli strati. Nella costruzione delle volte gli strati di calcestruzzo si dispongono con la loro superficie nel senso del raggio di curvatura della volta, nella stessa maniera come le superficie di posa dei filari di cunei nelle volte in pietra da taglio e conviene che si battano in due sensi, in quello, cioè, perpendicolare alla superficie degli strati ed in quello parallelo, ossia nel senso perpendicolare all'intradosso della volta. La pila-

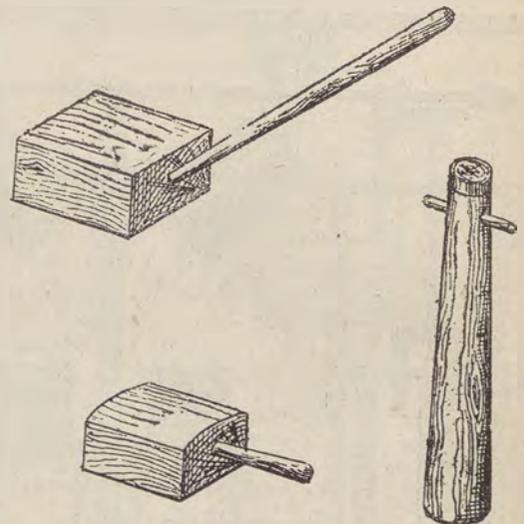


Fig. 374.

tura degli strati di calcestruzzo si compie per mezzo di mazzaranghe di legno di forma e di peso varia-

bile, secondo i casi (fig. 374), quest'ultimo tra i 10 e i 20 Kg.

Le forme di legname, che si impiegano per contenere i getti di calcestruzzo, si smontano allora quando si è sicuri che il calcestruzzo abbia raggiunto una sufficiente consistenza per resistere al peso proprio ed a quello della costruzione che si vuol sovrapporre, nonchè alle sollecitazioni che da queste provengono. Il tempo necessario per tale disarmo è variabile nei limiti di giorni 4 a 28, crescendo generalmente col crescere dello spessore delle murature. Durante questo periodo di tempo si ha cura di non fare soverchiamente prosciugare il calcestruzzo, bagnandone spesso le superficie esteriori, acciocchè non gli venga a mancare l'acqua necessaria per compiere una energica presa.

Le norme che regolano la gettata del calcestruzzo sott'acqua differiscono dalle precedenti per le speciali difficoltà in cui si va incontro in tale genere di lavori. Il calcestruzzo, gettato liberamente nell'acqua, tende a disgregarsi nei suoi elementi, lavandosi; esso, perciò, si impoverisce di agglomerante e perde parte della sua resistenza. Sott'acqua poi, gli strati di calcestruzzo difficilmente possono pilonarsi senza diluirsi e gli uni sugli altri poco bene aderiscono, perchè l'acqua vi deposita gli elementi che trattiene temporaneamente in sospensione; questi elementi per quanto presi dalla malta, non hanno più le qualità cementizie, che prima possedevano, ed agiscono perciò come materie isolanti tra due strati consecutivi.

Ad evitare o ridurre al minimo questi inconvenienti nelle gettate di calcestruzzo sott'acqua si adottano i tre seguenti procedimenti: *gettate per scarpata*, *gettate entro tramogge* e *gettate con casse*.

Per spessori di acqua non eccedenti i 2 m. si può procedere col metodo della scarpata. Consiste questo metodo nel gettare il calcestruzzo sullo stesso

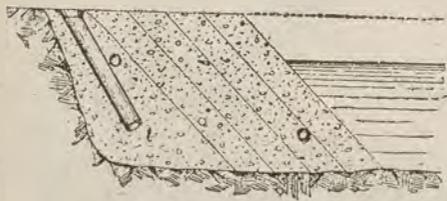


Fig. 375.

punto, finchè non sia venuto fuori del pelo d'acqua; allora continuando il getto nello stesso punto, per azione del proprio peso e per quella di una leggera

pilonatura che gli si dà, il nuovo materiale aggiunto penetra nella massa di quello precedentemente messo in opera, ancora pastoso, ne allarga la base, spostando la scarpata, e con essa la superficie di contatto coll'acqua che si mantiene sempre la stessa. Questa operazione viene talvolta agevolata coll'intermezzo di un tubo di ferro *t* (fig. 375), entro al quale si getta il calcestruzzo che perviene nella parte più profonda della massa, allargandola facilmente alla base. Per profondità superiore ai 2 m. si procede alle gettate di calcestruzzo avviandolo entro tramogge di legno o di ferro che arrivino fino al posto in cui esso deve disporsi a strati; conviene che gli strati in questo caso raggiungano lo spessore intorno 1 m. Le tramogge, sia di ferro (fig. 8 Tav. XVIII), che di legno (fig. 2. Tav. XVII), si dispongono verticalmente sospese a un galleggiante o ad un carrello mobile su apposito castello di legname nei due sensi normali, secondo la lunghezza e secondo la larghezza della gettata. Per gettate piuttosto profonde la sospensione e lo scorrimento si effettuano nella maniera indicata nella fig. 376.

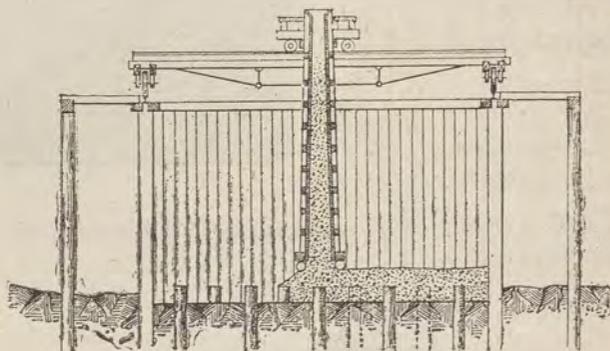


Fig. 376.

Dalle precedenti figure si può facilmente immaginare il procedimento da seguire nelle gettate con tramogge; riempita la tramoggia di calcestruzzo basterà sollevarla e spostarla di piccoli intervalli per volta, perchè il materiale depostovi esca dalla bocca inferiore e si depositi sul fondo. Collocato un primo strato pria di sovrapporne un secondo è necessario pulire la superficie superiore del primo della melma depostavi dall'acqua, ciò che si ottiene facilmente facendo pervenire con un tubo, che arrivi fino alla superficie che si vuol pulire, un getto d'acqua in pressione, o facendo in modo che l'acqua, nella quale si compie il getto del calcestruzzo sia lentamente scorrevole.

Per gettate molto profonde si usa far pervenire

il calcestruzzo sul fondo per mezzo di recipienti nei quali si chiude. Questi recipienti si aprono o si capovolgono, lasciando colare il calcestruzzo, allorchè sono arrivati nel sito in cui questo deve essere impiegato. Nelle

figlie la chiusura che tiene vicine le due parti costituenti la cassa, ovvero apre una porzione del fondo. Nella fig. 377 è indicata un'altra forma di cassa di legno che però poco differisce dalle precedenti, nella fig. 378 si ha una cassa metallica, semicilindrica, costituita di due parti le quali, tirando una corda *c*, si fanno distaccare, allorchè sono giunte nel fondo

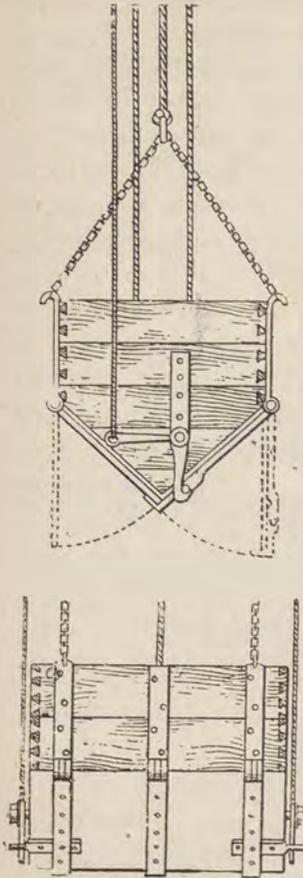


Fig. 377.

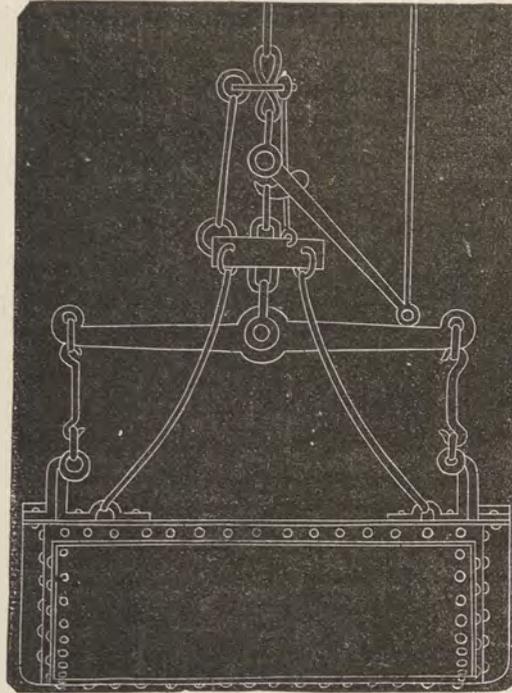


Fig. 378.

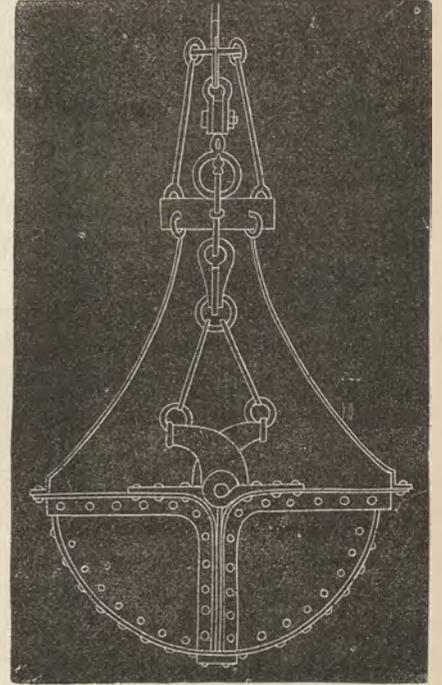


fig. 4, 5, 7 Tav. XVIII sono indicate tre forme differenti di recipienti descritti a § 3 cap. II. p. 106

e nella fig. 379 si ha la rappresentazione di una cassa capovolgibile, allorchè tocca il fondo. Secondo la loro capacità ed il peso che raggiungono, allorchè sono

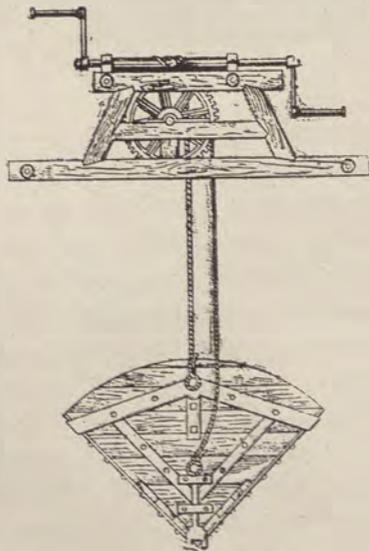


Fig. 379.

queste casse sospese si manovrano per mezzo di una corda, la quale o fa capovolgere l'apparecchio o to-

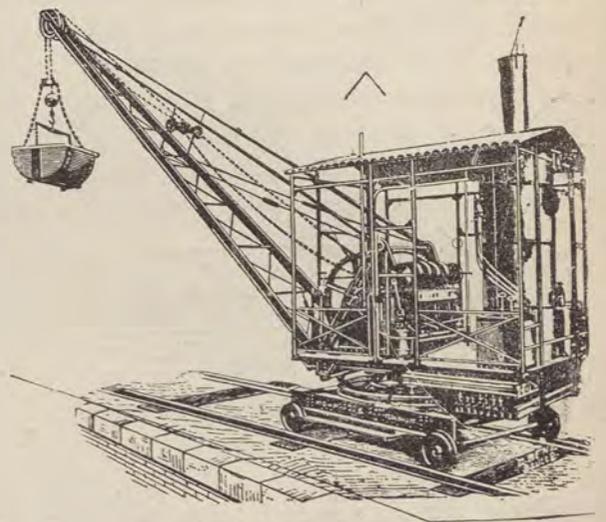


Fig. 380.

pieni di materiale, questi recipienti si sollevano e si immergono per mezzo di organi, grue, ecc. (fig. 379, 380).

## § 14.

## LE APPLICAZIONI DEL CALCESTRUZZO.

Col calcestruzzo si ottengono alcune *pietre artificiali* che poi si impiegano nei lavori idraulici e nelle costruzioni edilizie. Queste pietre hanno forma e dimensioni differenti, secondo l'uso al quale sono destinate e cioè blocchi di diversa grandezza, mattoni, gradini, vasche, tegole per coperture, mattonelle per pavimenti, tubi per acqua, condotti per fogne, ecc. Tutte queste pietre sono suscettibili di un certo grado di lavorazione e si possono anche pulire e lucidare, come i marmi, quando sono fabbricate specialmente con calcestruzzo di cemento, nel quale si sia impiegato un pietrisco proveniente da marmi o da altre pietre variamente colorate.

I *blocchi* sono ammassi di calcestruzzo di forma prismatica, del peso variabile fra le 5 e le 100 tonnellate, che si impiegano dopo il loro indurimento per costruzioni marittime. Di rado si eccede nel peso oltre il limite sopradetto, perchè, col crescere di questo, crescono enormemente le difficoltà del trasporto e della loro collocazione. Sebbene i blocchi di calcestruzzo fossero stati costruiti fin dall'epoca Romana, soltanto nella seconda metà del secolo scorso ne venne ripresa la fabbricazione su larga scala per la costruzione dei porti del Mediterraneo; lungo il litorale di questo mare potendosi facilmente

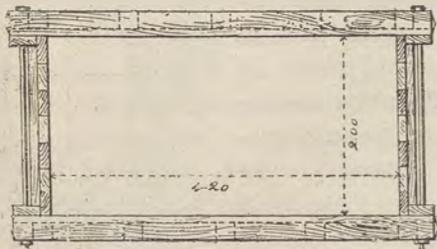


Fig. 381.

disporre di pozzolana i blocchi sono stati costruiti per lo più con malta di calce e pozzolana, anche perchè pria del loro impiego si può facilmente attendere per il tempo necessario a questa malta onde possa compiere la presa; così tutti i lavori del porto di Genova si poterono eseguire impiegando blocchi

del peso di 30 tonn. (m.  $3 \times 2 \times 1,75$ ), formati con calcestruzzo composto con 7 p. di pietre e 4,5 p. di malta idraulica di calce grassa e pozzolana di Roma.

Per la costruzione dei blocchi di calcestruzzo valgono in genere le stesse norme riferentisi all'impiego del calcestruzzo; questo materiale, cioè, viene deposto entro forme prismatiche di legname aperte superiormente e nel fondo (fig. 381) per strati di m. 0,25 circa di spessore, che si battono accuratamente. Le forme si dispongono nel cantiere per file, l'una sufficientemente distante dall'altra, perchè in seguito si possano smontare, ed in quella posizione si mantengono per tutto il tempo richiesto dal calcestruzzo per condensarsi. Per la manovra di questi massi pesanti occorre lasciare degli incavi sui fianchi e sul fondo (fig. 382) necessari per passarvi le catene, allora

quando si devono sollevare. Da certo tempo a questa parte va divulgandosi anche l'impiego di *blocchi di calcestruzzo forati* costruiti sullo stesso principio dei mattoni forati di terra cotta. Sono blocchi prismatici di dimensioni svariate, d'ordinario comprese tra i 5 e i 30 cm. di spessore per il doppio di altezza e i m. 0,50 a 0,60 di lunghezza, attraversati nel senso della lunghezza da uno, due o più fori, di varie forme, che ne

diminuiscono sensibilmente il peso ( $\frac{1}{3}$  a  $\frac{1}{2}$ ) senza alterarne la resistenza, la quale difficilmente riesce minore a quella di un muro di mattoni avente doppio lo spessore. Tali blocchi di calcestruzzo si impiegano per la costruzione di muri d'ambito, di muri maestri e di muri divisorii, laddove si richiede minore il peso e lo spessore e maggiore la resistenza. Si fabbricano con calcestruzzo di cemento, composto con ghiaia minuta, che si getta entro apposite forme di ghisa, provviste di anima, nelle quali si comprime fortemente. Levati dalle forme questi blocchi si fanno asciugare lentamente in luogo umido. Gli edifici costruiti con muri di blocchi forati hanno il vantaggio di possedere gli ambienti interni isolati dal caldo in estate e dal freddo in inverno, agendo gli spazi vuoti come intercapedini isolanti.

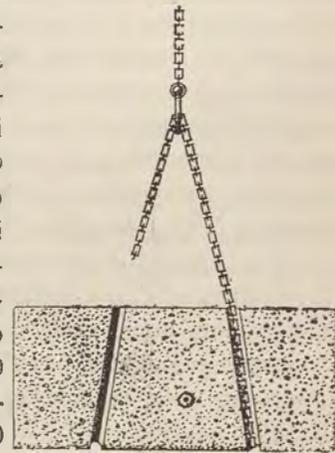


Fig. 382.

Seguendo un analogo procedimento si possono fabbricare i *tubi per condutture d'acqua*, i diametri dei quali possono variare da m. 0,035 a 1, e gli spessori da  $\frac{1}{8}$  a  $\frac{1}{10}$  del diametro, mentre quasi sempre la loro lunghezza è di 1 m. circa. Per il loro collegamento, ciascun tubo è foggiato alle due estremità a maschio e femina, come si pratica per i tubi di terra cotta, di maniera cioè che ogni tubo possa penetrare nel precedente per una lunghezza di 3 a 5 cm. La costruzione dei tubi si compie nel cantiere e per essi si impiega, come per i blocchi forati, malta di cemento e ghiaia minuta; la messa in opera ha luogo dopo che il loro prosciugamento è completo; tanto i blocchi forati che i tubi si stuccano poi fra loro per mezzo di buona malta di cemento.

Le condutture d'acqua costruite siffattamente con tubi saldati lasciano facilmente sfuggire l'acqua, allorchè questa è in pressione, un piccolo orificio rimasto fra la saldatura di due tubi consecutivi bastando a determinare la fuga dell'acqua. Ad evitare questo inconveniente si costruiscono le tubature di un sol pezzo continuo, gettandole sul posto; queste tubature presentano anche il vantaggio di riuscire economiche, se la ghiaia e la sabbia si trovano abbondanti lungo il percorso della loro costruzione. Per tali condutture, gettate sul posto, occorre l'impiego di un'anima interna, la quale si toglie e si trasporta mano mano coll'avanzare del lavoro, e di una cassa esterna, mobile anch'essa, la quale limita il getto medesimo. Nella fig. 383 è rappresentato

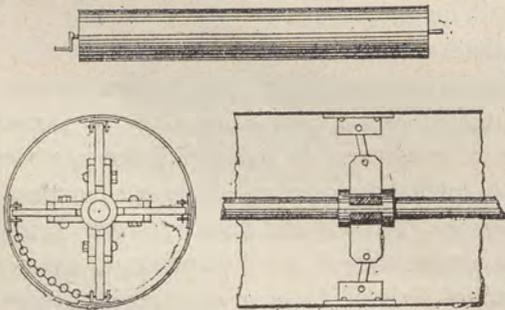


Fig. 383.

il cilindro di lamiera che ordinariamente si adopera come anima scorrevole; questo cilindro di lamiera non chiodata possiede la facoltà di potersi restringere, allorchè si deve estrarre fuori, il suo diametro potendo diminuire per l'azione di un albero centrale interno e di diversi sistemi di bracci a cerniera, come chiaramente si comprende dalla figura. Tanto l'anima che la cassa esterna si smontano e si tra-

sportano appena che la presa del calcestruzzo contenutovi è iniziata. Allora basterà raschiare e bagnare la superficie di congiungimento dei due getti, perchè la tubatura riesca di struttura continua.

Quanto è detto per la costruzione nel cantiere dei tubi per condutture d'acqua si può riferire alla costruzione dei condotti per fognature. Questi tubi si preparano in cantiere in appositi stampi di ghisa, dove il calcestruzzo, di ghiaia e di cemento, viene gettato e ben compresso e si impiegano dopo che sono perfettamente asciutti. Differiscono per la forma dai precedenti, preferendosi la sezione circolare soltanto per i condotti di piccolo diametro (m. 0,50) di cui nella fig. 384 è dato il disegno rilevato da quelli adottati a Milano per la nuova rete di fognatura

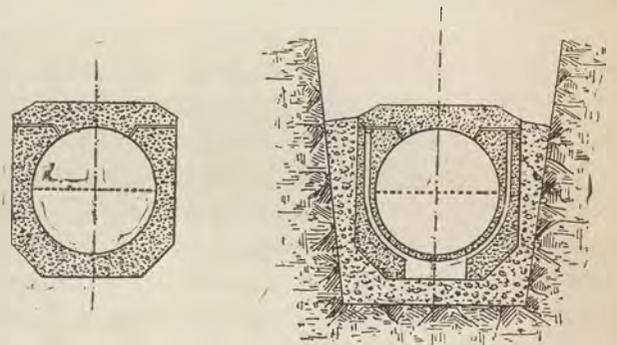


Fig. 384.

Fig. 385.

di quella città. Questi tubi sono muniti di un coperchio per potersi nettare dagli eventuali ingombri e la loro ubicazione nel cavo è quella segnata nella fig. 385, sopra un letto, cioè, di calcestruzzo pastoso che li avvolge anche sui fianchi.

Per condotti di grande portata si preferiscono le sezioni ovali, il getto però di essi si fa sul posto e la fig. 386 indica chiaramente la loro ubicazione per rispetto al cavo nel quale si mettono in opera.

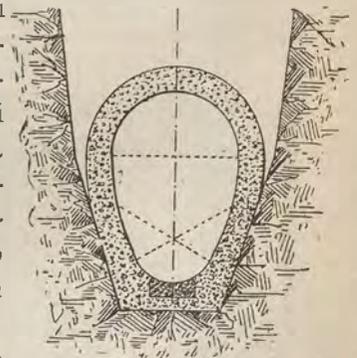


Fig. 386.

Una delle industrie nazionali derivanti dalla applicazione del calcestruzzo è la fabbricazione delle mattonelle per pavimenti a svariati disegni ed a colori. La loro costruzione è semplicissima, richiedendosi una buona malta di cemento e sabbia lavata; la malta si colora allorchè si vogliono costruire mat-

tonelle colorate. Per le mattonelle imitanti mosaici, oltre la malta di cemento e la sabbia, si richiede l'impiego di pietruzze di marmi colorati. Naturalmente per una fabbrica di mattonelle di cemento è necessario un vasto cantiere per potere disporre di un considerevole numero di forme, in cui si colloca prima la sabbia o le pietruzze colorate, sulle quali si versa la malta di cemento, ed il tutto si comprime fortemente per mezzo di torchi idraulici. Queste mattonelle per la loro eleganza, per il prezzo mite con cui si vendono in commercio e perchè dotate di una forte resistenza all'attrito, sono preferite dovunque per la costruzione di pavimenti negli edifici di abitazione. Di esse più a lungo diremo in apposito capitolo, allorchè sarà trattato l'argomento della pavimentazione.

I gradini per la costruzione delle scale possono essere fabbricati con calcestruzzo di getto in cantiere, ed allora sono messi in opera come pietre artificiali, allorquando si sono essiccati; ovvero gettando il calcestruzzo sul posto entro apposite forme che ne limitano l'alzate, le pedate e lo spessore che può essere unico per le lastre costituenti le alzate e le

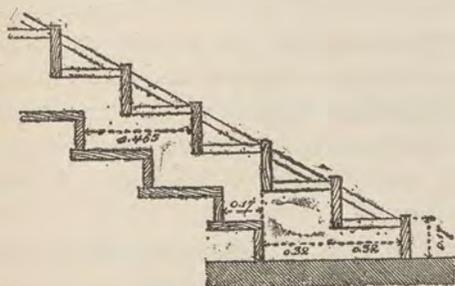


Fig. 387.

pedate (fig. 387). Talvolta l'intradosso della scala è una superficie continua tangente agli spigoli interni degli scalini, costruiti alla maniera precedente; in tal caso gli scalini risultano più pesanti, mentre non guadagnano molto in resistenza. Il loro getto può farsi sopra lamiere ondulate che determinano la superficie di intradosso delle rampe (fig. 388); queste lamiere lasciate in opera migliorano la resistenza alla flessione degli scalini.

Con calcestruzzo di getto si costruiscono anche voltine per solai, interposte fra travi di ferro a doppio *T*. Collocate a posto le travi e preparata la centina con manto di tavole, vi si cola il calcestruzzo, che si estradossa orizzontalmente e si pilona fortemente sull'armatura. Nella Tav. XXVII sono segnate la forma e le dimensioni di diverse voltine di

calcestruzzo sostenute da travi di ferro, o di legno, alcune coll'intradosso in curva, altre in piano. Il calcestruzzo per la costruzione di queste voltine per solai si compone con ghiaia minuta e malta di ce-

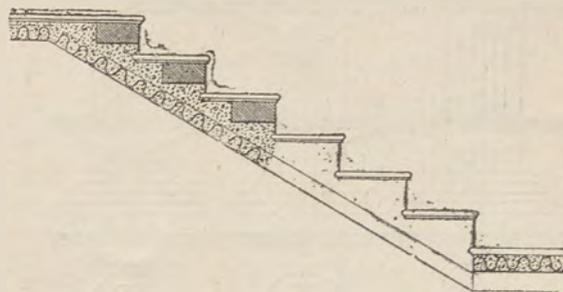


Fig. 388.

mento nella proporzione di 5 a 8 di ghiaia e sabbia, per 1 di cemento. A Berlino, dopo l'anno 1871, si fabbricarono molte case di civile abitazione con le strutture murali esclusivamente costituite di calcestruzzo di cemento e ghiaia minuta. Per le strutture murali il calcestruzzo si mette in opera in apposite forme di legname a pareti lisce verticali che le contengono esattamente e nelle quali il calcestruzzo si batte e si comprime con mazzaranghe per strati non eccedenti m. 0.80. Ad ogni singolo strato di materiale le forme si spostano per ricollocarle in posizione tale da potere ricevere lo strato superiore a quello già messo in opera. Occorrono d'ordinario 24 a 36 ore di riposo, perchè uno strato di calcestruzzo possa liberarsi della forma. Questo sistema di costruire presenta un inconveniente proprio del calcestruzzo, quello cioè di non lasciarsi facilmente forare; nei muri così costruiti difficilmente si potranno in seguito praticare vani di porte, canne di camino, ecc. Per questo motivo il sistema di costruire con calcestruzzo di cemento le strutture murali ordinariamente viene limitato alla costruzione di case rurali, di magazzini, di officine, di stabilimenti industriali, ecc. In Egitto per l'Amministrazione del canale di Suez si sono costruiti diversi edifici, impiegando per le strutture murali calcestruzzo composto con sabbia del deserto e cemento. Recentemente nel porto di Genova sono stati elevati i grandiosi magazzini dei silos per i grani, impiegando per tutte le strutture murali calcestruzzo di ghiaia e cemento.

Per le strutture di fondazione il calcestruzzo si impiega convenientemente allora quando si è costretti a fondare sopra terreni compressibili o comunque insufficienti a sostenere tutto il peso di un edificio.

In questo caso si adotta il sistema dei grandi imbasamenti a gradinate (fig. 389) o meglio quello delle grandi platee; con entrambi i sistemi le pressioni

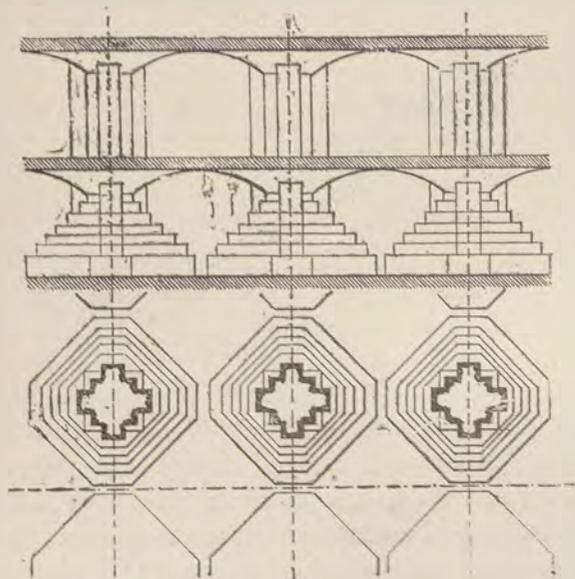


Fig. 389.

che dovrebbero esercitare sul terreno i pilastri che sopportano l'edificio, vengono ripartite sopra una superficie maggiore di terreno. Il già citato Palazzo di Giustizia in Roma è stato fondato sopra un banco di argilla non uniformemente resistente, coll'intermezzo di una platea continua di calcestruzzo estesa a tutta la superficie fabbricata (mq. 25000 circa) avente lo spessore di 2 m. nelle parti meno alte della fabbrica e di 3 m. nelle parti più elevate.

### § 15.

#### LE STRUTTURE IN CEMENTO ARMATO.

Le strutture in cemento armato in Italia hanno preso uno sviluppo considerevole in questi ultimi tempi dopo che nelle altre nazioni questo genere di costruzioni si sviluppò di pari passo con le costruzioni di calcestruzzo.

La proprietà che hanno il cemento ed il calcestruzzo di cemento di resistere notevolmente alla pressione e poco alla tensione fece nascere l'idea di supplire a questa deficienza internando nella massa del conglomerato delle parti di ferro là dove, per la natura degli sforzi a cui era assoggettato, veniva sollecitato a tensione. Ebbe così origine un primo procedimento, il più semplice, di costruire il cemento

armato, consistente nell'interporre, fra le parti della struttura cementizia soggetta a sforzi di tensione, dei fili di ferro o di acciaio, che più tardi talvolta si sostituirono con reti di lamiera metallica, trovate molto resistenti; la forte aderenza che spiega il cemento col ferro fa sì che questo si incorpora con quello in maniera salda, formando un tutto solido e resistente per l'azione del ferro nei punti in cui è soggetto a tensione e per l'azione propria del cemento nei punti in cui questo è soggetto a pressione. Seguendo tal sistema si possono costruire lastre per voltine sorrette da ferri a T, lastre per solai di ogni ampiezza, travature, archi, volte, ecc., con spessori molto esili per cui si consegue una leggerezza non comune.

In questo genere di strutture le parti sollecitate a tensione e quelle a pressione riescono collegate fra loro per effetto della coesione del medesimo materiale agglomerante; poichè in casi determinati di sforzi speciali, questa forza di coesione può riuscire insufficiente, si rese necessario un secondo procedimento del costruire il cemento armato, collegando le parti diversamente sollecitate per mezzo di ferri trasversali o di staffe, le quali abbracciando i fili di ferro longitudinali terminano nelle parti in cui la sezione è sollecitata a pressione. Così facendo si ottiene un più sicuro legame nella massa cementizia di quelle strutture sollecitate da sforzi piuttosto considerevoli, come sarebbero gli archi, le volte, le travature, ecc.

Un terzo procedimento più complesso, finalmente, consiste nell'impiegare i fili di ferro tanto nelle parti soggette a tensione, quanto in quelle ordinariamente soggette a pressione, nelle costruzioni in cui queste parti possono anche essere, in determinati casi di sollecitazione, soggette a tensione, come sarebbe la volta di un ponte sollecitata da un carico mobile. In questi casi nella massa del conglomerato si interpone un reticolato completo rigido di ferri longitudinali e trasversali, che da solo, indipendentemente dalla struttura cementizia, sia capace di resistere a una parte degli sforzi a cui deve sottoporsi la completa costruzione, lasciando al conglomerato di resistere alla rimanente parte di essi.

Oltre le volte, le voltine, i solai, le travature, con questi ultimi procedimenti si possono costruire in calcestruzzo od in cemento armato i muri, i tramezzi, le passerelle, i ponti per strade ordinarie, i ponti per ferrovia, i tubi, i serbatoi per acqua, le

dighe, ecc. La durata e la resistenza di queste costruzioni si deve in gran parte alla forte aderenza che il cemento presenta pel ferro, di maniera che questo viene a costituire una parte intima del materiale cementizio che lo avvolge; ond'è necessario impiegare malta o calcestruzzo ricco di cemento nelle parti in cui questi materiali sono a contatto, perchè massima riesca la loro aderenza. Si eviteranno perciò le malte e i calcestruzzi magri, anche perchè il ferro potendo riuscire incompletamente coperto, non sarebbe sufficientemente garantito dall'ossidazione tanto dannosa alla stabilità del cemento armato.

Come tutte le costruzioni in cemento, quelle in cemento armato presentano l'inconveniente di non lasciarsi facilmente modificare dopo la loro costruzione. Però di contro a questo difetto presentano dei notevoli vantaggi, fra i quali principalmente sono da citarsi il maggiore spazio utile che queste costruzioni ci lasciano per effetto delle loro esili dimensioni e la forte economia nella provvisione dei materiali che le costituiscono ed una sensibile riduzione dei lavori di terra e di fondazione, ciò che nel complesso importa una sensibile economia di spesa ad onta della maggior mano d'opera e della spesa delle forme necessarie per la loro esecuzione.

La dilatazione dei due materiali, cemento e ferro, per effetto del calore essendo quasi identica, l'ade-

renza di questi materiali non viene a menomarsi anche per sensibili cambiamenti di temperatura.

Riservandoci di illustrare ampiamente in appositi capitoli i diversi tipi di costruzione in cemento armato, giova qui per ora ricordare come la forma dei fili, di ferro o di acciaio, ritenuta conveniente, è quella cilindrica, sia perchè così il metallo riesce di minor costo, sia perchè le sezioni quadrate o comunque angolari non offrono quella garanzia di sicurezza che offrono le sezioni circolari, potendosi negli spigoli facilmente verificare delle piccole lesioni che alla loro volta possono essere causa di fratture più sensibili dannose alla stabilità della costruzione.

Le malte che si adoperano pel cemento armato nelle costruzioni aventi piccoli spessori, sono composte di 1 a 3 di cemento e 3 di sabbia lavata, secondo la resistenza e la permeabilità che si richiede nella struttura cementizia. Convieni che il cemento sia a presa nè troppo lenta, nè troppo rapida; nel primo caso per troppo lungo tempo resterebbero immobilizzate le forme, nel secondo non si avrebbe il tempo necessario di pigiare e battere il materiale nelle forme, come si pratica pria che sia iniziata la presa. Aumentando gli spessori delle murature, anzichè di malta di cemento, si fa uso di calcestruzzo composto con 1 di cemento, 1,5 di sabbia ed 1,5 a 2 di ghiaia o pietrisco.

## CAPITOLO V.

### I LEGNAMI

#### § 1.

##### LE GENERALITÀ.

Le sostanze principali elementari costitutive del legno sono il *carbonio*, l'*idrogeno*, l'*ossigeno* e l'*azoto*; esse vengono fornite alle piante in massima parte dall'acqua e dall'aria ed a questa si restituiscono allorchè il legname, bruciando, si sperde in parte sotto forma di gas. A queste sostanze se ne aggiungono altre minerali, che i legnami attingono dalla terra, e sono la *calce*, la *silice*, il *solfo*, il *ferro*, il *fosforo*, la *magnesia* e la *potassa*. La *linfa* o *succo legnoso* nelle piante è l'insieme di alcune sostanze componenti allo stato liquido.

Per le costruzioni si adoperano tanto i tronchi che i rami degli alberi; i primi servono per costituirne le parti più poderose, come sarebbero i zatteroni per le fondazioni, le armature dei tetti, dei solai, dei ponti di servizio, delle scale, ecc., i secondi, di dimensioni più limitate si impiegano per i finimenti delle fabbriche, per gli arredi, per le piccole armature del coperto, per la costruzione dei mobili ed in generale per tutti i piccoli lavori.

Nella sezione normale alle fibre di un albero si distinguono nettamente: il *midollo*, che occupa la parte centrale, piuttosto ristretta, generalmente poco tenace, poco consistente nelle giovani piante; la *parte legnosa*, che sotto forma di anelli concentrici racchiude il midollo, costituisce le fibre longitudinali, le quali sono di numero tanti quanti sono gli anni di vita della pianta; l'*alburno* che è la parte degli anelli legnosi, più vicina alla periferia, meno

consistente e di colorito più chiaro delle fibre interne e la *corteccia* che è la parte rugosa, poco consistente e fragile secondo la quale termina esteriormente il fusto e che comprende tre parti: la pellicola esterna che si chiama *epidermide*, la parte interna, a contatto dell'alburno che prende il nome di *libro* e la parte intermedia tra il libro e l'epidermide detta *succhio* o *combio*. Il legname lavorativo propriamente adatto per le costruzioni è costituito dalla parte più consistente e più forte del trave, cioè dalle fibre longitudinali legnose comprese fra il midollo e il limite in cui ha principio l'alburno.

I legnami da costruzione si classificano in *legnami duri* o *forti*, quelli che presentano molta resistenza e durezza ed in minor grado possiedono la lavorabilità, in *legnami teneri* o *dolci*, quelli in cui le prime qualità sono minori e maggiore è la lavorabilità. Si hanno inoltre i *legnami resinosi* ed i *legnami fini*; nei primi si comprendono le piante conifere caratteristiche, perchè contengono molta resina, e nei secondi quegli alberi, che per la compattezza e bellezza del loro tessuto, si usano come legnami decorativi o di impiallacciatura.

*I legnami forti.* — Forniscono legnami forti e duri la *quercia*, l'*olmo*, il *castagno*, il *noce*, il *frassino* ed il *faggio*.

La *quercia* è la pianta che fornisce il legname più duro, più resistente e di maggiore durata, sia impiegata all'asciutto che all'umido; sott'acqua acquista una consistenza tale per cui riesce indefinitamente resistente e di lunghissima durata. Questo legname perciò viene impiegato di preferenza nelle costruzioni idrauliche, nella costruzione delle navi,

dei ponti e delle traversine da ferrovie; esso è di colorito giallo-bruno e possiede le fibre legnose diritte, vicine le une alle altre, e molto resistente si presenta pure la parte legnosa che separa le fibre tra loro. Delle diverse qualità di quercie, quelle più in uso nelle costruzioni sono la *quercia pedunculata*, che è la più elastica, il *rovere*, che è la qualità più resistente, e la *quercia sughero* caratteristica perchè la sua corteccia ci dà il *sughero* e la parte legnosa è la più indicata per i lavori di palificazione.

L'*olmo* presenta le medesime qualità della quercia, soltanto riesce di minor durata e di difficile lavorazione. Si impiega per lavori subacquei e per lavori all'asciutto, nelle travi composte e nelle incavallature, per formarne le parti che per la loro destinazione sono sottoposte a frequenti tagli od incastri.

Il *castagno* fornisce un legname di qualità inferiore a quelli precedenti, però è molto in uso sia per l'abbondanza che se ne ha in Italia, sia per le dimensioni regolari e molto adatte per le travature e per i lavori di palificazione; sott'acqua si comporta come la quercia; laddove abbonda si impiega convenientemente per le armature dei tetti e dei solai e talvolta anche per la costruzione delle imposte esterne; qualora però non viene opportunamente difeso dal tarlo, questo lo corrode facilmente, senza che il deterioramento del legname si faccia palese allo esterno.

Il *noce*, il *frassino* ed il *faggio* hanno usi più ristretti dei precedenti legnami nei lavori da costruzione. Così il noce non si impiega che per costruire imposte interne di lusso, mobili, pavimenti, ecc., essendo di bel colore grigio-giallo; il faggio per la costruzione di pavimenti ed il frassino per la costruzione delle ruote dei veicoli da trasporto e dei manichi da ferramenta.

*I legnami dolci.* — Forniscono i legnami dolci il *pioppo*, l'*ontano*, la *betulla*, il *carpino*, l'*acero*, il *tiglio*, il *platano*, il *salice* e l'*acacia*. La maggior parte di queste piante vivono in terreni umidi per cui presentano un tessuto spugnoso, pregno di liquidi ed il loro legname è poco adatto ai lavori esposti all'aria libera, perchè si deformano e si alterano facilmente. Si prestano invece per lavori di tornio ed in tavole per coperto di solai, per mobili, ecc. Il *pioppo* con le sue qualità di *pioppo bianco*, *nero*, *tremolo*, ecc. è caratteristico per la sua elasticità; si impiega principalmente per centine da soffitto e nel commercio per la costruzione di casse da imbal-

laggio. L'*ontano* si distingue perchè si conserva bene sott'acqua, allorchè è messo in opera tagliato di fresco; il *tiglio* perchè è ricercato per lavori di intaglio essendo la sua grana fina e pastosa.

*I legnami resinosi.* — Danno legnami resinosi il *pino*, il *larice*, l'*abete*, il *cipresso*, l'*eucaliptus*. Questi legnami hanno tenera la parte legnosa compresa tra gli strati anulari e tenaci invece le fibre che sono pregne di sostanze resinose.

Il *pino* comprende diverse varietà. Le più comuni fra noi sono: il *pino di Corsica* che dà legname bianco con fibre gialle, molto adatto alla lavorazione delle imposte interne delle case; è, tra le diverse specie, uno di quelli che meno sono compatti e che più facilmente si fanno attaccare dal tarlo; il *pino marittimo* della pineta di Ravenna che dà legname di poco inferiore qualità ed il *pino silvestre* o *del Nord*, così detto, perchè proviene dal settentrione di Europa, che è la varietà che dà migliori legnami da costruzione. In California il pino vegeta di grandissime proporzioni e se ne fa importazione anche in Europa.

Il *larice* è fra gli alberi resinosi quello che fornisce il miglior legname adatto per qualsiasi lavoro di costruzione; è caratteristico fra le piante conifere, perchè è il solo che perde di inverno le foglie.

Esso non costituisce sostanzialmente che una varietà del pino, ed il più apprezzato è il *larice rosso* o *pino-pece* (pitch-pine degli Americani) che ci proviene dagli Stati Uniti; il suo legno è giallo-rosso più o meno carico secondo la qualità e per la costruzione degli infissi di porte e di finestre può dirsi senza rivali, in quanto che esposto al sole, per effetto del calore, le sostanze resinose si separano e si stendono sulla superficie lavorata otturandone tutte le commessure, di modo che d'inverno le costruzioni fatte con questo legname si preservano dall'acqua e dall'aria. Si impiega pure sotto forma di travi, di tavole per coperture e per paramenti di case, per solai, soffitti, pavimenti, rivestimenti di veicoli ferroviari e delle tranvie, mobilio, ecc., perchè mentre per resistenza rivaleggia con la quercia pur essendo facilmente lavorabile, la sua abbondante resina lo preserva dal tarlo e dalla carie.

Dell'*abete* si annoverano ben 18 varietà; in Italia però vegeta facilmente il *pino abete* ed il *pino pezzo* od *abete di Moscovia*. Il *pino abete* od *abete comune* è caratteristico pel colore bianco, per la leggerezza e per la poca compattezza, talchè si im-

piega unicamente in costruzioni lontane dall'umidità e di non lunga durata, perchè si lascia anche facilmente invadere dal tarlo specialmente se è collocato in ambienti umidi. Si impiega sotto forma di travi e di tavole per tetti, solai, scale, ecc. Il *pino pezzo* od anche *abete rosso* fornisce pure un legname biancastro con fibre colorate in rosso, di facilissima lavorazione come il precedente e più di questo adatto per la costruzione di pavimenti, solai, infissi di porte interne, ecc.

Il *cipresso* dà un legname di colore giallo-rosso caratteristico per la sua durezza e compattezza, per cui riesce molto utile nelle costruzioni, essendo anche inattaccabile dal tarlo, talchè fu creduto anche dagli antichi per incorruttibile. Si hanno due varietà di questa pianta e cioè il *cipresso a rami orizzontali* ed il *cipresso piramidale*; per il loro lentissimo sviluppo però il legname che ci forniscono è molto scarso, per cui raramente se ne fa uso in costruzioni.

*L'eucaliptus* è duro come la quercia ed il cipresso, lavorabile come il noce, fornisce perciò un legname molto adatto per le costruzioni; esso è anche antisettico, perchè la sua resina sponde un odore speciale nocivo alla vita di molti microrganismi. La varietà *eucaliptus globulus*, importata dall'Oceania, viene coltivata nei terreni palustri essendo stata fin'ora creduta nociva alla malaria.

*I legnami fini.* — Forniscono legnami fini quasi tutti gli alberi da frutta: il *sorbo*, il *pero*, il *nespolo*, il *ciliegio*, il *prugno*, il *corbezzolo*, il *corniolo*, il *bosso*, ecc., ai quali si aggiungono: il *mogano*, l'*ebano*, il *palisandro* ed il *teck*. I legnami di questa categoria sono preziosi per la bellezza del loro tessuto e per la facilità con cui essi si lasciano tagliare a strati sottili, condizione indispensabile per il loro impiego, poichè essendo di piccole dimensioni non si possono adoperare che per impiallaccature nella costruzione dei mobili, per cui si possono anche tornire ed intagliare. Sopra di tutti pregiato è l'*ebano*, albero che vegeta nelle Indie e nell'Africa meridionale e che dà un legno rosso-nero compatto, duro, pesante ed incorruttibile. Seguono per importanza il *palisandro* ed il *mogano* e quindi il *sorbo* adatto per la costruzione delle viti da torchio, il *nespolo*, il *corniolo* ed il *corbezzolo* adatti per la dentatura delle ruote dentate ed il *bosso* specialmente usato per viti, madreviti ecc. ed in generale per le parti di un macchinario soggette ad attrito,

offrendo un fregamento assai dolce, mentre oppone una notevole resistenza.

Però i legnami che più si adoperano in Italia per le costruzioni sono: il *pino*, che ci proviene dai boschi della Liguria, dalla pineta di Ravenna, da Vallombrosa, dalla Corsica e dal Tirolo; l'*abete* proveniente dalle Alpi marittime, dal Veneto, dagli Appennini meridionali, dalla Svizzera, dal Tirolo, dalla Dalmazia; il *larice* che ha la medesima provenienza dell'abete; il *cipresso* della Liguria e la *quercia* che vegeta dovunque nel continente e nelle isole. Dagli Stati Uniti d'America ci proviene il *pino-pece* largamente usato nelle costruzioni.

## § 2.

### LE PROPRIETÀ FISICHE DEI LEGNAMI.

Non tutti i legnami si prestano per un medesimo lavoro; il costruttore li adopera generalmente a seconda delle loro attitudini; così per i lavori idraulici vanno impiegati quelli che possono impunemente sopportare l'umidità, per i lavori di carpenteria (armature) quelli che presentano grosse dimensioni, per i lavori da falegname (infissi di porte, finestre, ecc.) quelli leggeri, di facile lavorazione e suscettibili di bel pulimento, ecc. Importante adunque è la conoscenza delle qualità dei legnami; queste qualità si compendiano nelle seguenti proprietà generali: *grandezza*, *peso*, *resistenza*, *durezza*, *elasticità*, *flessibilità*, *lavorabilità* e *durevolezza*.

La terra nutrice alberi di ogni statura, dal pino d'America che può raggiungere 80 m. di altezza, alle piante di più piccolo arbusto. Sembra che la natura abbia assegnato i limiti di statura per ciascuna specie di alberi, tra i quali può aversi qualche variazione individuale per effetto del clima, del suolo e delle altre circostanze che influiscono sullo sviluppo della pianta. I tronchi più lunghi e più grossi si ricavano dalle foreste più longeve, talchè si può ritenere che la grandezza della pianta è dipendente dalla durata della vita assegnata dalla natura per ciascuna pianta, cosicchè il diametro e la lunghezza dei tronchi sono maggiori nelle quercie, nei pini, nell'acero, ecc. che hanno una vita di due secoli circa, e sono minori gradatamente negli alberi di vita più breve, così nei pioppi, negli olmi, ecc. i quali non oltrepassano ordinariamente il mezzo secolo.

Esperimentalmente risulta che un legno di fre-

sco tagliato ha il peso specifico maggiore, che questo peso va mano mano diminuendo con la stagionatura del legname per effetto dell'essiccamento, che il legno dei rami di uno stesso albero è più leggero di quello del tronco e nello stesso tronco che quello dell'alburno è più leggero di quello più vicino al midollo, quando il tronco è di sana costituzione, che avviene l'inverso quando il tronco è in deperimento per una causa qualsiasi, che il peso specifico varia nella stessa specie secondo la maggiore o la minore vitalità avuta dalla pianta, e che finalmente il peso specifico varia col variare della specie della pianta. Gli alberi di più lento sviluppo danno generalmente legni più duri e più pesanti di quelli che hanno rapida vegetazione.

La *resistenza* nei legnami è quella facoltà che li rende atti a sopportare sforzi tendenti ad allungare o ad accorciare le fibre ovvero a farle scorrere, procurandone in ogni caso la deformazione prima e la rottura poi. La resistenza maggiore opposta dal legname è quella diretta nel senso delle fibre (compressione o tensione) la quale varia col variare della compattezza e del peso specifico del legname, essendo maggiore tale resistenza nei legnami più pesanti e minore in quelli meno compatti e più leggeri.

La *durezza* è l'attitudine nei legnami a non lasciarsi scalfire, intaccare od imprimere. Dipende dalla compattezza dei legnami e quindi dalla struttura dei medesimi, dalla maggiore o minore distanza delle fibre. Dipende anche dallo stato umido o secco del legname, possedendo maggior durezza i legnami secchi.

L'*elasticità* è l'attitudine nei legnami di riprendere la forma primitiva, allorchè cessano le forze che lo deformano. Generalmente sono più elastici i legnami quanto più sono pregni di resina.

La *flessibilità* è nelle piante la facoltà di lasciarsi incurvare senza rompersi. È maggiore nei legnami elastici, e nei rami di uno stesso albero più che nel tronco, nei legnami giovani più che nei vecchi, nei verdi più che nei secchi.

La *lavorabilità* è la facoltà di lasciarsi formare in maniere diverse. Dipende generalmente dalla durezza, dalla compattezza ed in special modo dalla regolarità delle fibre. La lavorabilità può dirsi una facoltà individuale di ciascun legname, poichè tutti i legnami sono più o meno lavorabili, ma ciascuno si lascia lavorare meglio in un modo anzichè in un'altro. Così al carraio, al bottaio, al tornitore, all'in-

tagliatore, ecc. non sono convenienti che determinati legnami.

La *durevolezza* è la facoltà di non lasciarsi corrompere facilmente. Tanto meno si alterano i legnami tanto maggiore è la loro durata. Tutti i legnami sono corruttibili, ma in vario grado; deperiscono più facilmente per l'azione del tarlo i legnami poco ricchi di resina ed in generale i più teneri e meno compatti. Così l'umidità favorisce la putredine più nei legnami dolci che nei forti, la combustione distrugge più facilmente i legnami secchi che quelli verdi.

Nella tabella a pag. 232 si hanno alcuni dati utili al costruttore per la conoscenza dei legnami più in uso.

§ 3.

I PRINCIPALI DIFETTI CHE SI POSSONO  
RISCONTRARE NEI LEGNAMI.

Parecchi sono i vizi che possono presentare i legnami, pei quali conviene scartarli in parte o in totalità come materiale da costruzione. In questo caso essi non si utilizzano che come combustibili. I difetti più comuni possono provenire da molteplici cause che si possono raggruppare in tre categorie e cioè dagli *agenti esterni*, dalla *decomposizione per opera di organismi viventi* e dallo *sviluppo più o meno regolare delle fibre*.

Si comprendono nella prima categoria:

a) le *spaccature* dovute all'irregolare disseccamento dei legnami; potendosi la massa interna disseccare più rapidamente dell'alburno si producono delle fenditure che partono dal centro nel senso radiale, e che deprezzano il valore del legname.

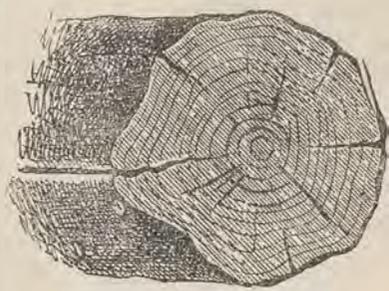


Fig. 390.

b) Le *fenditure* dovute all'azione del gelo caratteristiche perchè, contrariamente alle prime, partono dall'esterno verso l'interno, e si manifestano all'esterno con rigonfiamenti irregolari dell'alburno e della corteccia (fig. 390). Il legname così attaccato dal gelo dicesi *diacciuolo* e si riconosce facilmente

Nome degli alberi	Altezza in metri		Aumento annuale in mm.		Peso specifico (legname secco)	Resistenza	Elasticità	Durezza	Durata	Età media conveniente per l'atterramento, in anni	Coefficiente di resistenza alla trazione e compress. in Kg. per cmq. secondo la qualità	Terreno preferito dall'albero	
	totale	del tronco	del diam.	della altezza									
Legnami duri	Quercia . . . . .	15-45	5-20	5	30	0.900	mass.	debole	media	mass. id. sotto acqua	200-250	60-80	Qualunque ma fresco Argilloso ed elevato Marnoso
	Castagno . . . . .	5-40	4-20	5	—	0.685	id.	id.	id.	id.	200	60-80	
	Olmo . . . . .	15-40	5-20	7	—	0.700	id.	media	il.	id.	100	60-80	
	Noce . . . . .	8-20	3-10	9	30	0.656	media	debole	id.	id. sott'acqua	80-100	40-50	Grasso
	Faggio . . . . .	15-40	6-20	6	—	0.725	mass.	id.	id.	media	120-150	60-80	Grasso umido
	Frassino . . . . .	15-40	6-20	9	36	0.735	id.	mass.	id.	mass.	120	60-80	Umido
Legnami resinosi	Pino { di Corsica . . . . .	15-40	8-30	5	54	0.540	id.	id.	debole	id.	150-200	60-80	Siliceo leggero ed elevato
	{ pece d'America . . . . .	25-70	10-40	5	60	0.590	id.	id.	id.	id.	—	60-80	—
	Abete { bianco . . . . .	15-40	10-30	6	57	0.460	media	id.	id.	media	100-120	40-50	Sabbioso fresco ed elevato idem
	{ rosso . . . . .	25-50	15-40	6	60	0.500	id.	id.	id.	id.	100-120	40-50	
	Larice . . . . .	15-45	8-32	6	60	0.656	mass.	media	id.	mass.	120	60-80	Elevato, umido Leggero qualun. Asciutto e caldo
	Cipresso . . . . .	8-25	5-15	3	59	0.620	id.	debole	id.	id.	150	60-80	
Legnami dolci	Pioppo { bianco . . . . .	15-40	5-18	9	135	0.478	debole	mass.	id.	debole	30-50	20-30	Siliceo argill. umido idem.
	{ tremolo . . . . .	15-40	5-15	4	135	0.465	id.	id.	id.	id. m. sott'acqua	30-50	20-30	
	Ontano . . . . .	15-40	5-15	6	97	0.550	media	—	id.	id.	50	40-50	Palustre
	Betula . . . . .	10-30	5-15	7	65	0.450	id.	media	id.	media	50	40-50	Sabbioso
	Carpino . . . . .	8-20	3-8	5	41	0.860	mass.	—	media	id.	120-150	60-80	Siliceo argill. fresco
	Acero . . . . .	15-40	5-15	6	—	0.670	media	id.	id.	id.	100-130	40-50	Magro
Tiglio . . . . .	15-30	5-15	8	32	0.550	debole	debole	debole	debole	100	20-30	Sabbioso fresco	
Platano . . . . .	15-40	5-15	11	—	0.660	id.	id.	id.	id.	100	20-30	Qualun. leggero	
Salice . . . . .	8-15	4-8	18	—	0.450	id.	mass.	id.	id.	20-30	20-30	Palustre	
Acacia . . . . .	8-15	4-8	8	—	0.720	media	id.	id.	id.	—	40-50	Qualun. leggero	

dalla sezione la quale si presenta con le fenditure disposte come le venature del marmo.

c) La *cipollatura* od *accartocciamento* consistente nelle spaccature arcuate o circolari che quasi

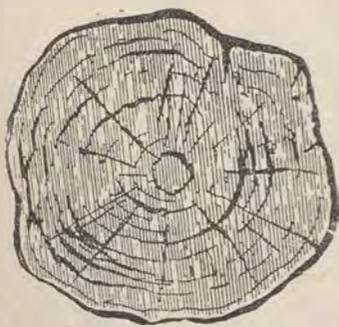


Fig. 391.

sempre non vanno disgiunte dalle spaccature radiali, perciò nel loro complesso riescono molto nocive e rendono il legname inadatto a potersi suddividere con la sega (figura 391).

d) La *contorsione* delle fibre dovuta all'azione dei venti, per cui le fibre legnose, anziché parallele all'asse del tronco, si presentano ravvolte a spirale attorno al midollo. Tale disposizione altera la resistenza del tronco che non può utilizzarsi come trave e come tavole non può servire a tutti gli usi.

Nella seconda categoria si annoverano :

a) Il *riscaldamento* che è il principio della putrefazione dei legnami e si attribuisce alla fermentazione della linfa. Si palesa alla superficie con macchie nere o rossastre per cui i legnami vanno attaccati spesso da questo male se si impiegano non perfettamente stagionati, in tal caso il male si manifesta nei punti in cui al legname è impedito di disseccarsi ulteriormente, come, ad esempio, si troverebbero le testate delle travi internate in una massa murale.

b) La *carie* è uno stato di putrefazione più avanzata della precedente ed è dovuta alla vegetazione di diverse crittogame che si sviluppano sulla superficie del tronco (fig. 392). Va distinta la *carie secca* dovuta all'azione dell'aria calda non rinnovata che si verifica di sovente nei legnami delle gallerie delle miniere.

c) Il *tarlo* dovuto alla penetrazione delle larve nella massa legnosa. Si palesa all'esterno con semplici buchetti circolari (fig. 393), mentre nell'interno la massa legnosa ne è alterata, perchè viene ridotta

in polvere. Si produce più facilmente nei legnami vecchi e secchi.

d) L'*ulcerazione* e la *pletora* dovute ad una

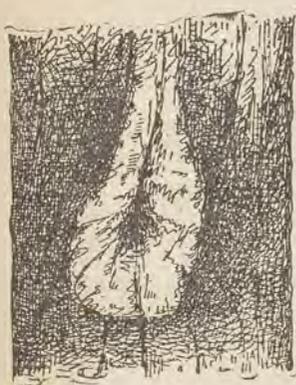


Fig. 392.



Fig. 393.

soverchia abbondanza della linfa in determinati punti, producendo una suppurazione ovvero un ingorgo vegetale dannoso alla resistenza del legname.

Nell'ultima finalmente si notano:

a) I *nodi* dovuti ai rami rotti per una causa qualsiasi; il tronco di questi rami (fig. 394) si dissecca per mancanza di vita. Estendendosi questo disseccamento anche nell'interno della massa legnosa per una profondità più o meno grande, con restringimento della materia, all'atto che il legname è spaccato in travi o in tavole, facilmente questa si distacca lasciando dei fori. Evidentemente questo inconveniente non potrebbe dirsi dannoso, se il tronco è segato in grossi pezzi, ma è invece nocivo se dal tronco si vogliono ricavare minuti pezzi di legname.



Fig. 394.

b) La *decrepitezza* è lo stato avanzato della vita del legname. Allorchè la pianta comincia ad invecchiarsi si manifesta l'aridità prima nei ramoscelli, indi nei rami per passare nel tronco, in questo stato il legname ha perduto forza ed elasticità per cui allorchè una pianta ha raggiunto tutto il suo sviluppo devesi abbattere se si vuole utilizzare convenientemente.

c) La *irregolare ripartizione delle fibre* produce una maggiore o minore compattezza laddove le fibre siano agglomerate o rade, e quindi una irregolare resistenza nella massa legnosa.

I legnami quindi, pria di essere messi in opera per determinati usi, conviene siano studiati con molta cura per riconoscerne le proprietà ed i difetti.

#### § 4.

#### IL TAGLIO DEI LEGNAMI.

Il taglio del legnami comprende due operazioni distinte: l'*atterramento* degli alberi, che di sovente si pratica nei mesi di Dicembre e di Gennaio di ogni anno ed il *taglio* propriamente detto per mezzo del quale i tronchi sono suddivisi in pezzi di legname aventi forma e proporzioni differenti confacenti agli usi della pratica.

L'*atterramento* degli alberi si può praticare in quattro maniere differenti e cioè: 1) segando il fusto a fior di terra secondo una sezione normale alle fibre; 2) recidendolo a colpi di scure nel medesimo posto; 3) scavando le radici principali e tagliandole nel loro tronco; 4) scavando tutte le radici e svelendole unitamente al tronco. La maniera più comunemente usata è però la seconda, qualche volta si usa anche la prima.

Prima operazione del taglio è la *squadratura del tronco* preventivamente liberato dai rami. Questa si eseguisce con l'*ascia* o con la *sega*. Con la prima si ottiene una squadratura *grossolana*, con la seconda una squadratura regolare detta a *squadra viva*. In questa le faccie sono piane a spigoli vivi, nell'altra le faccie sono a spigoli smussati costituiti da una parte di albarno (fig. 395) e si eseguisce allo scopo di rendere meno pesante il tronco e quindi più facile e meno dispendioso il suo trasporto dal bosco al cantiere; quella a squadra viva invece si eseguisce per dare al legname quella sezione che si con-

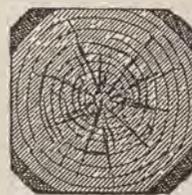


Fig. 395.

viene per un determinato uso. A questo fine il tronco preventivamente scortecciato viene fissato orizzontalmente sopra due sopporti costituiti ciascuno da un ceppo di legno nella maniera indicata dalla fig. 396 o dalla fig. 397, quindi con la sega si recidono normalmente le teste del tronco, sulle quali si fissa il centro e con l'aiuto di un filo a piombo e di squadre si disegnano sulle basi la sezione che si vuol dare al legname in maniera che la figura segnata sopra la base maggiore corrisponda perfetta-

mente a quella segnata sulla base minore. Servendosi quindi di una cordicella tesa inzuppata di colore

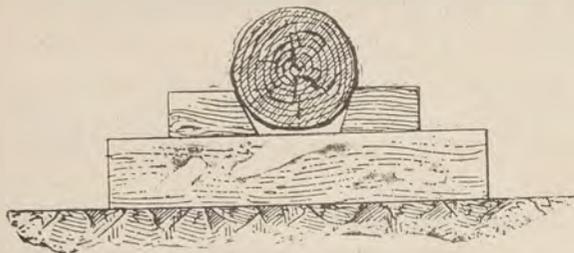


Fig. 396.

rosso, che si fa vibrare, sollevandola nel mezzo con le dita e facendola scattare, si disegnano sul tronco anche le intersezioni dei piani individuate dalle faccie con la superficie del tronco medesimo (fig. 398).

I segmenti cilindrici di legname vengono allora staccati con l'ascia o con la sega secondo il genere della squadratura che si vuole conseguire. Conse-

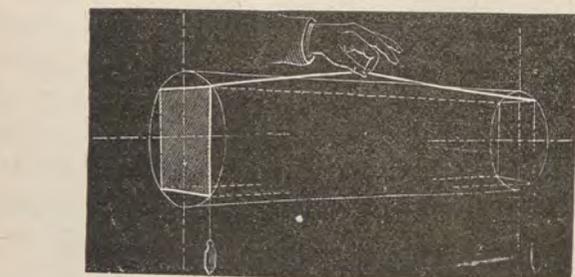


Fig. 398.

guentemente con la sega ciascun segmento viene staccato di un sol pezzo che nel commercio è noto col nome di *scorzone*, adatto per costruirne paratie nelle strutture di fondazione; con l'ascia questo

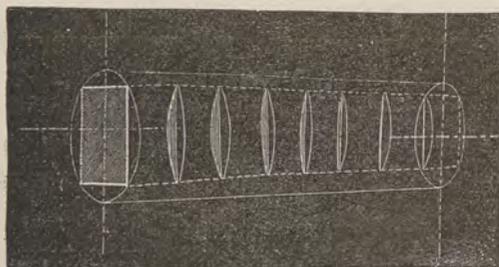


Fig. 399.

segmento di legname viene sciupato, non potendo staccarsi in unico pezzo. A tale effetto si usa infatti praticare con la scure delle tacche cuneiformi, a

distanza di m. 0,75 circa, profonde fino alle traccie in rosso segnate sul tronco (fig. 399) e quindi con l'ascia si fanno staccare a schegge le porzioni di legname comprese tra due tacche consecutive.

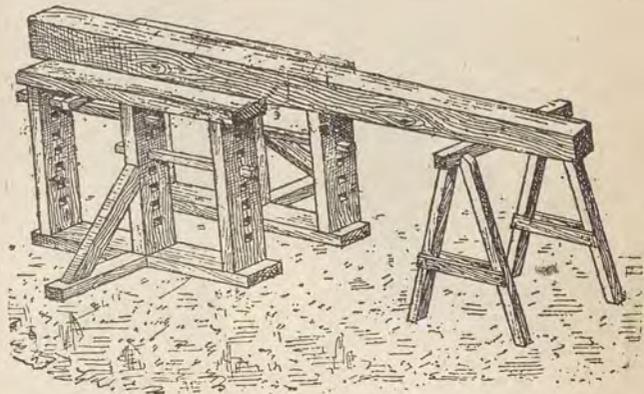


Fig. 400

Perchè si presti alla segatura il fusto viene collocato all'altezza d'uomo sopra apposito cavalletto di legname (fig. 400, 401). Ad evitare la fatica, tal-

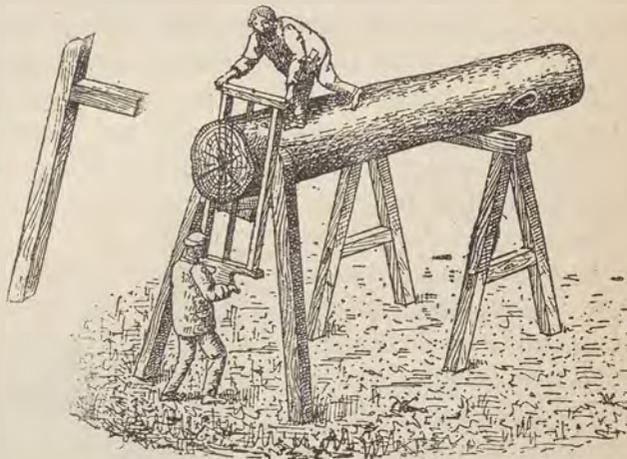


Fig. 401

volta non lieve, di dover sollevare di peso il tronco, non raramente si preferisce di disporre il fusto sull'orlo di un fosso; allora due uomini, l'uno situato

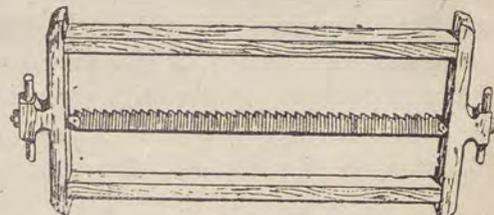


Fig. 402.

sul tronco e l'altro nel fosso possono maneggiare la sega (fig. 402) e procedere al taglio del tronco, egualmente come se il tronco fosse disposto sul cavalletto.

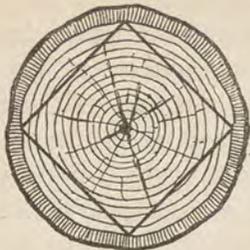


Fig. 403.

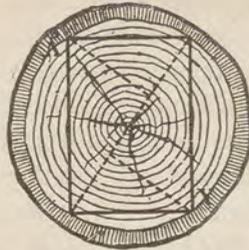


Fig. 404

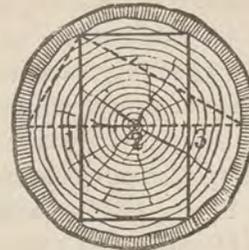


Fig. 405.

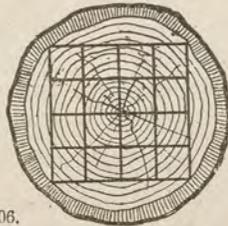
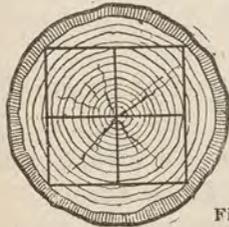
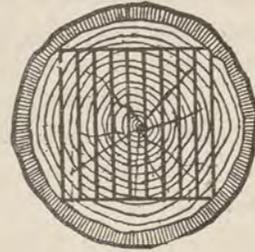
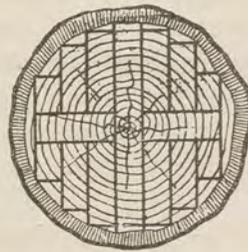
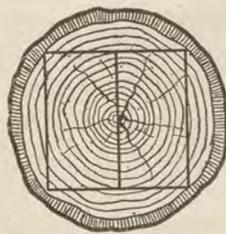


Fig. 406.

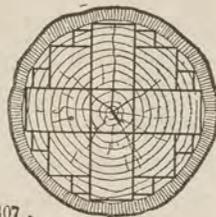
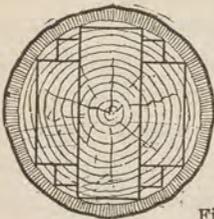
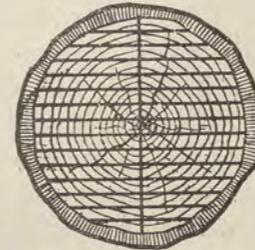
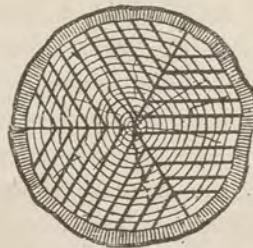


Fig. 407.

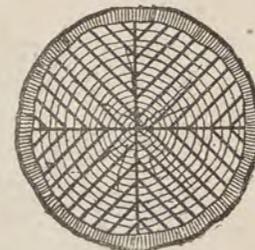
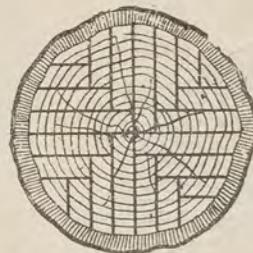


Fig. 409.

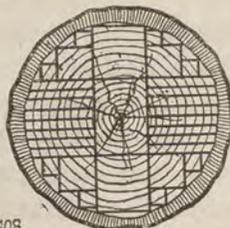
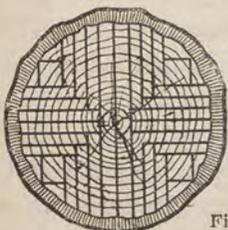
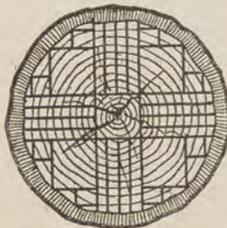


Fig. 408.

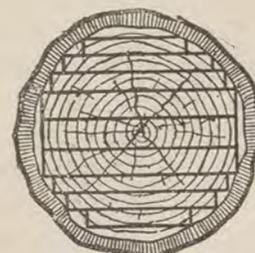
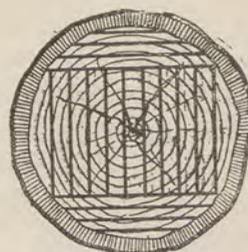


Fig. 410.

Procedendo al taglio longitudinale dei tronchi si possono ricavare travi a *legno intero*, che comprendono cioè la massima parte del tronco, con sezione quadrata o rettangolare qualsiasi; le travi a legno intero hanno gli spigoli sul limite dell'alburno. Fra le varie sezioni di travi a legno intero sono notevoli quella quadrata, che lascia disponibili quattro scorzoni eguali (fig. 403) e quelle aventi i lati nel rapporto di 5:7 (fig. 404) e di 4:7 (fig. 405), siccome quelli che maggiormente resistono alla flessione. Basterà dividere il diametro in 3 parti eguali nel primo caso, ed innalzare le perpendicolari al diametro nei punti di divisione per avere gli altri due spigoli  $x$  ed  $y$  della sezione rettangolare ed in 4 parti nel secondo caso ed innalzare le perpendicolari al diametro nei punti 1 e 3 per avere due lati della sezione rettangolare.

Si possono però ricavare da un medesimo tronco più travi eguali anzichè uno solo (fig. 406), più travi di differente sezione (fig. 407), travi di differente sezione unitamente a tavole (fig. 408), ovvero tavole dello stesso spessore (fig. 409), e tavole di differente spessore (fig. 410), seguendo le maniere di taglio indicate nelle relative figure. Tavole in cui le fibre sono disposte in direzione normale alla direzione dei raggi midollari si ottengono con il taglio radiale indicato nella fig. 411, che si consegue di-

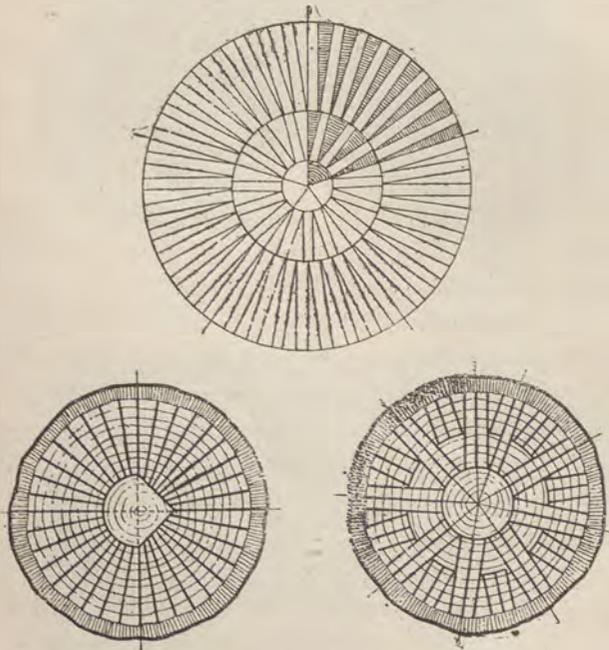


Fig. 411.

Fig. 412.

videndo prima in quattro parti ortogonali il tronco

e smussando lo spigolo interno contenente il midollo con una faccia piana o curva.

Si hanno così tavole di eguale lunghezza e di spessore che si può in seguito rendere costante col l'uso della pialla. Nella figura 412 e nell'altra soprastante sono indicate altre maniere di tagliare un tronco per ricavarne tavole più regolari, utilizzando il legname nel miglior modo possibile. Nei tagli radiali si ha il vantaggio di avere tavole le quali non si incurvano affatto col disseccarsi del legname.

Nel commercio i legnami hanno denominazioni che variano col variare delle loro dimensioni e della loro forma. Citiamo i più comuni:

Le *abetelle* od *antenne* sono i tronchi genuini che si adoperano per i ponti di servizio e che hanno il diametro di 0,12 a 0,25 e la lunghezza fino ai 18 m.;

i *pali* sono i tronchi genuini lunghi 2 a 8 m. aventi il diam. medio 0,25 che si impiegano per le fondazioni;

le *travi* sono i tronchi squadrati con dimensioni di 0,15 a 0,45, lunghi non oltre i 12 m.;

i *travicelli* sono i tronchi tagliati con dimensioni di 0,08 a 0,18, lunghi non oltre i 6 m.;

le *palanche* o i *tavoloni* sono le tavole grosse 0,04 a 0,10, larghe 30 a 40 cm. e lunghe 3 a 6 m.;

le *tavole* hanno lo spessore di 0,02 a 0,04;

i *correnti* o *morali* sono legni squadrati grossi 0,08  $\times$  0,08, lunghi non oltre i 6 m.;

i *correntini* o *mezzi morali* sono egualmente squadrati grossi 0,08  $\times$  0,04; gli *scorzoni* o *sciaveri* sono gli avanzi cilindrici della squadratura dei tronchi, aventi circa 0,20 di larghezza e 0,03 a 0,04 di freccia; qualora lo spessore supera i 0,10, allora gli scorzoni prendono il nome di *piallacci*.

## § 5.

### LE GENERALITÀ SULLA SEGATURA MECCANICA DEI LEGNAMI.

Il taglio trasversale e longitudinale dei legnami si eseguisce sia con seghe a mano, sia con seghe a macchina. Il tipo più semplice di sega a macchina è la ordinaria sega a mano (fig. 402), messa in movimento da una caduta d'acqua. Questa sega ad acqua consta di una sola lama contenuta in un apposito telaio, simile a quello delle seghe a mano, capace però di scorrere nel senso verticale, alterna-

tivamente dall'alto al basso, fra due guide ed al quale si imprime tal movimento con una manovella agente per mezzo di una ruota idraulica motrice. Solo nel movimento di discesa la sega intacca e taglia il legname. La sua lama perciò è provvista di denti rivolti nello stesso senso come per le seghe a mano. Nella fig. 413 diamo le diverse forme che possono assumere i denti delle seghe agenti, come quelle descritte in un solo senso o, come si dice, a *semplice effetto*, a differenza delle seghe agenti in ambo i sensi, *alternativamente* o a *doppio effetto*,

di cui si tratterà in seguito, dove le lame sono provviste di denti parte rivolti in un senso, parte nel senso opposto (fig. 414). Tanto nelle une che nelle altre i denti possono essere *continui*, che si succedono senza intervalli, ovvero *distanziati*, separati cioè da un intervallo. In ogni caso lo spazio compreso fra un dente e l'altro sono regolati dal volume della segatura che dà il legname, volume che è circa il quadruplo di quello del legname strappato dai denti. Pei legnami duri il volume della segatura è minore e la superficie del dente è la metà di quella

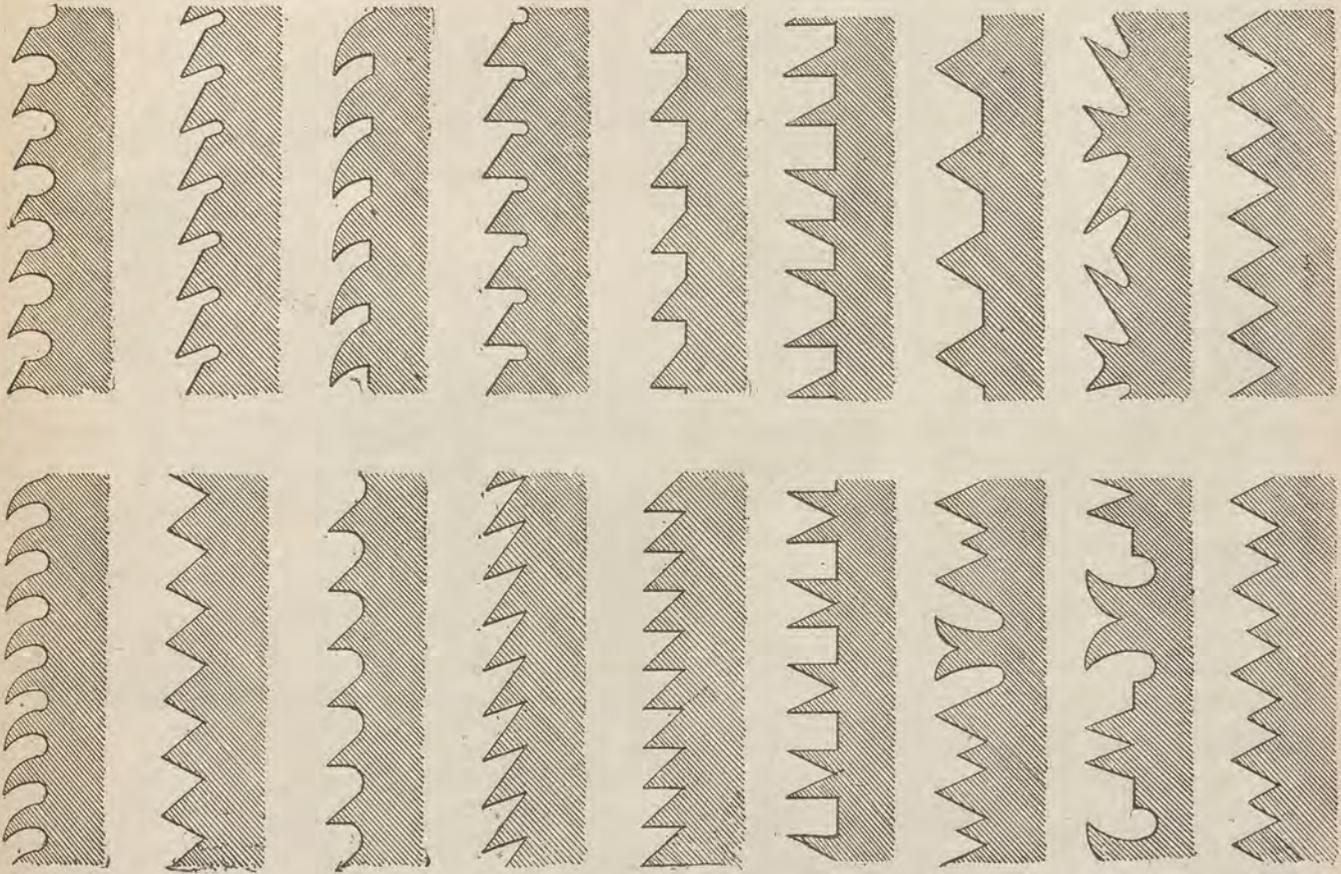


Fig. 413.

Fig. 414.

dello spazio intermedio, pei legnami teneri occorre che sia un terzo circa, perchè con questi si realizza un volume maggiore di segatura.

Il lavoro prodotto con le seghe a mano e ad acqua è però lento e scadente, per cui oggidi alla forza muscolare ed all'acqua si è sostituita la forza motrice proveniente dal vapore o da energia elettrica, specialmente nelle segherie urbane, che fra noi si contano in numero maggiore, essendo generalmente l'Italia povera di boschi dove si possa esercitare veramente l'industria del legname. Le seghe ad acqua hanno il vantaggio di potersi facil-

mente installare in campagna, con tenue spesa di impianto, quando si può disporre della forza idraulica necessaria. In caso contrario per mezzo di locomobili riesce agevole installare anche in campagna le seghe meccaniche ed esercitare quivi convenientemente per mezzo del vapore il taglio dei legnami (fig. 415).

Le seghe meccaniche si dividono in tre categorie dipendentemente dall'uso speciale al quale esse sono destinate. Vi sono macchine esclusivamente destinate al taglio trasversale dei tronchi e con lievi modificazioni anche al taglio per l'atterramento de-

gli alberi di alto fusto. Queste macchine costituiscono la prima categoria di seghe meccaniche, le quali possono essere messe in movimento per l'azione diretta del vapore o per l'azione indiretta trasmessa per mezzo di cinghia da una ordinaria motrice o locomobile. Una seconda categoria di macchine comprende le seghe meccaniche che si impiegano per la squadratura e il taglio longitudinale dei tronchi per ricavarne travi e tavole di qualunque dimensione.

Costituiscono infine la terza categoria tutte le macchine destinate alla ulteriore lavorazione dei legnami, dopo che questi, cioè, sono stati segati in travi o in tavole, per essere impiegati dal carpentiere, dal falegname o dall'ebanista in opere di loro speciale fattura.

Nei luoghi in cui la produzione del legname greggio ha favorito lo sviluppo di tali macchine, queste si sono generalizzate ed hanno raggiunto una grande



Fig. 415.

perfezione, talchè in America ed in Inghilterra si può dire che si costruirono delle seghe meccaniche di carattere veramente nazionale, le quali poi vennero dovunque adottate. Seguendo questi tipi in Francia, in Germania ed in Italia si costruiscono oggidi seghe di qualsiasi genere nelle quali si introducono giornalmente tutte quelle innovazioni che il sempre crescente sviluppo della lavorazione meccanica dei legnami nei cantieri va suggerendo. Le mi-

gliori di esse ci provengono dalle case F. Arbey e Fils di Parigi; T. Robinson e Son, Rochdale; E. Kirchner e C. di Lipsia; I. Zimmermann, Chemnitz; A. Masera, Torino; G. B. Manfredi, Mondovì, ecc.

Tralasciando di parlare per ora delle macchine per la lavorazione del legno che formerà argomento dei lavori da falegname, accenneremo senz'altro ai tipi principali di seghe che si impiegano per il taglio trasversale e longitudinale dei tronchi.

## § 6.

LE SEGHE PER IL TAGLIO TRASVERSALE  
DEI TRONCHI.

Il tipo migliore e più semplice di seghe per tagliare trasversalmente gli alberi abbattuti è quello a lama dritta che fornisce la casa Arbey di Pa-

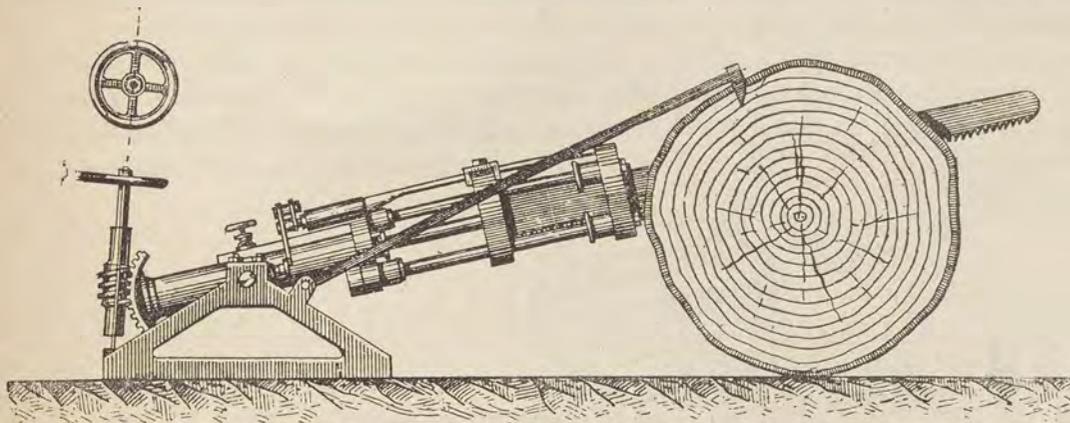


Fig. 416.

rigi (fig. 416). Questa sega agisce per l'azione diretta del vapore, essa consta perciò di una sega a lama dritta fissata al gambo dello stantuffo di un piccolo cilindro a vapore, sostenuto da un castello di ferro coll'intermezzo di un'asse orizzontale di ferro intorno

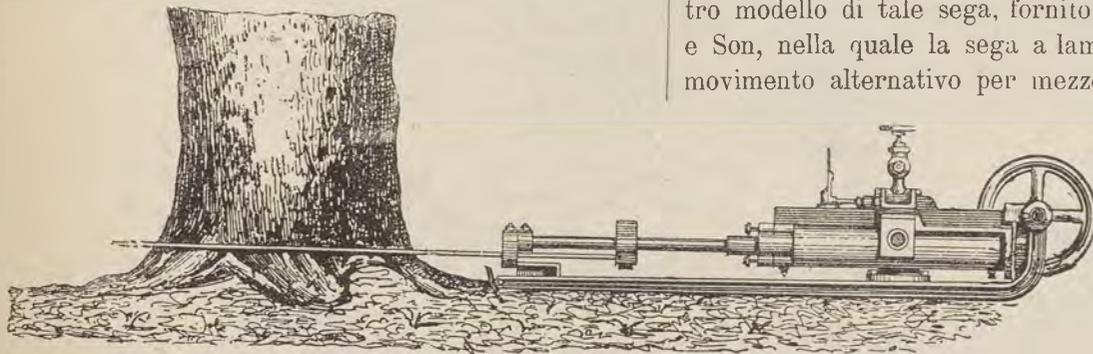


Fig. 417.

a cui può girare tutto l'apparecchio. Per effetto di questo movimento la lama della sega, nel suo moto

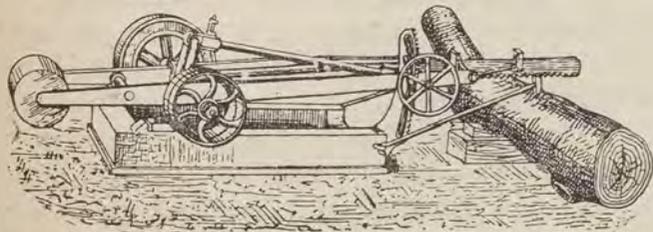


Fig. 418.

alternativo di va e vieni, percorre un piano verticale, movendo il volantino *v*, l'asse del quale prov-

visto di vite senza fine ingrana con un arco dentato di cui è munita la culatta del cilindro. Soltanto nel movimento retrogrado la sega effettua il taglio, per cui i suoi denti sono rivolti in un solo senso; con questa disposizione si evita l'inflessione della lama nel movimento in avanti, che così lavora soltanto per trazione. È facile immaginare come, cambiando la disposizione orizzontale dell'asse, intorno al quale si muove il cilindro, in quella verticale, la sega, movendosi secondo un piano orizzontale, si presti al taglio necessario per abbattere gli alberi in sostituzione della scure a mano (fig. 417), offrendo anche il vantaggio di economizzare il volume di legname che sotto l'a-

zione della scure salterebbe in schegge.

Il vapore in tensione può essere fornito a queste seghe da una locomobile o per mezzo di una semplice caldaia portatile.

Nella fig. 418 si ha la rappresentazione di un'altro modello di tale sega, fornito dalla casa Robinson e Son, nella quale la sega a lama dritta è messa in movimento alternativo per mezzo di una biella manovrata dall'asse motore piegato a gomito. Agisce questa sega per l'azione indiretta del vapore, il suo albero essendo messo in rotazione da una

motrice a vapore fissa o mobile per mezzo di puleggie e di cinghia.

## § 7.

LE SEGHE PER LA SQUADRATURA E LA DIVISIONE  
DEGLI ALBERI.

Le seghe per squadrare e segare i tronchi in tavoloni od in tavole possono essere di tre tipi differenti e cioè *seghe a movimento alternativo* provviste di una o di più lame, *seghe a nastro* e *seghe*

*circolari*. I primi due tipi complicati e pesanti più si addicono alle operazioni di taglio dei legnami eseguite nei cantieri, quelle circolari a disco, per la loro semplicità e facilità di trasporto convengono anche per i lavori di campagna. Tanto le une che le altre possono avere dimensioni svariate a seconda del diametro dei tronchi che si vogliono tagliare. I tronchi sono spinti a mano contro le lame della sega, allorchè hanno piccole dimensioni; nel caso contrario speciali meccanismi, consistenti in carrelli mobili, rulli dentati, ecc., dotati di automatico movimento, sopportano i tronchi e li spingono costantemente e gradualmente contro la sega.

Le *seghe alternative* possono essere ad una, a due o a più lame. Queste ultime si impiegano convenientemente quando si vogliono tagliare i tronchi in più tavoloni o tavole nel medesimo tempo. Queste seghe però richiedono un grande consumo di forza motrice per cui dal punto di vista del rendimento sono più convenienti quelle provviste di poche lame, anche perchè queste danno un lavoro più finito, potendosi meglio regolare il loro andamento.

Nelle seghe alternative le lame sono fissate ad un telaio scorrevole, il quale è messo in movimento per azione indiretta del vapore coll'intermezzo di trasmissione e di una manovella, ed in quelle ad una

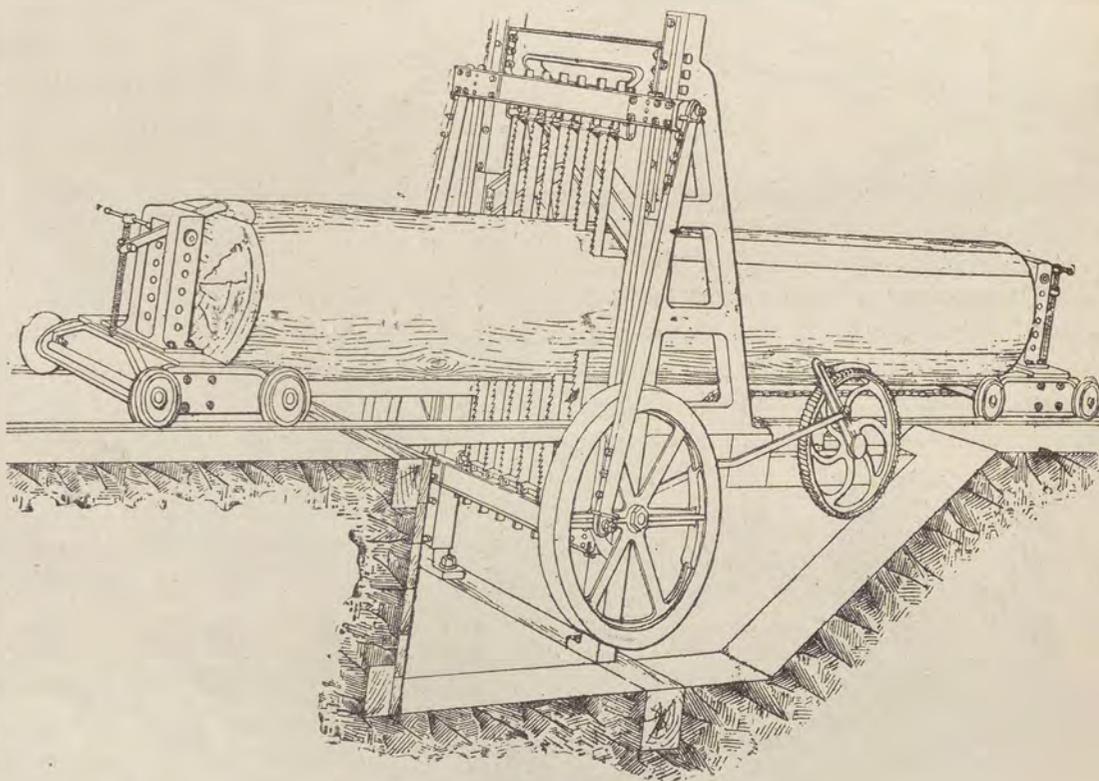


Fig. 419.

e a due lame esso riesce somigliante a quelle delle ordinarie seghe a mano da falegname. Il telaio si muove entro apposite guide sostenute dal castello di ghisa, di ferro o di acciaio e a seconda che questo è disposto verticalmente od orizzontalmente il suo movimento riesce verticale od orizzontale. Vi sono perciò disparati tipi di seghe alternative a seconda del numero delle lame contenute nel telaio della sega, della disposizione verticale od orizzontale del castello e delle maggiori o minori loro dimensioni, dipendentemente da quella dei tronchi o delle travi a segare, la quale può variare dai m. 0,35 ai m. 1,50. Nella figura 419 è rappresentato il tipo di sega alternativa

a più lame, di grande dimensione, ed a castello verticale, fornito dalla casa costruttrice Arbey e C. di Parigi; questa sega si impiega convenientemente per dividere i tronchi in tavoloni. Il castello consta di due ritti verticali portanti le guide nelle quali scorre il telaio porta-lame; i ritti sono collegati tra loro da traverse orizzontali e da diagonali. Il movimento alternativo del telaio si ottiene per mezzo di bielle e di puleggie che ricevono il movimento da un motore coll'intermezzo di cinghie di trasmissione. Il tronco di legname è sopportato da due carrelli mobili sopra rotaie, coi quali il tronco si fissa mediante uncini a vite; i carrelli si avanzano automaticamente

per mezzo di catena senza fine e ruote denticate mosse dal medesimo motore in maniera graduata corrispondentemente alla dimensione e alla natura del tronco a segarsi.

La casa Kirchner di Lipsia fornisce seghe verticali alternative a più lame del tipo inglese del genere di quella rappresentata nella fig. 420. Questa sega ad avanzamento automatico, a mezzo di quattro cilindri scanalati mossi da catene, serve per il taglio dei tronchi di qualunque forma e dimensione. A questo scopo viene costruita in cinque grandezze differenti corrispondenti alle seguenti dimensioni.

larghezza del telaio	alzata delle seghe	diametro dei tronchi
cm. 50	cm. 40	cm. 50
» 60	» 45	» 60
» 70	» 48	» 70
» 80	» 52	» 80
» 100	» 52	» 100

La forza motrice occorrente è dai 5 ai 15 cavalli, dipendentemente dalle dimensioni della sega e dal numero delle lame in essa impiegate. Il robusto castello di travi di ferro a doppio T contiene le guide entro le quali scorre il telaio porta-lame; questo è mosso da bielle e da puleggie che ricevono il movimento per mezzo di cinghia di trasmissione. Il tronco è fissato sopra due carrelli provvisti di uncini a vite che lo afferrano; i carrelli sono messi in movimento da catene e da meccanismo a frizione, regolato a seconda della qualità del legname da segarsi.

Nella fig. 421 si ha il tipo di sega alternativa a una lama disposta orizzontalmente che si fabbrica nella fonderia Manfredi (Mondovi) e con qualche lieve modificazione anche dal soprannominato stabilimento Kirchner di Lipsia. Per la sua precisione e per il taglio fino, questa macchina serve vantaggiosamente per segare anche i legnami duri e preziosi; per questo scopo la lama della sega è larga e sottilissima, perchè piccolo riesca il volume del legname staccato. Il telaio, costruito in legname simile a quello delle comuni seghe a mano è leggero ma solido e scorre dentro guide prismatiche sostenute da una tavola orizzontale portata dai montanti in ferro del castello. Questa tavola può alzarsi ed abbassarsi per mezzo di una ruota a manovella, permettendo così di stabilire qualsiasi spessore per le tavole a segarsi. La lama è disposta in maniera da effettuare un taglio diretto secondo un piano orizzontale; due tronchi non eccedenti i 50 cm. di diametro, come indica la figura, possono segarsi contemporaneamente; oltre quel li-

mite si sega un tronco per volta. I tronchi si fissano in un carro dotato di movimento automatico lento e regolato nell'andata secondo la qualità dei legnami, rapido nel ritorno perchè il lavoro riesca continuo.

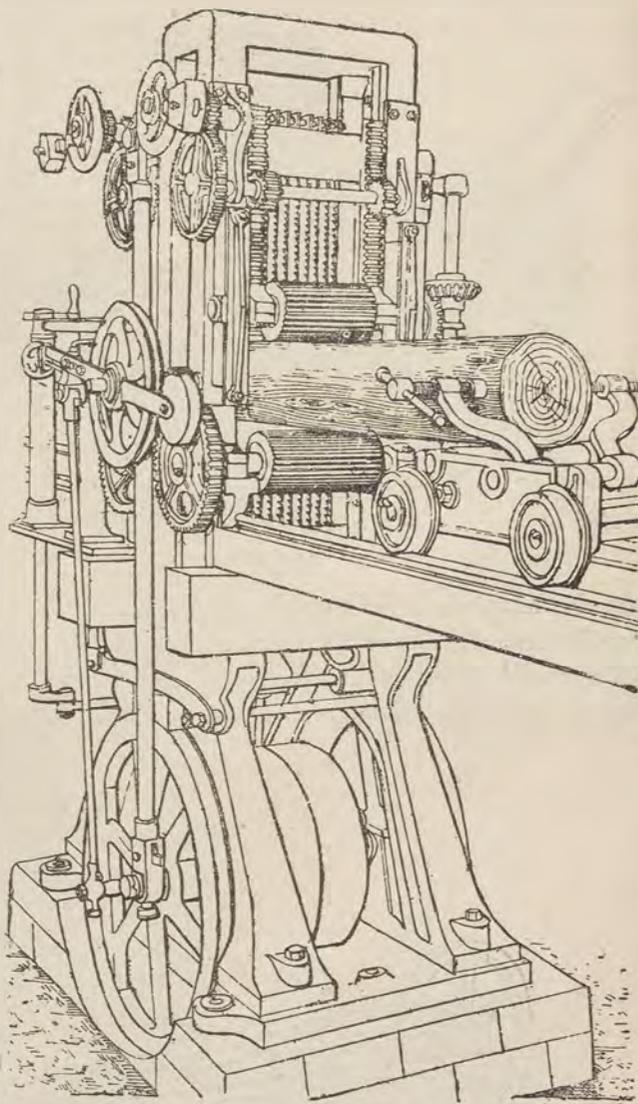


Fig. 420.

Queste seghe secondo la loro grandezza possono tagliare tronchi del diametro fino a m. 1,25 e la forza motrice loro necessaria varia da 1 a 6 cavalli, secondo il diametro dei tronchi e quindi secondo la grandezza della sega.

Nella categoria delle seghe alternative a una lama orizzontale entra la sega da impiallacciatura (fig. 422) costruita dalla casa Arbey per il taglio dei legnami preziosi. Essa differisce di poco nella sua essenzialità dalla precedente; il suo telaio si muove orizzontalmente, ma la sua lama è situata in maniera da percorrere un piano verticale. Il legno da segare è di-

sposto verticalmente fisso a un carrello ad avanzamento automatico dal basso verso l'alto ottenuto mediante contrappeso. Questo carrello è dotato di un

ferro, è messo in movimento da una biella manovrata da puleggie e manovella. Naturalmente questa macchina si presta anche per segare i legnami in tavole sottili più spesse della semplice impiallacciatura.

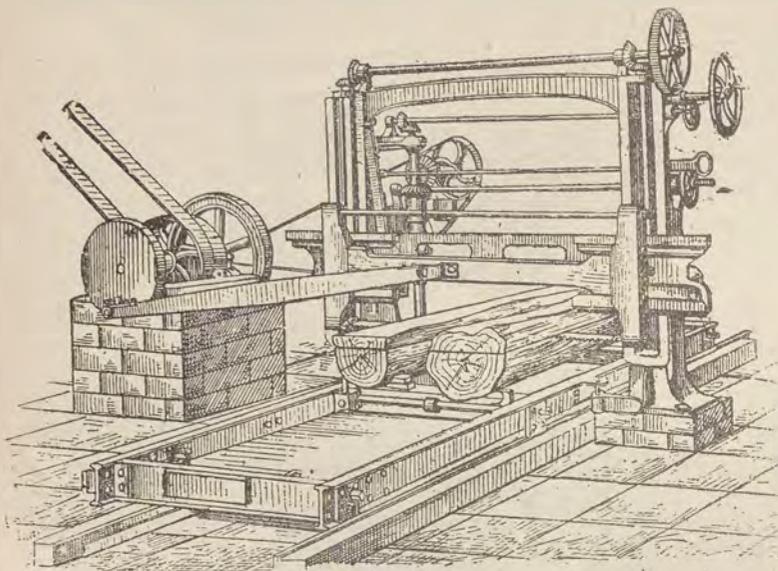


Fig. 421.

secondo movimento orizzontale pure regolato con cremagliera, che serve ad avvicinarlo alla sega di una costante distanza al principio di ogni nuovo taglio. Il telaio porta-lama, costruito solidamente in

proporzioni assai robuste è costruito in legname nelle sole parti principali, il resto è tutto metallico come lo sono la grande colonna verticale, il telaio porta-lama, i meccanismi che lo azionano

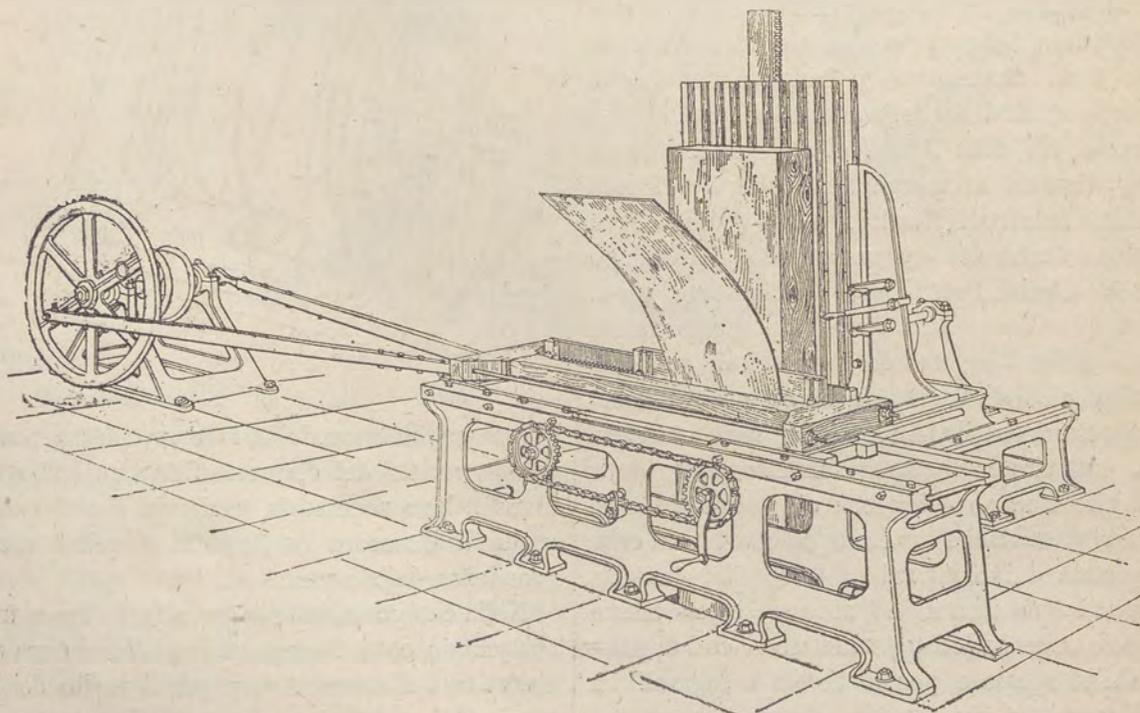


Fig. 422.

e gli accessori. Con questa sega si possono lavorare tutte le qualità di legnami, dalle dimensioni più piccole fino alla massima di 5 m di lunghezza

per 1 m. di diametro.

Le seghe a nastro convengono specialmente per i lavori di contornamento dei legnami; però si adattano

tano egualmente per la squadratura ed il taglio dei tronchi in tavoloni ed in tavole. Costano essenzialmente di una lama di sega senza fine, di lunghezza

seghe con lama verticale ricevono vasta applicazione, perchè quelle a lama orizzontale, oltre a dare un lavoro meno fino, sono suscettibili di frequente avaria, a cagione della lama la quale, nel tratto orizzontale tendendo a inflettersi per il proprio peso, abbisogna di essere tesa soverchiamente, per cui spesso si spezza. Nelle seghe a nastro verticale al contrario il taglio riesce più regolare, perchè la lama si mantiene diritta, anche se non è bastantemente tesa, e la segatura si smaltisce facilmente per effetto del proprio peso e del movimento della lama.

Nelle seghe a nastro la lama richiede una cura speciale, perchè soltanto quando questa è costantemente bene affilata e giustamente tesa il taglio riesce pulito e perfetto con poca produzione di segatura. Occorre perciò che un operaio abile ed intelligente soprintenda sempre al lavoro ed alla manutenzione di queste seghe, le dimensioni delle quali possono variare dipendentemente dalle dimensioni dei tronchi o delle travi a segare. La fig. 424 rappresenta la vista di una grande sega a lama senza fine provvista di carrello dotato di movimento automatico del tipo Arhey di Parigi. In essa havvi una colonna di ghisa fissa sopra un sopporto, la quale sostiene le due puleggie

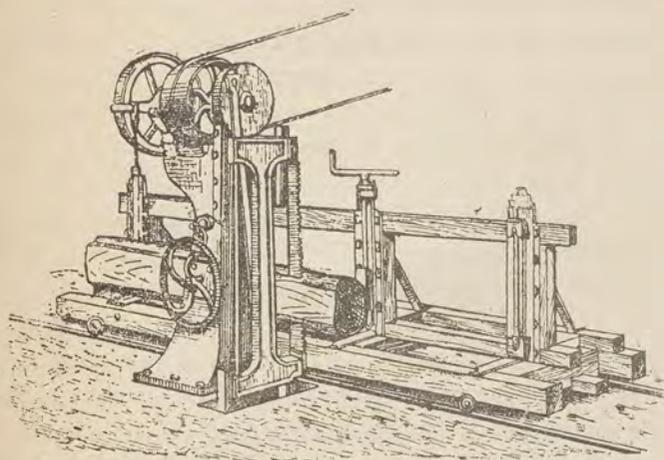


Fig. 423.

variabile, che si avvolge sul dorso di due grandi puleggie situate nel medesimo piano verticale, per mezzo delle quali viene tesa e messa in rapido movimento. Le puleggie possono essere disposte in due maniere diverse, di modo cioè che la lama lavori nel senso verticale ovvero nel senso orizzontale. Soltanto le

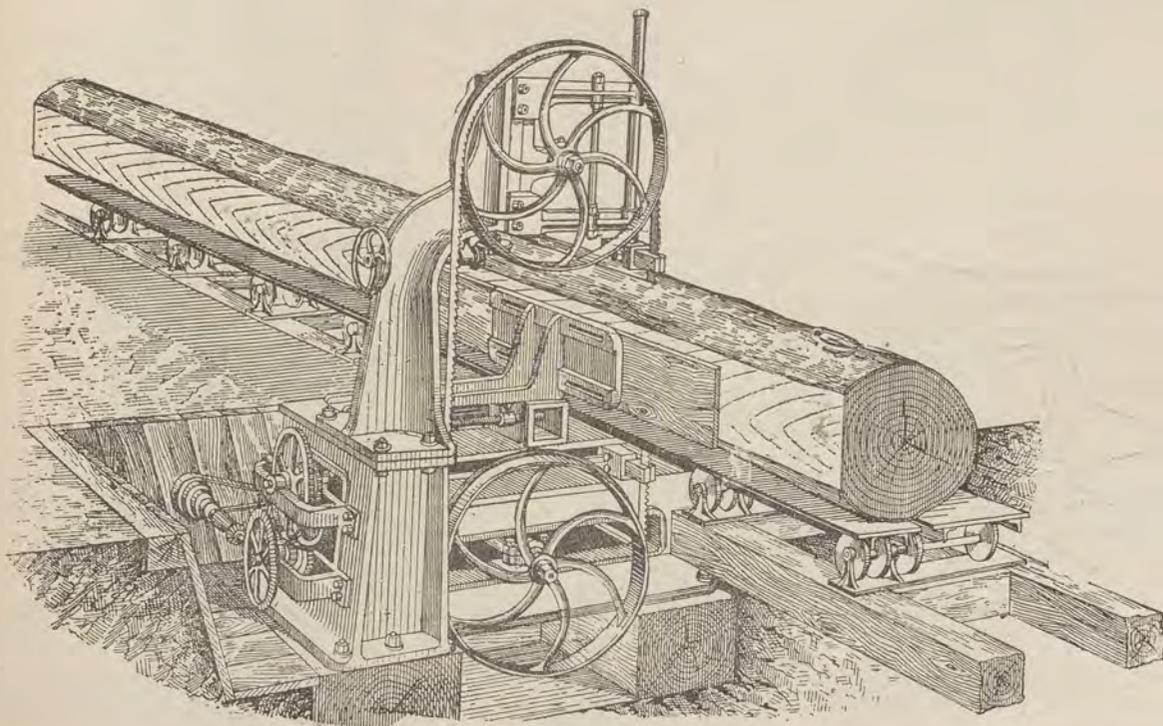


Fig. 424.

porta-lama dello stesso diametro, aventi i centri sulla stessa verticale ed agenti nel medesimo piano. La puleggia più bassa ha fisso l'albero, il quale è prov-

visto di due puleggie più piccole per mezzo delle quali viene messo in movimento per trasmissione; la puleggia porta-lama inferiore è quella perciò che mette

in movimento la lama, mentre la puleggia superiore serve a dirigerla ed a tenderla opportunamente. A questo scopo il suo cuscinetto è mobile nel senso verticale tra due guide a mezzo di vite con volantino, di maniera che movendo il volantino ed abbassando il cuscinetto e con esso la puleggia porta-lama superiore si può facilmente togliere e montare la lama; innalzando il cuscinetto e quindi la puleggia, si può dare alla lama la tensione che si desidera. La lama poi scorre tra due guide che meglio assicurano il tratto verticale della sega che lavora; queste guide sono disposte l'una sopra l'altra sotto al tronco da segare ed una di esse è mobile nel senso verticale, perchè ambedue queste guide possano disporsi in prossimità del tronco.

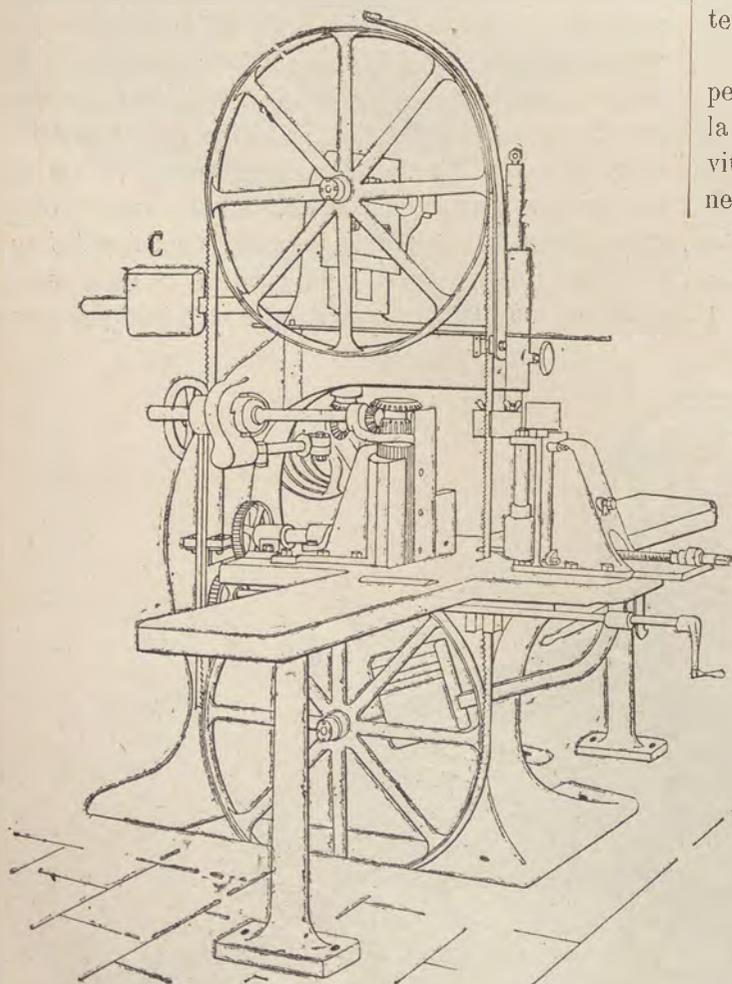


Fig. 425.

Il carrello sul quale è assicurato il tronco si muove automaticamente per mezzo di ingranaggi e la sua corsa è regolabile a seconda della qualità e della grossezza del tronco. Il diametro delle puleggie porta-lama può variare da m. 1,20 a m. 1,80 per tronchi

di m. 0,75 a m. 1,40. Perchè il carrello sia poco elevato dal suolo e non si duri perciò molto fatica a fissare il tronco sopra di esso, in queste seghe di grande dimensione è necessario disporre la puleggia porta-lama inferiore tutta o in parte al disotto del suolo, come dimostra la figura. Ciò non è necessario nei tipi più ridotti di tali seghe che si convengono per il taglio dei piccoli tronchi e dei tavoloni in tavole e tavolette.

Nella fig. 425 si ha la vista di una sega a nastro di più piccole dimensioni del tipo Kirchner, anch'essa dotata di avanzamento automatico a mezzo di cilindri; nell'altra sega (fig. 426), di modello più recente e semplicissima, il legno è spinto a mano contro la sega, epperò questa sega si addice più convenientemente per il lavoro di contorno.

Il piedistallo in queste seghe è fuso di un sol pezzo e porta le due puleggie porta-lama, delle quali la superiore è mobile verticalmente per mezzo di una vite e relativo volantino, quella inferiore è a cuscinetto fisso e riceve il movimento da un motore; en-

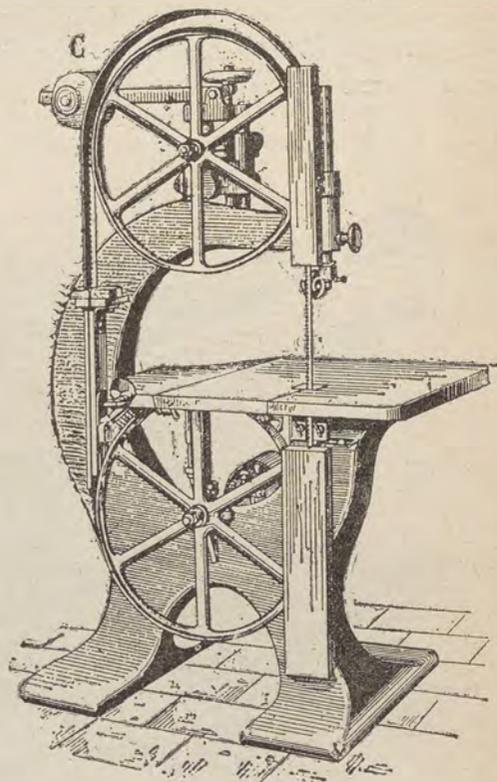


Fig. 426.

trambe poi sono bene equilibrate e sono ricoperte sul dorso di uno strato di cuoio.

Nella sega della fig. 425 l'avanzamento del legno si fa automaticamente per mezzo di due coppie di cilindri messi in graduato movimento da ruote di in-

granaggio. Con un contrappeso *C*, applicato alla puleggia superiore, si mantiene in tensione costante la lama, la quale possiede inoltre due guide, situate una al disopra e l'altra al disotto del legno da segare: queste guide servono a guidare la lama sul dorso e

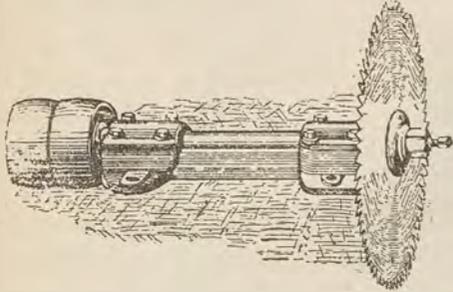


Fig. 427.

lateralmente. In queste seghe il diametro delle puleggie porta-lama può variare da m. 0,80 a m. 1,20 in corrispondenza delle altezze del taglio di m. 0,30 a m. 0,60.

Le seghe circolari possono essere *ad asse fisso* ovvero *ad asse spostabile* parallelamente dal basso verso l'alto. Queste ultime seghe hanno lo scopo di

far sporgere dalla tavola quella giusta quantità di lama ritenuta sufficiente per effettuare un determinato taglio o incastro; queste seghe perciò si addicono più ai lavori da falegname e da ebanista, che alla squadratura ed alla divisione dei legnami, per queste operazioni convenendo di più le seghe circolari *ad asse fisso e tavola fissa* da distinguere dalle altre *ad asse fisso e tavola mobile*, pure dal basso verso l'alto e viceversa, con le quali si ottiene lo stesso scopo delle seghe ad asse mobile.

Di seghe ad asse fisso e tavola fissa se ne fabbricano di diverse grandezze corrispondentemente alla grossezza dei legnami da segare, potendo variare il diametro del disco da m. 1,80 a m. 0,90 per quelle destinate al taglio dei tronchi e da m. 0,90 a m. 0,25 per il taglio delle travi e dei tavoloni in tavole e tavolette. Ordinariamente in un medesimo telaio si cambia il disco al variare della dimensione del legname; ciascuna lama però non può produrre che un taglio corrispondente al più ad  $\frac{1}{3}$  del diametro. L'asse di acciaio porta-lama nelle seghe circolari è girevole in due lunghi cuscinetti allo scopo di evitare qual-

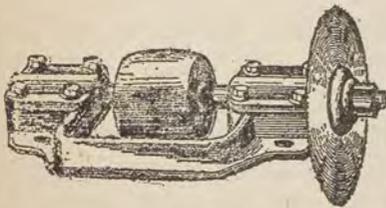


Fig. 428.

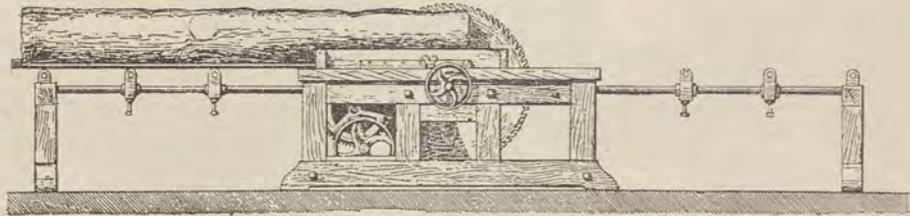


Fig. 429.

siasi piccolo gioco dell'asse che porterebbe seco degli spostamenti della lama dal piano verticale, nel quale caso si avrebbe un cattivo funzionamento della sega ed un lavoro scadente. E per impedire che l'albero e quindi anche il disco durante il funzionamento della

sega si possa spostare parallelamente a sé stesso, le parti dell'albero che penetrano nei cuscinetti sono leggermente coniche in senso opposto.

All'albero porta-lama è unita la puleggia di trasmissione la quale può essere collocata all'estremità

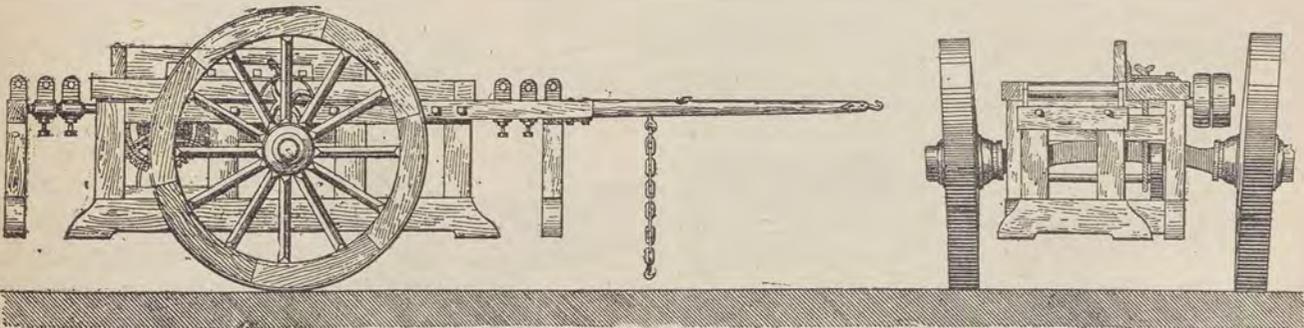


Fig. 430.

opposta a quella in cui è fissata la lama, come nella figura 427, al di fuori dei due cuscinetti o meglio ancora fra i cuscinetti, come nella fig. 428; natural-

mente quest'ultima disposizione della puleggia permette ai due cuscinetti di lavorare e di consumarsi egualmente.

Gli alberi delle seghe circolari possono essere montati sopra telaio di ghisa ovvero sopra telaio di

con tiranti, come si rileva dalla fig. 430, può essere facilmente trascinato da un cavallo in campagna. In queste seghe il carrello di avanzamento scorre sopra rulli portati da due cavalletti di facile montatura ed il movimento di esso, secondo il diametro del tronco, si fa a mano o automaticamente per mezzo di cremagliera e ruote di ingranaggio.

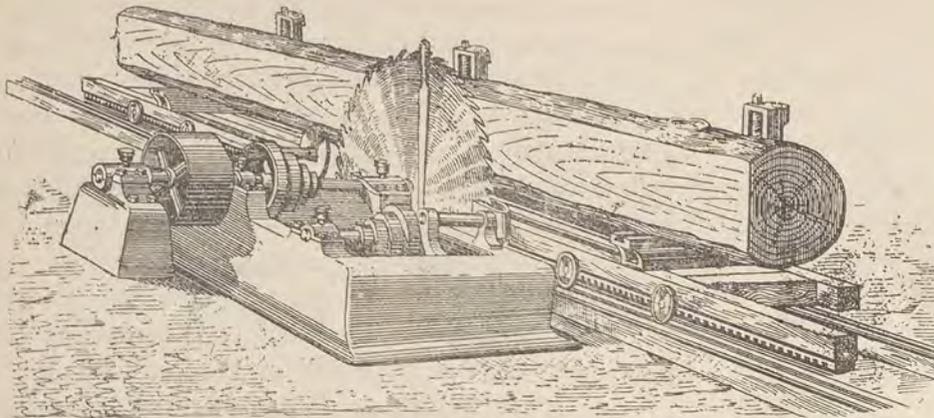


Fig. 431.

legname: quest'ultimo riesce più leggero e quindi si presta per essere trasportato, epperò le seghe mon-

Casa Kirchner di Lipsia. In esso l'albero della sega è montato sopra un robusto supporto di ghisa ed è munito della puleggia di trasmissione e di un cono di puleggie minori, al quale corrisponde un cono simile di puleggie portato dall'asse della cremagliera che serve a porre in movimento il carrello di avanzamento, la manovra del quale si può facilmente regolare per mezzo dei coni di puleggie e della relativa cinghia, che li avvolge in corrispondenza della natura e delle dimensioni dei legnami da segarsi. Il carro di avanzamento in queste seghe è costruito in legname nelle parti principali; ciò però non toglie che questo possa farsi anche in ferro. Il tronco è fissato sopra speciali supporti di ghisa scorrevoli nel senso normale alla direzione dell'avanzamento del carrello e ciò allo scopo di poterlo avvicinare al principio di ogni taglio alla lama della distanza corrispondente allo spessore delle tavole da segare.

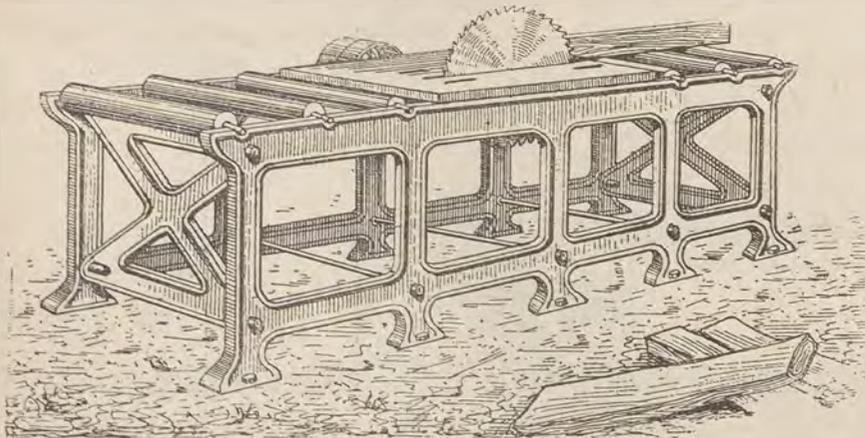


Fig. 432.

tate sopra telai di legname si impiegano anche in lavori da farsi nelle foreste. A questo fine bene cor-

fissato sopra per mezzo di

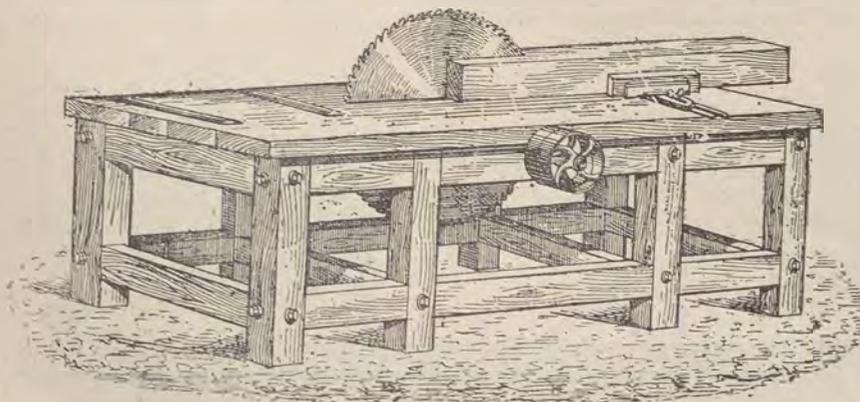


Fig. 433.

risponde una sega circolare, tipo Arbey (fig. 429) la quale potendosi montare sopra un asse a due ruote

mezzo di incastri sulla tavola parallelamente al piano della lama ed a distanza variabile secondo lo spes-

Nella fig. 432 è indicata una sega circola read asseafisso montato sopra un telaio di ghisa. Questa sega ha anche fissa la tavola ed il tronco o la trave scorrevole sopra rulli è condotta a mano contro la lama della sega, la quale perciò viene munita di una guida ei ferro, che si fissa per

sore del taglio che si vuole ottenere. Togliendo la guida questa sega si presta anche per il taglio trasversale dei tronchi. Il telaio di ghisa consta di pochi pezzi bene collegati, epperò si mantiene ben fermo durante il movimento. L'albero della sega gira entro due lunghi cuscinetti tra i quali è compreso

nel senso verticale mediante vite con relativo manubrio o volantino. Girando a mano il volantino si innalza o si abbassano i cuscinetti entro cui gira l'albero e con esso la lama della quantità che si desidera, e questo movimento può effettuarsi anche quando la sega è in funzione. Il banco è di ghisa di pochi pezzi e può essere provvisto di guida per segare in lunghezza; senza guida questa sega si presta anche per tagliare di trasverso i legnami.

Nella fig. 435 è indicata una sega ad asse fisso e tavola mobile, tipo Kirchner, di piccolo modello. Questa macchina può tagliare longitudinalmente, di trasverso ed in isbieco i legnami, potendosi a questo fine mettere o togliere la guida. Il banco di ghisa consta di due parti, del piedestallo cioè e di un pezzo, che porta la tavola, scorrevole con questa dal basso all'alto e viceversa mediante vite e manovella o volantino. L'albero porta-lama è fisso sul piedestallo ed è girevole in due lunghi cuscinetti muniti di in-

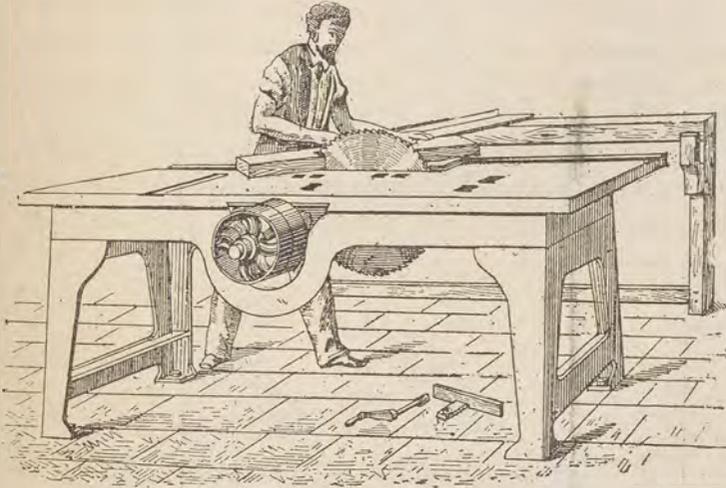


Fig. 434.

il disco della lama, le puleggie di trasmissione stanno della parte opposta al di fuori dei cuscinetti e del telaio.

Nella fig. 433 l'albero della sega circolare è montato sopra un telaio di legname e di legname è pure la guida spostabile, che serve a dare lo spessore che si desidera ai legnami segati.

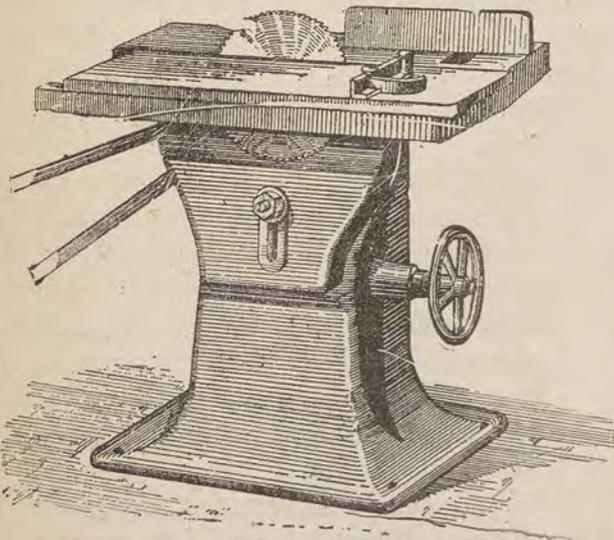


Fig. 435.

Una sega circolare ad asse spostabile del tipo Arbey è rappresentata dalla fig. 434. L'albero porta-lama in questa sega circolare è mobile entro guide

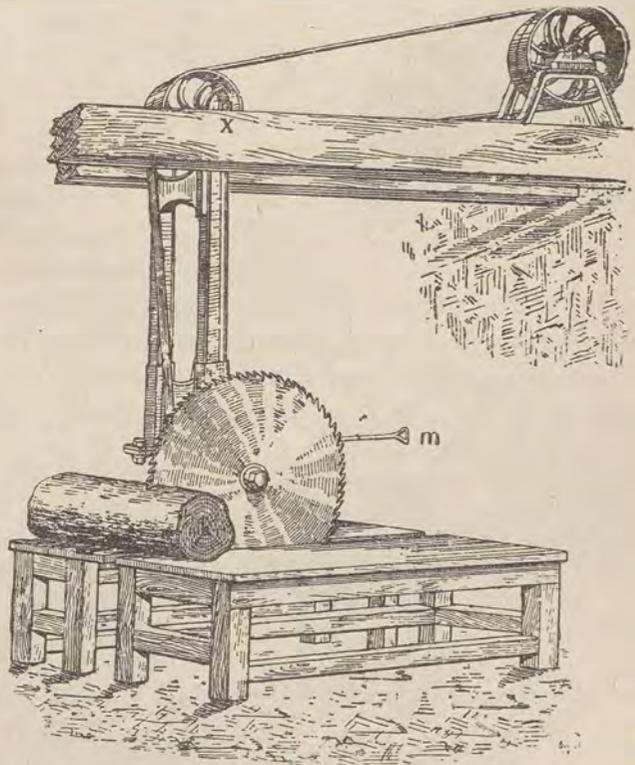


Fig. 436.

grassatori automatici. Questa sega serve per lame fino a 40 cm.

Si hanno finalmente seghe circolari le quali tagliano soltanto nel senso trasversale i legnami. Nella figura 436 è rappresentata una sega a bilanciere, tipo Arbey, che serve a tagliare di trasverso i tronchi

di qualsiasi dimensione. L'albero porta-lama della sega è fissato all'estremità inferiore di un telaio di ferro, girevole a bilanciere intorno a un asse orizzontale  $x$  che porta la puleggia motrice. Questo asse  $x$  è fissato sopra due travi sulle quali si ha anche l'asse di trasmissione del motore con puleggie ed è facile comprendere come ha luogo la trasmissione per mezzo

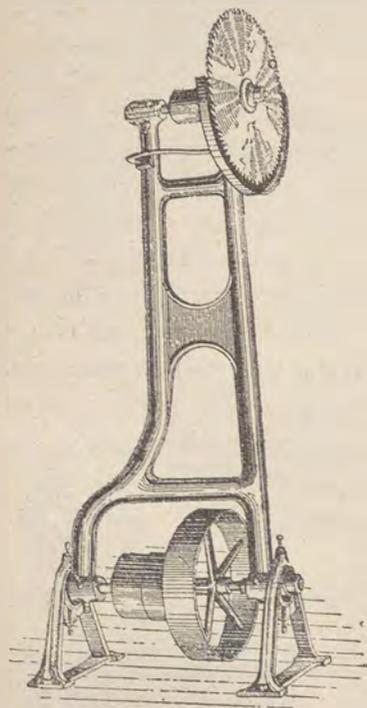


Fig. 437.

di cinghie. La sega oscillante intorno l'asse  $x$  si comanda per mezzo del manubrio  $m$ , mediante il quale si manda la lama contro il tronco da segare fissato sopra la tavola. Le seghe di questo tipo hanno il diametro del disco di m. 0,60 a 0,90; le dimensioni più piccole della lama per il taglio trasversale, di tavole e travetti, si hanno nell'altro tipo di sega Kirchner (fig. 437), dove il telaio fatto in tubi di acciaio è oscillante intorno all'asse orizzontale portante la puleggia di trasmissione.

All'estremità inferiore del telaio è applicato l'albero porta-lama con puleggia, che riceve la cinghia che l'unisce alla puleggia superiore di trasmissione; i supporti della sega sono fissi nel tetto ed a mano si al-

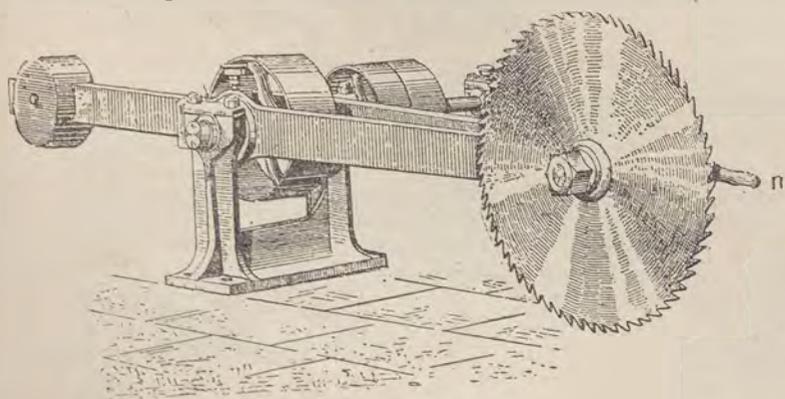


Fig. 438.

lontana o si avvicina il telaio con la sega, fino a mandarlo contro il legno da segare, ed in questa posizione si mantiene tenendolo con la pressione del braccio, finchè non abbia compiuto il suo lavoro.

La Casa Kirchner fabbrica ancora altri tipi di

seghe circolari oscillanti, fra le quali merita menzione per la semplicità quella rappresentata nella figura 438. In questa sega il telaio è girevole intorno un asse orizzontale situato nel suo punto medio e l'albero porta-lama con puleggia è situata ad un estremo del telaio, mentre all'estremo opposto il telaio porta un contrappeso che serve a fare equilibrio all'albero porta-lama. Le puleggie di trasmissione sono portate dall'asse del telaio, il quale durante il periodo inattivo della sega, sta nella posizione indicata dalla figura. Per compiere il taglio si dispone la tavola o il travetto al disopra della lama, la quale si porta contro il legno da segare sollevando il telaio per mezzo del manubrio  $m$ .

## § 8.

## IL COLLEGAMENTO DEI LEGNAMI.

Il collegamento nei legnami ha lo scopo di fissare in modo invariabile due o più pezzi di legname per lo più sotto forma di travi a sezione rettangolare. Perchè il collegamento riesca indeformabile è necessario che gli assi dei due pezzi di legname a collegarsi stiano uno sul prolungamento dell'altro, ovvero individuino un piano; se non si incontrano, gli sforzi esercitati da un trave possono generare nell'altro sforzi di rotazione che ne potrebbero compromettere la stabilità.

Gli assi di due pezzi da unirsi possono essere paralleli o possono incontrarsi sotto un angolo qualsiasi ovvero possono riuscire l'uno sul prolungamento dell'altro, diretti cioè secondo la medesima retta.

E l'incontro di due travi può avvenire fra la testa dell'uno coll'intermezzo dell'altro, fra le testate di entrambi ovvero fra i due intermezzi, allorchè le travi si incrociano. Questi collegamenti si chiamano propriamente *connessioni*, mentre i collegamenti di due travi ad asse unico e ad assi paralleli prendono rispettivamente il nome di *giunture* e di *unioni longitudinali*.

In genere i collegamenti consistono nel foggiare convenientemente le parti dei legnami a collegarsi in maniera che uno dei pezzi incastri e combaci perfettamente con altro, senza che questa unione si alteri sotto l'azione degli sforzi a cui sono soggette le travi. Di sovente perciò questi collega-

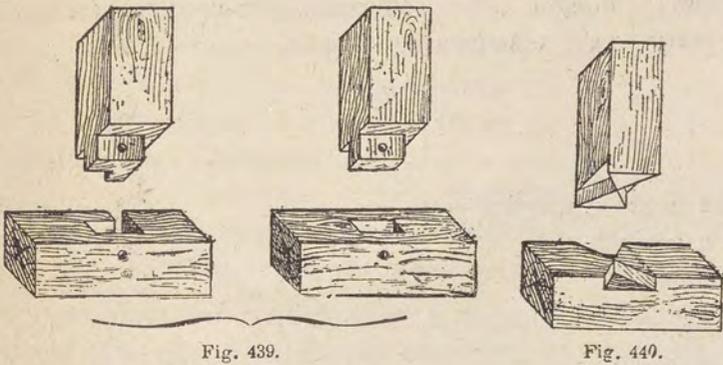


Fig. 439.

Fig. 440.

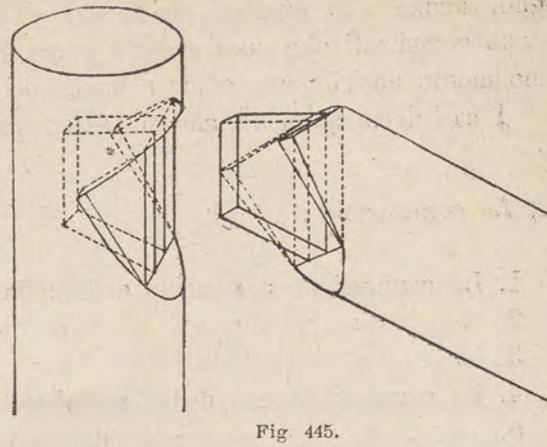


Fig. 445.

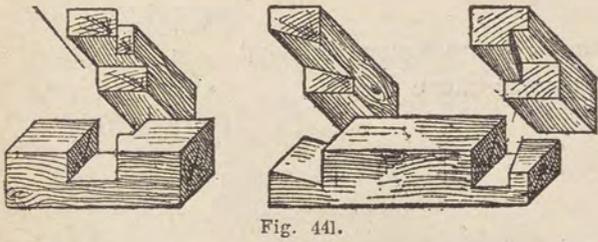


Fig. 441.

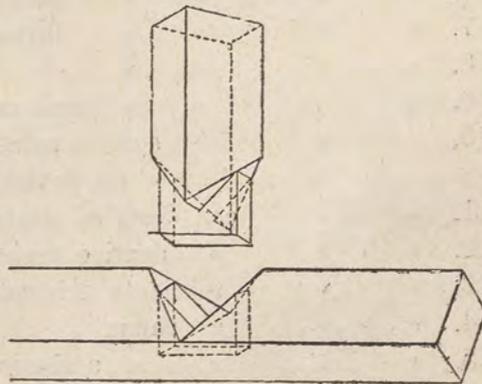


Fig. 446.

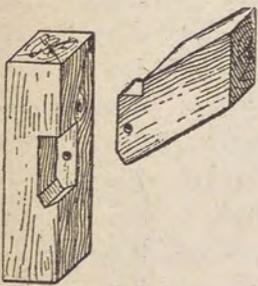


Fig. 442.

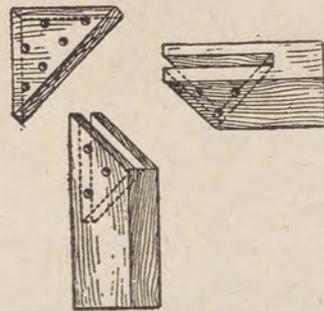


Fig. 443.

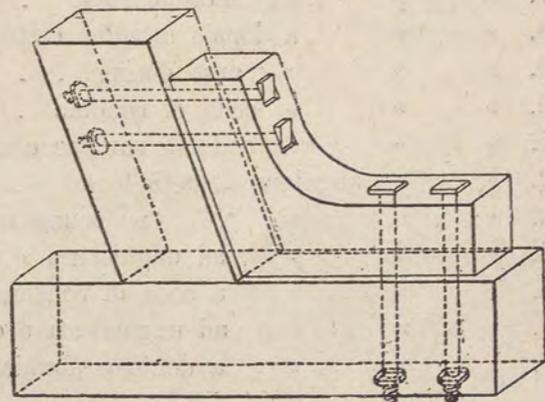


Fig. 447.

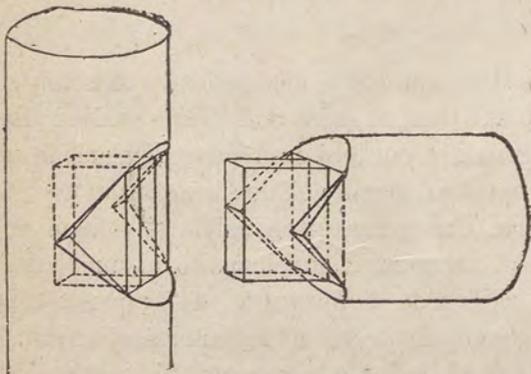


Fig. 444.

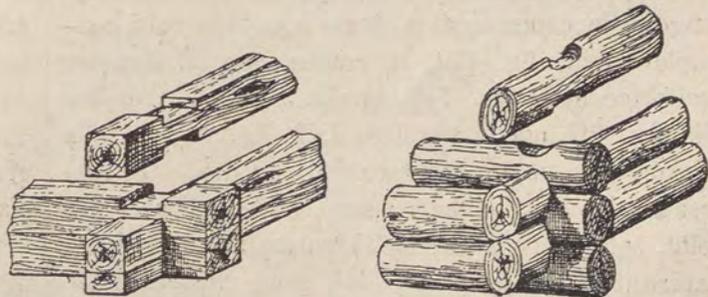


Fig. 448.

menti sono rafforzati da ferri, grappe o caviglie di legno, anche allo scopo di evitare i collegamenti troppo complicati che quasi sempre generano un indebolimento anzichè una efficace unione dei legnami.

I casi di collegamento che si possono presentare

sono svariatissimi; enuncieremo quelli riportati dal Gabba che sono i più semplici ed i più frequenti fra quelli che si adottano nell'uso della pratica; il loro disegno riesce sufficiente per crederci esonerati da ogni ulteriore descrizione.

a) *Le connessioni:*

1.	La connessione a maschio e femmina con dente e mortisa retta . . .	fig.	1	tav.	XXVIII
2.	» » » » con caviglia . . . . .	»	2	»	»
3.	» » » » obliqua . . . . .	»	3	»	»
4.	La connessione con dente semplice. . . . .	»	4,5	»	»
5.	» » » » doppio . . . . .	»	6,8	»	»
6.	» » » » semplice con maschio e femmina . . . . .	»	7,9	»	»
7.	» » » » diviso . . . . .	»	10,11	»	»
8.	» » » » . . . . .	»	1,2,3,4	»	XXIX
9.	» » » » doppio maschio e femmina (dente e mortisa doppi)		5,6	»	»
10.	» » » dente e mortisa, semplice, con maschio e femm. (in dentatura). . . . .	»	7,8,9,10,11	»	»
11.	» » con denti ad unghiatura . . . . .	»	1	»	XXX
12.	» » » denti e zeppa . . . . .	»	2,3,4,5	»	»
13.	» » » dente triangolare . . . . .	»	6,7	»	»
14.	» » a palma . . . . .	»	8	»	»
15.	» » » » e riposo . . . . .	»	9	»	»
16.	» » » » e riposo doppi . . . . .	»	2	»	XXXI
17.	» » ad intaglio retto . . . . .	»	3	»	»
18.	» » a doppio intaglio retto . . . . .	»	1	»	»
19.	» » » morso d'asino . . . . .	»	4	»	»
20.	» » » coda di rondine . . . . .	»	5,6	»	»
21.	» » » coda di rondine con zeppa. . . . .	»	7	»	»
22.	» » angolare a metà legno . . . . .	»	8	»	»
23.	» » » » e unghiatura . . . . .	»	9	»	»
24.	» » » ad unghiatura e denti . . . . .	»	1	»	XXXII
25.	» » » a coda di rondine . . . . .	»	2	»	»
26.	» » » ad unghiatura e coda di rondine . . . . .	»	3	»	»
27.	» » » a dente e unghiatura doppia . . . . .	»	4	»	»

A queste maniere di collegare i legnami si aggiungono le connessioni a dente e mortisa retti contemplate nella fig. 439, la connessione ad incastro crociforme della fig. 440, quelle a coda di rondine della fig. 441, quella angolare della fig. 442 e quella angolare con giunto riportato della fig. 443. La connessione dei legni cilindrici non richiede alcuna difficoltà, perchè si conduce nell'identico modo dei legni squadrati. Nelle fig. 444, 445 sono rappresentate le connessioni con dente a maschio e femmina di due travi cilindriche del medesimo diametro. Nella fig. 446

è dato il disegno della connessione a maschio e femmina di due travi squadrate di eguale sezione, disposte in diagonale e coi loro assi perpendicolari; in questo caso i quattro spigoli dell'una incontrano tre spigoli dell'altra. Una connessione solida si ottiene coll'aggiunta di un pezzo d'angolo unito ai due pezzi mediante chivarde di ferro (fig. 447); questo collegamento è usato di sovente nelle costruzioni navali. Nella fig. 448 sono indicate le connessioni angolari per la costruzione di pareti con travi squadrate e gregge.

b) *Le giunture orizzontali:*

1.	La giuntura a coda di rondine . . . . .	fig.	5,6	tav.	XXXI
2.	» » » dente semplice in squadro . . . . .	»	7	»	»
3.	» » » » doppio . . . . .	»	1	»	XXXIII
4.	» » » » semplice obliquo . . . . .	»	2	»	»
5.	» » » » ed unghiatura . . . . .	»	3	»	»
6.	» » » » » doppi . . . . .	»	4	»	»
7.	» » » penna . . . . .	»	5	»	»
8.	» » con dente a coda di rondine . . . . .	»	6	»	»
9.	» » » e scanalatura a coda di rondine . . . . .	»	7	»	»
10.	» » a saetta con zeppe . . . . .	»	8,9,10,11	»	»

A queste maniere di prolungare i legnami disposti nel senso orizzontale si aggiungono le unioni di punta per travi della fig. 449 e le altre della fig. 450, alcune delle quali non sono che varianti di quelle contemplate nel precedente specchietto.

c) *Le giunture a croce:*

1.	La giuntura a croce a metà legno . . . . .	fig.	1	tav.	XXXIV
2.	» » » » a un terzo di legno . . . . .	»	2	»	»
3.	» » » » a doppio intaglio . . . . .	»	3,4	»	»
4.	» » » » a coda di rondine . . . . .	»	5	»	»
5.	» » » » di S. Andrea . . . . .	»	6,7	»	»

d) *Le giunture verticali:*

1.	La giuntura a tenaglia . . . . .	fig.	12	tav.	XXXIII
2.	» » a falsa tenaglia . . . . .	»	8	»	XXXIV
3.	» » a tenaglia reciproca . . . . .	»	1	»	XXXV
4.	» » a forbici . . . . .	»	2	»	»
5.	» » a croce . . . . .	»	3	»	»
6.	» » a capriolo . . . . .	»	4	»	»
7.	» » a perno per trave cilindrica . . . . .	»	5	»	»
8.	» » a croce . . . . .	»	6	»	»
9.	» » con stecche e cerchiature di ferro . . . . .	»	7	»	»
10.	» » con semplici cerchiature di ferro . . . . .	»	8	»	»
11.	» » con cerchiature e gattello . . . . .	»	9	»	»

alle quali si uniscono quelle con scatola di ghisa ed a tenaglia con chiavarde, nonché le altre per travi squadrate collegate di punta rappresentate nella fig. 451.

e) *I collegamenti longitudinali di travi:*

1.	l'unione a semplice contatto . . . . .	fig.	10	tav.	XXXV
2.	» con intaglio e linguetta . . . . .	»	11	»	»
3.	» » doppio intaglio e linguetta . . . . .	»	12	»	»
4.	» » intaglio e linguetta riportata . . . . .	»	13	»	»
5.	» » » » a coda di rondine . . . . .	»	14	»	»
6.	» » chiavi di legno incavigliate . . . . .	»	1,2,3,4	»	XXXVI
7.	» » » forzate con zeppe . . . . .	»	5,6	»	»

f) I collegamenti longitudinali di tavole e di palanche:

1.	l'unione ad unghiatura . . . . .	fig.	12	tav.	XXXVI
2.	» a linguetta . . . . .	»	13	»	»
3.	» a metà legno . . . . .	»	14	»	»
4.	» a scanalatura e linguetta . . . . .	»	3	»	XVIII
5.	» a grano d'orzo . . . . .	»	2	»	»
6.	» a scanalatura e linguetta doppie . . . . .	»	15	»	XXXVI
7.	» a semplice contatto . . . . .	»	11	»	»
8.	» a scanalatura e linguetta con giunture coperte »	»	16	»	»

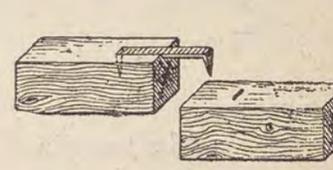
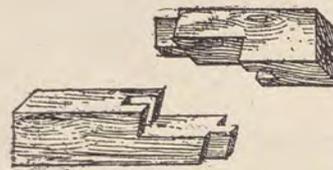
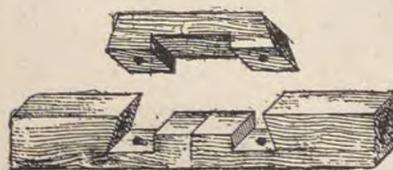
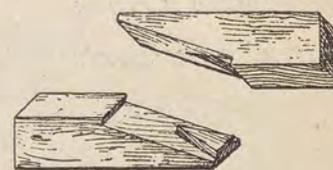
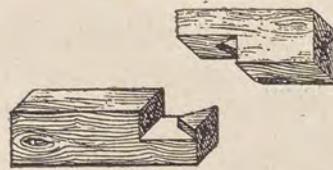
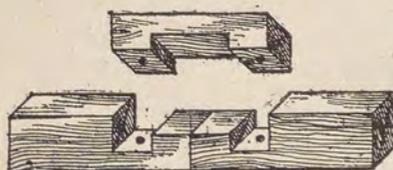
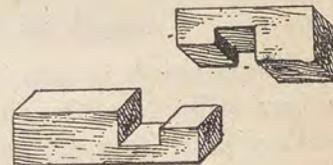
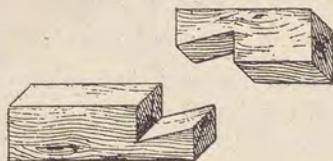
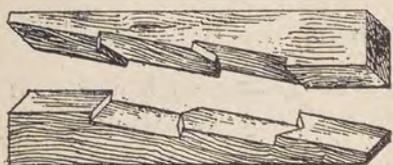


Fig. 449.

Fig. 450.

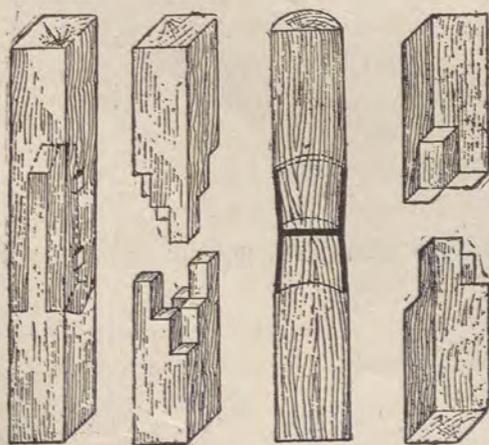


Fig. 451.

Le tavole si possono unire anche di testa a doppia unghiatura, ovvero ad unghiatura semplice con zeppa incavigliata, con linguetta o con caviglie nelle maniere indicate rispettivamente nelle fig. 7, 8, 9, 10 a tav. XXXVI.

§ 9.

LA CONSERVAZIONE DEI LEGNAMI.

È noto come i legnami mantenuti a contatto dell'umidità e dell'aria si alterano, si imputridiscono e quindi si distruggono. Per conservare i legnami che si impiegano nelle costruzioni per un tempo indefinito anche dopo che si mettono in opera, è necessario avere delle cure ed adottare norme speciali che tendono a prevenire tutte le cause di deterioramento dei medesimi. La presenza dei succhi legnosi, le screpolature dovute al rapido loro prosciugamento, il tarlo e gli altri insetti roditori, ecc. sono le cause più comuni del loro deperimento.

La fibra legnosa privata dell'umidità, e lontana dal potere essere attaccata dal tarlo, è da per sé stessa inalterabile per rispetto agli agenti esterni epperò riesce indefinitamente durevole; collocata sott'acqua, costantemente, si comporta nella stessa maniera, perchè priva dell'aria non vi può attecchire alcun insetto roditore. Ciò spiega come si trovino tuttavia

intatte fondazioni con palafitte immerse in terreni sott'acqua appartenenti a costruzioni romane e come le fabbriche di Venezia, quasi interamente costruite sopra palificate, si reggono da secoli, senza che le loro fondazioni abbiano subito alcuna notevole alterazione.

I procedimenti più adatti per la conservazione dei legnami consistono nel fare disseccare completamente quelli che si debbono impiegare nelle costruzioni fuori acqua, mettendoli in opera anche in condizioni tali che non possano più riassorbire l'umidità esteriore ovvero nel fare penetrare addentro la loro struttura delle sostanze antisettiche minerali od organiche adatte a rendere i legnami inattaccabili da buona parte degli agenti distruttori. La prima di queste operazioni si chiama propriamente *la stagionatura dei legnami*, la seconda invece la *iniezione od imbibizione dei legnami*.

a) *La stagionatura dei legnami*. La stagionatura dei legnami propriamente ha lo scopo di prosciugare ed eliminare i loro succhi vitali. I procedimenti più adatti sono: per *esposizione all'aria libera*, per *immersione nell'acqua* e per *riscaldamento artificiale* della massa legnosa.

Gli alberi abbattuti, come di solito, nei mesi di inverno sono deposti durante la successiva primavera in luoghi sani ed asciutti, convenientemente aereati e riparati dal sole a forma di cataste disponendoli orizzontalmente a contatto l'un dell'altro ed in questa posizione si mantengono per la durata di un anno, durante il quale i legnami subiscono il primo e principale essiccamento. Trascorso questo periodo di tempo si disfanno le castate, si toglie loro la corteccia per eliminare gli animali che vi si fossero annidati e favorire l'essiccazione e si ricompongono le cataste distanziando le travi di circa 10 cm. perchè l'aria possa bene invilupparli; l'essiccamento così facilitato si fa continuare lento per un altro anno ancora; durante il terzo anno di stagionatura si procede alla squadratura dei fusti. Il tempo così richiesto dai legnami per il loro totale essiccamento varia secondo la loro qualità e secondo il clima e la disposizione delle castate per rispetto ai venti. Questo procedimento riesce certamente il più lungo: in compenso però l'essiccazione lenta e graduata è quella che somministra i legnami più forti; il succio legnoso lascia evaporare l'acqua, e le sostanze gommose, che vi si trovano disciolte disseccandosi, si solidificano rinforzando e rendendo più durevole la struttura legnosa. L'essiccazione lenta poi produce restringimenti gradualmente nei legnami, perciò le fenditure che si ve-

rificano nella loro massa hanno sempre piccola profondità e non riescono mai tali da rendere inservibile il legname.

La stagionatura per immersione consiste nel tenere i legnami immersi per un certo tempo nell'acqua dolce o di mare scorrevole; i succhi legnosi lavandosi si eliminano ed i legnami riportati a secco si asciugano rapidamente con fenditure ancora meno sensibili che col metodo precedente, di essiccazione all'aria. Viceversa i legnami fatti essiccare con questo procedimento, a motivo che col succio legnoso si eliminano anche le sostanze in esso disciolte, riescono meno forti e meno durevoli di quelli fatti essiccare all'aria libera; l'acqua di mare poi deponendo il sale nei pori della massa legnosa e questo attirando l'umidità atmosferica, spesso finisce per provocare la putrefazione del legname medesimo.

Esponendo i legnami in appositi ambienti (forni) contenenti aria calda si ottiene il loro riscaldamento ed una loro rapida essiccazione. Però i legnami così fatti asciugare facilmente assorbono l'umidità dell'atmosfera, ritornando nelle condizioni di un legname non stagionato. Corrisponde invece meglio allo scopo il riscaldamento per mezzo del vapore. I legnami deposti in apposite grandi casse si fanno attraversare da una corrente continua di vapore che ne discioglie e porta via i liquidi legnosi. I legnami così riscaldati si essicano poi prontamente e ben si prestano per essere subito lavorati.

Perchè i legnami stagionati non assorbano più umidità, si ricoprono di uno strato di vernice o di catrame, ovvero in determinate costruzioni si ricoprono di uno strato impermeabile per lo più metallico. È necessario che i legnami siano bene essiccati pria di ricoprirli con queste sostanze, perchè nell'ulteriore essiccamento restringendosi, provocherebbero una discontinuità nello strato isolante, il quale perciò non corrisponderebbe completamente al suo scopo. Un miscuglio di 3 p. di sangue e 4 p. di latte di calce al quale si aggiunge un po' d'allume, spalmato sulla loro superficie, si presta per rendere i legnami impermeabili all'acqua e quindi molto durevoli.

Un mezzo efficace per preservare i legnami dalla putredine è la modificazione chimica degli elementi che compongono il succo legnoso: in tale stato questo succo è reso incapace a potere fermentare. Perciò l'arrostimento della superficie dei legnami viene spesso indicato per renderli inadatti a riassorbire l'umidità. Questo procedimento impiegato da antichi

tempi si usa tuttavia per i legnami che vanno conficcati nella terra, come ad esempio, pei pali del telegrafo e per le traversine delle ferrovie. La superficie così bruciata riesce anche antisettica, perchè il legname viene ad essere ricoperto di uno strato di carbone.

b) *L'iniezione dei legnami.* L'iniezione od imbibizione dei legnami ha il doppio scopo di preservare il legname dalla putredine e di renderlo inattaccabile dal tarlo e dagli altri insetti. Le sostanze di cui si fanno imbevvere i legnami sono somministrate disciolte nell'acqua, sono per lo più sostanze solubili, epperò esse hanno il difetto di potere scomparire dopo lungo tempo specialmente se i legnami sono messi in opera in siti umidi.

Le sostanze che a preferenza si impiegano in tale operazione sono: il bicloruro di mercurio, il solfato di rame, il solfato di ferro, i cloruri di zinco, di calce e di magnesia, il creosoto ed il latte di calce. A queste si aggiungono la canfora, gli olii volatili, il solfato di zinco, l'acido pirolegnoso, il cloruro di ferro, il nitrato di argento, l'acetato di piombo, ecc. sostanze le quali sono meno usate nella pratica per il loro costo elevato o per speciali difficoltà della loro applicazione o per la loro minore efficacia.

Il *bicloruro di mercurio* o *sublimato corrosivo* viene somministrato ai legnami in soluzione composta nel rapporto di 1 Kg. di sublimato ed 80 a 180 litri di acqua. Questa soluzione, nota col nome di *liquido conservatore di M. Kyan*, è molto usata in Inghilterra per i legnami impiegati nelle costruzioni ferroviarie. Deposito in appositi truogoli vi si immergono i legnami da iniettare per un tempo variabile dai 4 ai 18 giorni secondo il loro spessore. Sembra però che, così praticando, detta soluzione non penetri nei legnami che per uno spessore limitato, epperò i legnami così preparati possono facilmente imputridire nella parte centrale. Ad ovviare questo inconveniente si preferisce imbevvere i legnami con la soluzione di sublimato adottando il procedimento di iniezione forzata.

L'impiego del sublimato non è però privo di inconvenienti ed il principale di essi è quello di esporre le persone che lavorano tali legnami ad un facile avvelenamento; laonde è necessario usare delle precauzioni da parte degli operai lavoranti; il latte e l'albumine dell'uovo sono i contravveleni indicati nei casi di avvelenamento.

I *solfati di rame* e *di ferro* sono meno pericolosi e con essi si consegue un grado di disinfezione dei

legnami non inferiore a quello del sublimato corrosivo. Anche il loro costo è meno elevato, sicchè sono largamente impiegati specialmente per iniettare le traverse da ferrovia ed i pali del telegrafo. *Bucherie* si servi dell'a forza che fa montare negli alberi il succo legnoso per impregnare tutte le parti dell'albero di queste soluzioni. Immergendo l'estremità inferiore di un albero di fresco tagliato in un recipiente contenente una di queste soluzioni a capo di qualche giorno tutto l'albero è impregnato di questi sali.

Una *soluzione di cloruro di zinco*, composta di 90 litri di acqua con 1 Kg. di cloruro di zinco, è ottimo antisettico; egualmente dicasi per i cloruri di calce e di magnesia; i loro effetti utili però sono inferiori a quelli del solfato di rame; di contro il loro costo ne è di molto inferiore.

L'impiego del *creosoto* per l'imbibizione delle traverse delle ferrovie è considerato come il migliore metodo di conservazione. I legnami imbevuti di creosoto diventano duri e resistenti all'umidità e non corrodono i metalli ad essi collegati. Si impiega il creosoto usando direttamente gli olii provenienti dalla distillazione del carbon fossile (catrame) o il bitume del gas (pece) reso liquido col calore. L'inconveniente principale dei legnami così trattati è il cattivo odore che essi emanano specialmente di estate. Queste sostanze perciò vanno proscriette per i legnami impiegati nella costruzione di abitazioni.

Un miscuglio di *latte di calce con orina* costituisce pure una soluzione antisettica di conveniente effetto e di piccolo costo.

Come sostanze preservatrici del legname in pratica sono pure molto usate le *materie grasse*, la *cera*, il *sego*, l'*olio essiccativo di lino*, l'*olio di noce*, ecc., le quali, spalmate sulla superficie dei legnami lavorati, li preservano per molto tempo non essendo essi intaccati nè dall'aria nè dall'acqua.

L'iniezione dei liquidi antisettici nei legnami si può effettuare in quattro maniere diverse: per immersione, per naturale forza di aspirazione, per pressione idrostatica e per pressione forzata.

L'*iniezione per immersione* costituisce il procedimento più semplice, consistendo nell'immergere i legnami dentro al liquido antisettico a caldo o a freddo per ivi tenerli durante un tempo variabile secondo lo spessore dei medesimi. Questo genere di imbibizione è però il meno efficace, perchè il liquido penetra nella massa legnosa per uno strato superficiale; laonde esso si usa convenientemente per i legnami

lavorati, perchè allora tutto lo spessore attraversato dal liquido riesce utile. Talvolta i legnami si fanno bollire nei liquidi preservativi per 10 a 12 ore; così si pratica spesso impiegando la soluzione di solfato di rame.

L'*iniezione per aspirazione* consiste nel fare uso della forza naturale che hanno le piante di far salire il succo legnoso dalle radici alle estremità. Come avanti si disse, devesi a Boucherie questo processo di assorbimento e consiste principalmente nel circuire il piede dell'albero, durante l'epoca in cui il movimento ascensionale è più attivo, di due vasi contenenti il liquido da introdurre nella pianta praticando in pari tempo nel tronco due tagli, diametralmente opposti, situati nello stesso piano orizzontale, che si fanno abbracciare dai recipienti, di gomma o di cuoio, combacianti a perfetta tenuta di liquido con la superficie dell'albero (fig. 452). Così praticando il liquido viene facilmente assorbito ed in breve tempo risale fino ai rami ed alle foglie dell'albero. Questo procedimento di imbibizione ha il difetto di riuscire costoso per la mano d'opera che esso richiede e per i molteplici apparecchi che abbisognano, se gli alberi da iniettare sono parecchi e perchè molta parte del liquido preservativo si disperde inutilmente nei rami e nelle foglie. Per cui questo processo in pratica si limita agli alberi di fresco tagliati; immergendo l'estremità

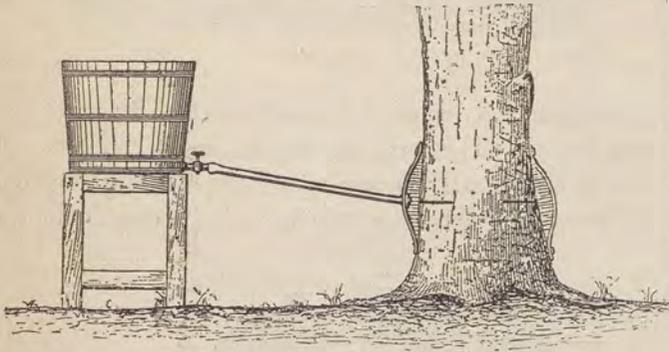


Fig. 452.

loro inferiore in recipienti contenenti il liquido preservatore, questo viene assorbito con facilità.

Acciocchè il liquido non venga a diluirsi mescolandosi col succo legnoso, perdendo perciò parte della sua efficacia, il procedimento suesposto è stato modificato da Renard-Périn. I tronchi sono segati alle due estremità perpendicolarmente all'asse; alla estremità più grossa si applica un sacco di tessuto impermeabile nel quale si fa arrivare la soluzione antisettica. Ciò fatto si fa penetrare l'altra estremità in un

recipiente dove si possa praticare il vuoto. Sotto l'azione della diminuzione di pressione nel recipiente il liquido del sacco viene aspirato, spinto dalla pressione atmosferica, rimpiazzando il succo legnoso, che viene per primo eliminato.

L'eliminazione dei succhi legnosi si può conse-

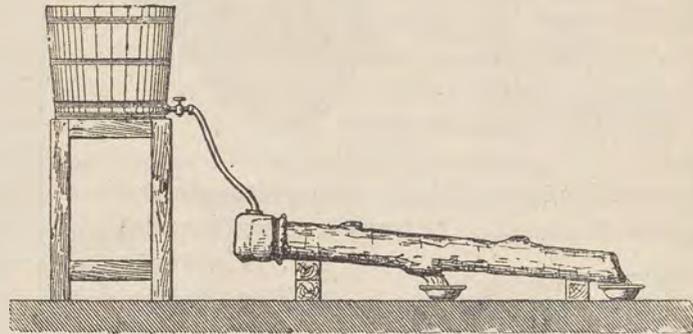


Fig. 456.

guire col semplice spostamento facendo uso dell'azione della gravità. Disponendo il tronco da iniettare privato dei rami e tagliato a conveniente lunghezza in posizione quasi orizzontale (fig. 453), di maniera chela sua testa più grossa sia di poco più alta dell'altra ed applicando alla medesima il sacco contenente il liquido che si fa provenire da un serbatoio situato 2 m. più in alto del tronco, questo liquido sposta da principio il succo legnoso, che viene fuori dai rami tagliati e dall'estremità opposta del tronco ed a questo si surroga completamente in breve spazio di tempo. Sopra questo principio è basato il noto procedimento di Boucherie per l'iniezione delle traverse delle ferrovie per *pressione idrostatica*.

Sulla periferia della testa del tronco, tagliata normalmente all'asse, si applica un anello di fune di canapa (fig. 454) sul quale si adatta una tavoletta che si fissa fortemente al tronco in modo da premere la fune contro di esso. Rimane così tra la tavoletta, la fune e la testa del tronco uno spazio ristretto nel quale si fa pervenire il liquido per mezzo di un tubo proveniente da un serbatoio situato in alto. Invece della fune e della tavoletta si può usare la cassetta senza fondo indicata nella fig. 455. Se i tronchi sono lunghi abbastanza da poterne ricavare due traversine per ciascuno di essi, si segano parzialmente nel mezzo normalmente all'asse, ed aperta la fessura col segare le due parti del tronco, vi si introduce una fune di canapa a sezione decrescente (fig. 456). Ritornando a rimetterlo nella primitiva posizione la fune viene compressa racchiudendo un piccolo spazio cuneiforme nel quale si fa pervenire il liquido con un tubo at-

traverso un foro *f* che si pratica nel legno diagonalmente a pochi centimetri di distanza dalla fessura e sino a raggiungere lo spazio suindicato. Con questo proce-

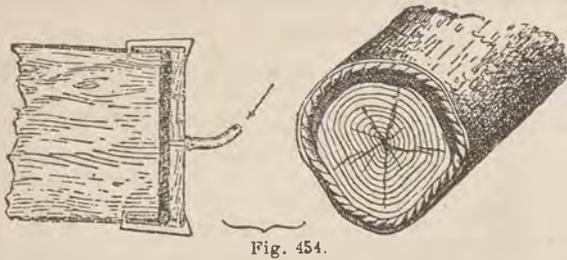


Fig. 454.

dimento si possono iniettare contemporaneamente diversi pezzi di legname adottando la disposizione della fig.

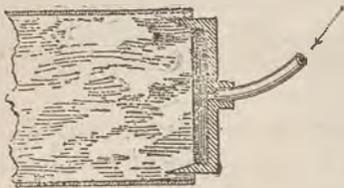


Fig. 455.

457. In questo impianto il liquido che viene fuori dalle estremità opposte dei legnami iniettati mediante appositi condotti *c* viene raccolto nel recipiente *r* dal quale per mezzo di una pompa viene elevato nel serbatoio *s* per rimmetterlo in circolazione.

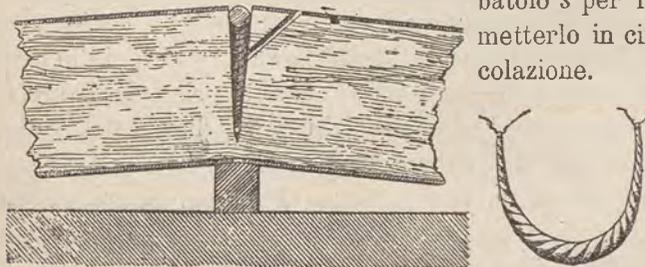


Fig. 456.

L'iniezione per pressione forzata consiste nel

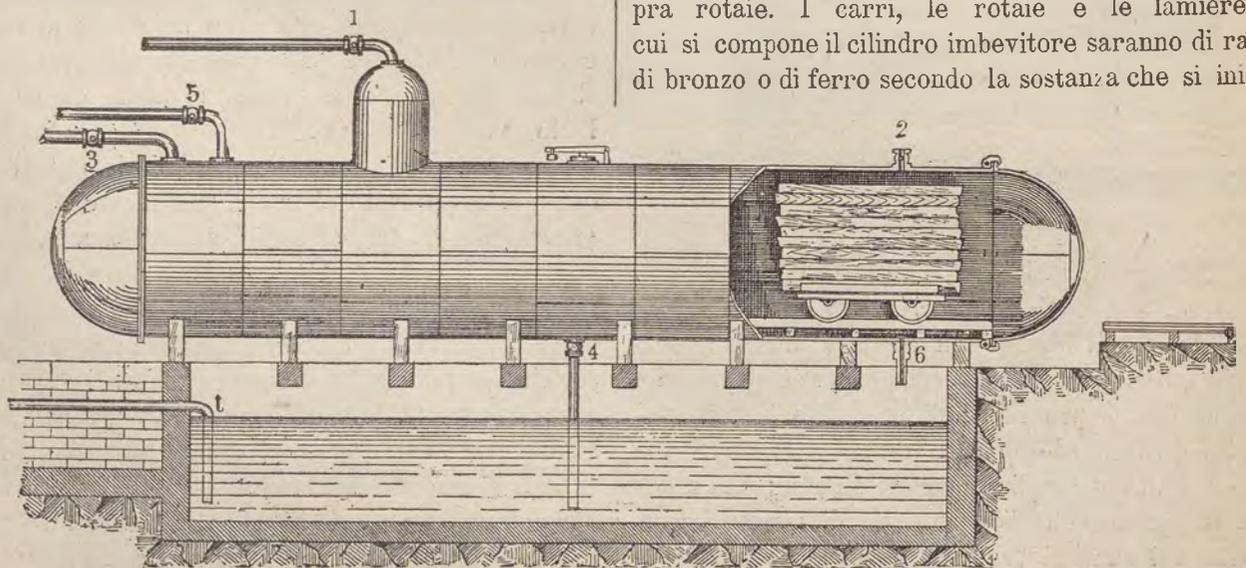


Fig. 458.

disporre i legnami entro cilindri di lamiera metallica nei quali, praticato il vuoto, si fa affluire il liquido preservatore, comprimendolo con una macchina pre-

mente per obbligarlo a penetrare nelle cavità capillari della massa legnosa. I cilindri imbevitori hanno la forma indicata nella fig. 458 e sono chiusi alle estremità da calotte sferiche a tenuta d'aria e di acqua a pressione di 10 a 12 atmosfere, alla quale si fa salire il liquido preservatore. I legnami si fanno

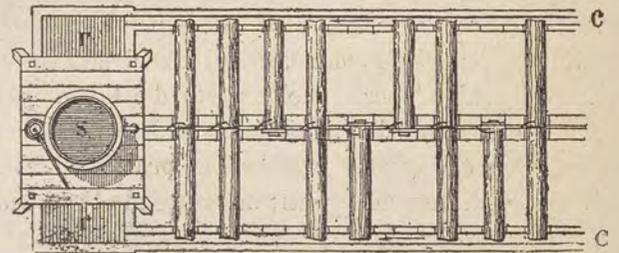


Fig. 457.

pervenire nel cilindro caricati in carri trainati sopra rotaie. I carri, le rotaie e le lamiere di cui si compone il cilindro imbevitore saranno di rame, di bronzo o di ferro secondo la sostanza che si inietta

ed i legnami si fanno imbevare dopo che hanno subito almeno la prima lavorazione. Introdotti i legnami e chiuso ermeticamente il cilindro che è montato sopra un telaio di travi impostato sulla vasca contenente il liquido da iniettarsi, si comincia l'operazione iniettando un getto di vapore per mezzo del tubo 1 proveniente dal generatore, contemporaneamente si apre la valvola 2 per scacciare l'aria del cilindro. Riempito di vapore il cilindro e chiuse le valvole 1 e 2, col condensarsi del vapore si effettua il vuoto che si rende perfetto facendo agire una pompa aspirante alla quale fa capo il tubo 3; indi si apre la valvola 4 che fa affluire il liquido della vasca nel cilindro, riempiendolo. Chiuse allora le valvole 1, 2, 3 e 4 si apre la valvola 5 comunicante con una pompa premente che assorbendo il liquido dalla vasca mediante il tubo *t*, lo spinge e lo comprime nel cilindro fino alla pressione di 10 a 12 atmosfere. Compiuta l'operazione si apre la valvola di scarico 6 per riversare nella vasca il liquido rimasto nel cilindro; aperta quindi la calotta si estraggono i carri e si procede alla scarica del legname imbevuto. Questo procedimento dovuto al Payn permette di compiere una iniezione in due ore, riesce perciò molto speditivo potendosi iniettare circa 800 traversine al giorno con un cilindro avente 2 m. di diametro e capace di contenere tre carri con 40 traversine ciascuno. La spesa di iniezione di un mc. di legname con questo procedimento si calcola che ascenda a L. 7 circa.

### § 10.

#### L'INCURVAMENTO DEI LEGNAMI.

Non è raro il caso che nelle costruzioni civili specialmente nella composizione delle armature dei tetti a falde curve, delle cupole, ecc., si presenti il bisogno di legni curvi. Nelle costruzioni navali ed in alcune arti meccaniche tale bisogno si palesa più di frequente, ma dove veramente l'impiego dei legnami curvi ha una vasta applicazione è nella fabbricazione dei mobili e delle sedie, la quale costituisce una industria speciale, che ebbe origine in Austria, talchè queste suppellettili portano tuttavia il nome di mobili e di sedie viennesi, ma che in seguito si estese dovunque anche in Italia.

I legnami curvi si possono ricavare direttamente dai tronchi dritti o naturalmente curvi o fatti crescere appositamente curvi, ovvero da legnami dritti

incurvati artificialmente, profittando della loro naturale flessibilità, o per mezzo del calore. Il calore, se è congiunto all'umidità, ha la capacità di rammollire e di rendere più elastiche le fibre dei legnami, i quali perciò riescono più flessibili. Alla loro volta asciugando e facendo disseccare i legnami incurvati con tale procedimento, questi diventano duri e conservano la forma loro impressa.

I legnami curvi ricavati da tronchi dritti o cresciuti inarcati difficilmente possono avere una grande lunghezza, di contro possono essere molto forti e molto robusti, se nel taglio sono contornati in maniera

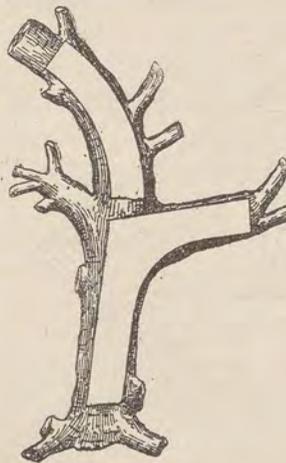


Fig. 459.



Fig. 460.



Fig. 461.

che le fibre non subiscono numerosi tagli. Questi legnami sono utilizzati per lo più nelle costruzioni navali e possono avere una sola curvatura situata su un piano (fig. 459), due curvature situate entrambe sullo stesso piano (fig. 460) o due curvature situate su due piani (fig. 461).

Nei legnami incurvati artificialmente si tiene di mira di non indebolire troppo le fibre nel tenderle e di evitare le interruzioni nelle fibre, essendo queste le cause che ne possono determinare facilmente la rottura; a tal fine si è anche pensato, per non tendere troppo le fibre della parte convessa, di comprimere quelle della parte concava.

I procedimenti per rammollire e rendere flessibili i legnami sono tre, immergendoli, cioè nell'acqua bollente, in un bagno di vapore acqueo o nella sabbia umida ad elevata temperatura. Il primo di questi non è adottato molto di frequente, perchè l'acqua bollente scioglie e decompone alcune sostanze legnose, per cui i legnami riescono alterati nella loro struttura; il

secondo è quello che si segue nella costruzione dei mobili a vapore e delle sedie viennesi ed in generale per tutti i legnami che hanno una piccola dimensione, poichè il vapor d'acqua non è capace di estendere la sua azione al di là di un certo spessore; il terzo è quello che più conviene per i legnami di grosse dimensioni, quali sono quelli usati nelle costruzioni navali e nelle civili per le centinature curvilinee dei soffitti, dei tetti e delle cupole.

I legnami rammolliti si sottopongono all'incurvamento, premendoli sopra apposite sagome, ovvero costringendoli a penetrare in appositi stampi e costantemente adagiati in tali apparecchi si fanno asciugare

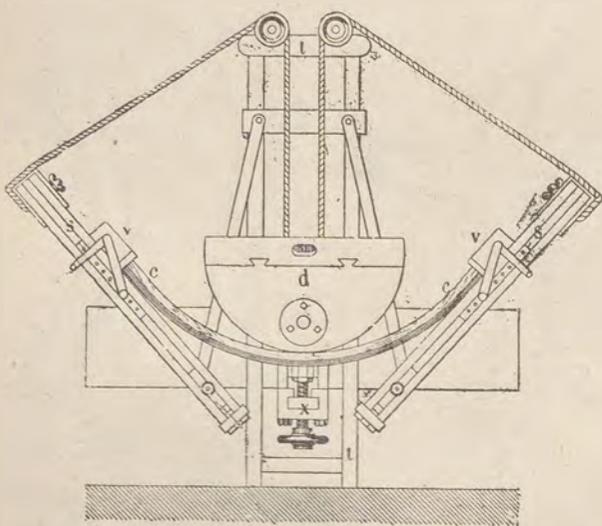


Fig. 462.

a perfezione. La curvatura si imprime a mano o per mezzo di leve secondo la grossezza, ed i legnami si fissano sulle sagome e sugli stampi per mezzo di morse.

Un apparecchio con leva a ginocchio molto usato per l'incurvamento dei legnami piuttosto esili, che si impiegano nelle costruzioni dei mobili a vapore, è quello rappresentato dalla fig. 462. Questa leva consta di un telaio *t*, al quale sono collegate due staffe articolate *s*, manovrabili per mezzo di funi tese dall'apparecchio a vite portato dal telaio. Il cilindretto *c* di legname da piegarsi si adagia con le sue estremità contro due appendici *v* delle staffe e nel suo punto medio contro un disco *d* a contorno circolare o qualsiasi, sull'orlo del quale il cilindro di legname viene ad adagiarsi ed in tale posizione si fissa mediante morsette o altri apparecchi. Tolto il disco *d*, unitamente al legname adagiato, per sottoporlo all'asciugamento,

lo si sostituisce con un altro per ripetere la medesima operazione.

In ogni caso l'incurvamento dei legnami richiede che questi siano diritti, senza nodi, senza interruzioni e perfettamente sani. Solo allora i legnami facilmente si lasciano piegare; dopo essere rammolliti ed asciugati mantengono costantemente la forma loro impressa.

Trattati con acido cloridrico i legnami subiscono una modificazione nella loro struttura per cui diventano poco elastici e piuttosto plastici; in tale stato essi sono capaci di ricevere qualsiasi impronta e di acquistare quella forma che si vuole. I legnami così trattati hanno facile impiego nelle costruzioni delle cornici da quadri, di ornamenti per mobili, ecc.; ed in questo stato sono anche suscettibili di facile colorazione per mezzo del procedimento di iniezione idrostatica o di iniezione forzata a 2 o 3 atmosfere.

## § 11.

### LA COLORAZIONE DEI LEGNAMI.

Per colorazione dei legnami si intende l'arte di dar loro il colore che si vuole, facendo penetrare la tintura nei pori della massa legnosa; questa operazione non è da confondersi con la colorazione dei legnami per mezzo delle vernici ad olio, la quale oltre la coloritura si prefigge di preservare i legnami dal tarlo e dalla putredine.

La colorazione dei legnami principalmente ha lo scopo di dare ai legnami comuni e di poco costo i colori imitanti i legnami rari e preziosi, che si impiegano nella costruzione degli infissi e dei mobili di lusso e che debbono il prezzo elevato alla loro scarsità ed alla forte spesa di trasporto, essendo da noi importati per la più parte dall'America e dall'Africa meridionale.

Le tinte possono essere somministrate ai legnami semplicemente applicandole col pennello alla loro superficie, prima che fossero verniciati o immergendo legnami in un bagno di tintura od infine adottando uno dei procedimenti di imbibizione descritti per la conservazione dei legnami, dove, invece del liquido preservatore, si inietta il liquido colorante.

In ogni caso qual si sia il metodo adottato, se si vuole che tutta la massa legnosa riesca uniformemente colorata, bisogna che i legnami non abbiano grandi dimensioni. I legnami esili, le tavolette e le im-

piallacciate più facilmente si fanno tingere con uniformità di colore per il loro piccolo spessore. Tutti i legnami di colorito chiari si prestano per assumere qualsiasi colore, dal più delicato al più intenso; quelli meno chiari possono acquistare i colori più scuri o rafforzare il loro proprio colore.

Il colore si può dare ai legnami anche mediante chimici procedimenti; alcune sostanze legnose potendo essere attaccate da alcuni reagenti, cambiano di colore; è così che i legnami ricchi di tannino si colorano in nero immergendoli in un bagno di vetriolo di ferro. Ne segue che, introducendo in un medesimo legname consecutivamente due sostanze capaci di reagire per crearne una nuova di determinato colore, si può conseguire la colorazione dei legnami anche con questo semplice mezzo.

Le sostanze che si impiegano per la formazione delle tinture sono svariate; esse possono essere di ori-

gine minerale, animale, vegetale e chimica. Sono di origine chimica quelle ottenute dietro un procedimento chimico: tali sono ad esempio i colori del catrame o di anilina, le cui varietà sono rosso, violetto, bleu, verde, giallo, bruno e nero. Fra le sostanze minerali le più usate sono il cromato di piombo, che si ottiene somministrando al legname da colorare in giallo prima l'acetato di piombo e quindi il cromato di potassa, il sesquiossido di magnesia che colora in bruno, il sesquiossido di ferro in rosso ruggine, il bleu di Prussia, ecc. Fra le sostanze animali è usata soltanto la cocciniglia che colora in rosso chermis e tra le vegetali l'indaco che colora in bleu; l'oriana, la robbia, il rosso brasiliano che colorano in rosso; il curcuma ed il quercitrone che colorano in giallo; il campeggio, il legno d'India, le galle d'Aleppo, che colorano in nero ecc. Di questi colori più lungamente si dirà trattando l'argomento delle tinte e vernici.

## CAPITOLO VI.

### I MATERIALI BITUMINOSI

#### § 1.

##### LE GENERALITÀ.

Col nome di *bitume* o di *pece minerale* si chiama quella sostanza, costituita principalmente di carburi di idrogeno con associazione di ossigeno, di colorito nero lucente e di odore acre caratteristico, che si riscontra sulla superficie della terra od a profondità non molto grande nelle regioni vulcaniche, talvolta allo stato solido alla temperatura ordinaria, tal'altra allo stato liquido. Per la loro costituzione molto affine a quella dei petroli, coi quali spesso hanno comune il giacimento, i bitumi sono considerati come provenienti da una distillazione dei depositi di carbon fossile nelle viscere della terra, provocata per l'attività vulcanica del nostro globo.

I bitumi si riscontrano in natura allo stato libero od associati a materie terrose od a rocce arenaree o calcari; il loro impiego, stando a quanto ne scrive Diodoro Siculo, risale a tempi remotissimi, per cui risulta che la torre di Babele fosse costruita di mattoni cementati con bitume. Uno dei giacimenti più antichi di bitume è il *mare morto* o *mare di asfalto* esistente alle falde del M. Giordano nella Giudea, dal quale si estrae tuttavia il bitume allo stato libero che si rinviene galleggiante sulle acque putride di quel lago, ordinariamente liquido, talvolta anche allo stato solido. Oggidi il bitume libero viene estratto dall'isola della Trinità nelle Antille, dove si ha pure un vasto giacimento di bitume solido, nel bacino detto *lago di pece*, vasto oltre 3 Kmq. e dal quale si esporta in quantità anche in Europa.

Le terre e le rocce bituminose sono sulla crosta terrestre più comuni che non i bitumi. Queste rocce, secondo la quantità di bitume che contengono, servono per l'estrazione del bitume ed alcune di esse altresì per la fabbricazione diretta di alcuni mastici che si impiegano nell'arte del fabbricare.

Fra le rocce bituminose quelle calcari sono però le più pregevoli, specialmente se non sono compatte, queste rocce, quando sono scaldate, si rammolliscono e se contengono del bitume nel rapporto non inferiore al 5% hanno la proprietà di assorbire della sabbia e con essa agglutinarsi solidamente, costituendo quel materiale di cui si fa tanto uso nelle costruzioni e che si chiama *asfalto*.

L'estrazione del bitume dalle rocce procede diversamente secondo che le rocce sono tenere o compatte. Per le rocce arenaree e per le rocce calcari tenere, per quelle cioè che si lasciano facilmente penetrare dall'acqua, il procedimento comunemente adottato è quello di frantumare a piccoli pezzi la roccia (0,08 di diam.), di immergerla nell'acqua bollente contenuta in una caldaia ed ivi dimenarla per un'ora; il bitume col calore si liquefa e libera la roccia, di cui ne occupa tutte le piccole cavità intermolecolari; allora i granelli di roccia si depositano nel fondo della caldaia, mentre il bitume libero, galleggiando, facilmente si lascia raccogliere.

Questo procedimento presenta l'inconveniente di dare bitumi non molto puri, perchè i piccoli grani di sabbia facilmente si lasciano trasportare dal bitume in sospensione e solo i grossi si depositano nel fondo della caldaia. Esso perciò riesce conveniente

per l'estrazione dei bitumi, che servir debbono per la fabbricazione dei mastici bituminosi, nella quale occorre unirli ad altre materie terrose; non così però allorchando si desidera ricavare il bitume libero puro. Per liberare completamente i bitumi dalla sabbia si fanno distillare; si ottiene allora un olio bituminoso del quale a sua volta si fa uso per sciogliere i bitumi impuri. Questi resi più fluidi lasciano depositare nel fondo le materie terrose anche più fini. Un volume di olio bituminoso è sufficiente per sciogliere e purificare 3 volumi di bitume impuro.

Se le rocce sono compatte il sopraccennato procedimento naturalmente non dà buoni risultati, perchè le rocce non si lasciano prosciogliere dall'acqua. Si adotta in sostituzione il procedimento della fusione a secco, consistente nel sottoporre la pietra, ridotta in frantumi, ad un'alta temperatura dentro una apposita caldaia; il bitume allora si liquefa, si raccoglie sul fondo e facilmente si fa colare al di fuori della caldaia.

Il bitume libero puro così ottenuto si riconosce facilmente per il suo colore scurissimo e per la sua lucentezza, per cui molto somiglia al litantrace dal quale differisce per la struttura omogenea. Esso riesce solubile nell'alcool, nella benzina e nel petrolio e mentre si infiamma facilmente, fonde a temperatura inferiore ai 100°, emanando un odore caratteristico piuttosto gradevole.

Fra i bitumi minerali si comprende anche quello che si ottiene come residuo della distillazione del carbon fossile per la fabbricazione del gas illuminante; questo bitume artificiale (*catrame*) si impiega nelle costruzioni spesso in sostituzione di quello naturale dal quale differisce per il colore più chiaro e per l'odore più disgustoso.

## § 2.

### L'USO DEI BITUMI NELLE COSTRUZIONI.

Anticamente usavansi i bitumi come materiale cementante idrofugo nelle costruzioni con mattoni. In tale qualità oggidì essi sono interamente sostituiti dalle calce idrauliche e dai cementi; il loro impiego viene limitato al solo ufficio di isolante per l'umidità. In arte il bitume non si impiega mai da solo, ma serve di base per la formazione di diversi composti idrofughi, detti *vernici bituminose*, che si impiegano in strati sottili per ricoprire le pareti che si vogliono preservare dall'umidità, ovvero per la composizione del *mastice d'asfalto*, che si impiega per la costru-

zione di marciapiedi e di pavimenti, per coprire tetti e terrazze, per le cappe delle volte, ecc.

I più comuni composti idrofughi bituminosi, che si convengono per coprire le pareti dei muri di pietra, di gesso e di legno, esposti all'umidità, dalla quale si vogliono preservare, sono così composti: Bitume naturale 45, cera 1, asfalto 25, coke in polvere 29 (*mastice giudaico*); pece 60, bitume 19, cera 4, sego 3, calce spenta 6, cemento romano 6, acqua ragia 2 (*mastice macabeo*), conveniente anche per ricoprire i vetri ed i metalli; olio bituminoso, bitume ed ossido di zinco (*pania marina*), ovvero bitume 8, olio lino 4, acetato di piombo 1, ossido di manganese 1, essenza di trementina 4 (*composto di Rey*).

Per ricoprire il ferro si ottiene una buona vernice fondendo insieme con precauzione: succino o ambra 12, colofonia 2, bitume 2, olio lino 6, essenza di trementina 12, ovvero: bitume 25, colofonia 25, olio bituminoso 200 e più semplicemente ancora bitume sciolto in essenza di trementina. Le vernici nere che si impiegano per coprire i vari pezzi delle macchine e dei letti in ferro non sono che vernici a base di bitume.

Dove i bitumi sono impiegati veramente in grande quantità è nella fabbricazione dei mastici di asfalto largamente impiegati nelle costruzioni.

## § 3.

### L'ASFALTO NATURALE.

Per asfalto naturale si intende la roccia tenera calcare bituminosa, la quale si presta sia per l'estrazione del bitume puro, come per la fabbricazione del mastice di asfalto, che si impiega nelle costruzioni. La struttura di questa roccia è simile a quella della pietra da gesso, dalla quale differisce oltre che per la costituzione chimica, per il colorito oscuro, quasi nero, e perchè sotto l'azione del calore si liquefa; i suoi granelli avviluppati di un sottilissimo strato di bitume si separano e finiscono per costituire una massa semifluida, che si adatta ed aderisce facilmente alle pareti sulle quali si applica in sottili strati; raffreddato si solidifica acquistando una durezza considerevole. L'asfalto naturale si trova facilmente in quasi tutte le regioni vulcaniche. I giacimenti più importanti in Italia sono quelli della valle di Pescara, di Caserta e di Roma. A Lettomanopello (Pescara) si hanno attualmente parecchie cave di asfalto coltivate, i cui prodotti (2000 tonn. circa all'anno tra bitume

e mastice di solfato) vanno anche all'estero. In provincia di Caserta si hanno cave di asfalto a Rocca-secca, Rocca d' Arco, ecc., sono però queste cave poco produttive a ragione del piccolo smercio dei loro prodotti, limitato quasi esclusivamente alle esigenze della città di Napoli. Ed in Roma nel versante meridionale dei Colli laziali si hanno cave nei dintorni

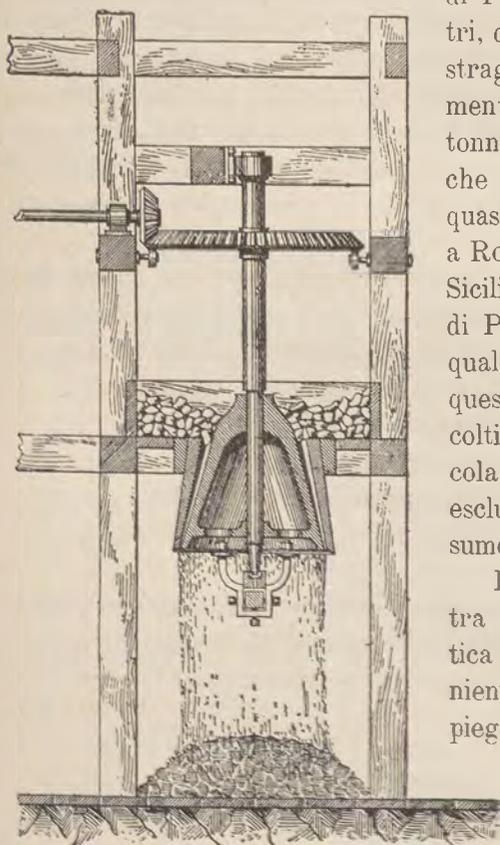


Fig. 463.

di Frosinone-Alatri, dalle quali si estraggono annualmente circa 1000 tonn. di prodotti, che si impiegano quasi interamente a Roma. Anche in Sicilia, nei monti di Paternò, si ha qualche cava di questo materiale coltivata su piccola scala e ad esclusivo uso e consumo locale.

Perchè la pietra calcareo asfaltica possa convenientemente impiegarsi nelle costruzioni dovrebbe contenere dal 5 all'8% di bitume; entro questi limiti l'asfalto messo in opera non si rammollisce troppo di estate sotto l'azione del sole e non riesce soverchiamente duro e fragile di inverno.

Se il bitume vi è contenuto in quantità diversa dai limiti sopraindicati, se ne correggono le proporzioni coll'aggiunta di bitume libero, quando esso è scarso, e di sostanze terrose, quando è in esuberanza. Le migliori qualità di asfalto sono quelle che risultano composte unicamente di carbonato di calce e di bitume; il peso specifico di questo asfalto è 2,23.

#### § 4.

##### LA PREPARAZIONE DEL MASTICE D'ASFALTO.

Le pietre asfaltiche tenere contenenti il bitume in quantità inferiore al 5%, prima di essere impiegate per la fabbricazione del mastice di asfalto, su-

biscono una serie di operazioni per renderle adatto a potersi efficacemente mescolare e formar corpo col bitume libero, col quale si mescolano, per formare il mastice di asfalto. Queste operazioni consistono in uno sminuzzamento delle pietre, provenienti dalla cava, per essere ridotte alla grossezza di un uovo (5 a 8 cm. di lato), che si eseguisce con facilità soltanto di inverno ed a mano o con mezzi meccanici, adoperando i cilindri laminatoi o i frantoi che si impiegano per la preparazione del pietrisco pei calcestruzzi (fig. 350).

Allorquando la pietra di asfalto è ridotta in pezzi minuti, si procede alla sua polverizzazione per mezzo di macine verticali (fig. 351) o di macine a pera (figura 463) ovvero per mezzo del calore. Le macine a pera, come facilmente si arguisce dalla figura, rassomigliano molto al macinino da caffè. La polverizzazione per mezzo del calore consiste nel riporre le pietre frantumate dentro recipienti di lamiera di forma parallelepipedica (m.  $1 \times 0,6 \times 0,2$ ), che si introducono in una stufa di ghisa, destinata a riscaldarli

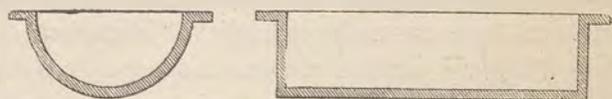


Fig. 464.

uniformemente e con moderatezza, o si sottopongono direttamente all'azione dei raggi solari. Il bitume, che occupa le cavità della roccia, per effetto del calore si rammollisce e le particelle di roccia si separano polverizzandosi o quasi. Comunque ottenuta, la polvere si passa allo staccio fino per separarne le parti tuttavia agglomerate, che si sottopongono a nuova macinazione.

La pietra asfaltica in polvere, così ottenuta, si mescola al bitume libero per lo più della qualità proveniente dall'isola della Trinità, nel rapporto di 1 di bitume per 3 circa di polvere di calcare asfaltico. L'operazione di miscela si eseguisce a caldo, facendo cioè prima fondere il bitume nel quale a poco per volta si versa la polvere di calcare asfaltico, entro caldaie di ghisa di forma semicilindrica (fig. 464) aventi 2 m. di lunghezza per 1 m. di diametro. Queste caldaie sono montate sopra ordinari focolari di muratura (fig. 465) e ad ognuna di esse è sovrapposto un coperchio di lamiera sottile munito di sportelli, per l'introduzione dei materiali, e di una canna di camino per lo smaltimento dei gas (vapore acqueo ed olii essenziali), che si sviluppano durante la cot-

tura. Diretto secondo l'asse della caldaia gira un albergo munito di palette radiali, che si mette in azione per favorire ed accelerare l'incorporamento della pietra calcarea col bitume fuso. Si ha cura durante questa operazione di versare la polvere di asfalto a piccole dosi ed ogni volta quando la precedente si è bene incorporata; si cessa dall'aggiungere nuova quantità di polvere quando la massa si è ridotta in una pasta consistente semifluida; solo allora si versa con secchie in appositi stampi di ghisa, spalmati di creta disciolta con acqua, perchè non si attacchi, dove si lascia raffreddare. I pani di mastice di asfalto, che se ne ottengono, hanno la forma cilindrica e si fanno del peso di 25 Kg. ciascuno; sopra una delle faccie portano la marca di fabbrica che ricevono dagli stampi.

### § 5.

#### IL MASTICE DI ASFALTO ARTIFICIALE.

Talvolta, invece del bitume naturale libero, si impiega per la preparazione del mastice di asfalto, il catrame artificiale proveniente dalla fabbricazione del gas illuminante. I prodotti però che se ne ottengono non hanno alcuna analogia con quelli ottenuti col bitume naturale, la loro durata, allorchè vengono messi in opera, esposti alle intemperie, essendo di gran lunga minore. Ed inferiore ancora per qualità sono quelli preparati col catrame mescolato con crete calcari o con la semplice polvere delle strade. Questi prodotti nulla hanno a che dividere, eccezion fatta del colore, con quelli genuini. In pratica si riconoscono per il loro cattivo odore e perchè, fusi e colati sopra un mattone, vi lasciano una impronta nera a differenza dei genuini che non lasciano alcuna macchia e risultano di odore piuttosto gradevole.

### § 6.

#### LE APPLICAZIONI DELL'ASFALTO.

Nelle costruzioni, secondo la natura dei lavori, si fa uso di asfalto puro, cioè della pietra asfaltica naturale, o del mastice di asfalto che altro non è che pietra asfaltica naturale arricchita di bitume. Convieni il primo per la formazione di lastricati per

cortili, per strade, marciapiedi, ecc., nei quali l'asfalto si impiega comprimendolo fortemente per aumentarne la resistenza all'attrito. Serve il mastice di asfalto per i lavori edilizi ordinari, e cioè per fare pavimenti, per costruire cappe di volte, per coprire tetti, terrazze e muri che si vogliono riparare dall'umidità, per intonacare serbatoi, cisterne, ecc.

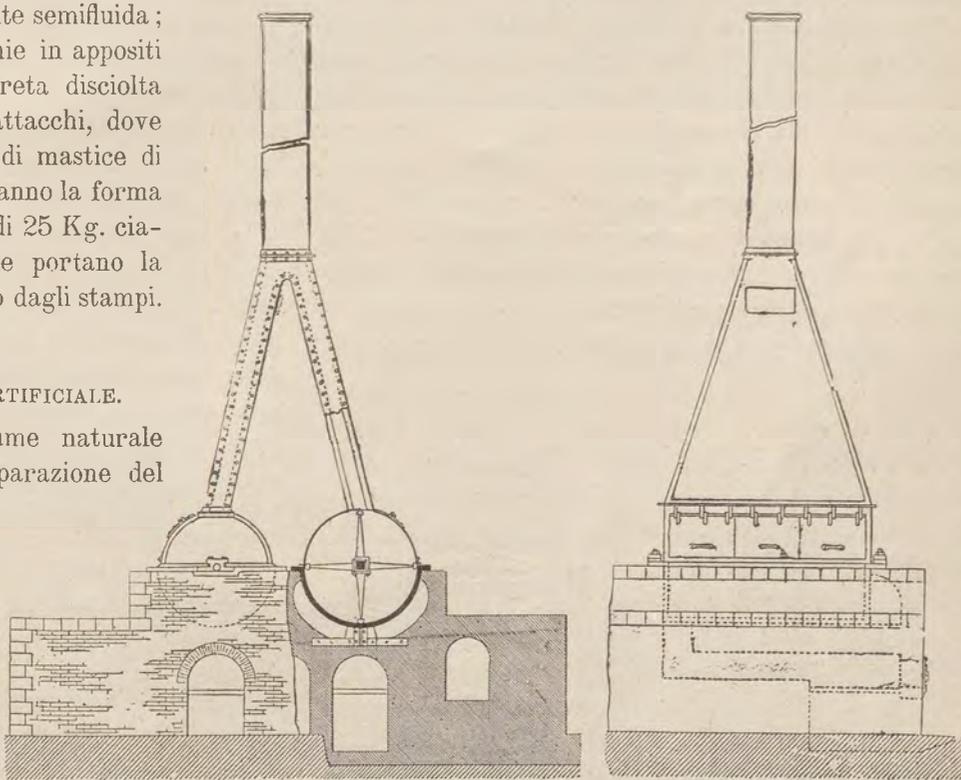


Fig. 465.

L'asfalto, che si impiega compresso, si prepara direttamente dalla pietra calcarea asfaltica, piuttosto ricca di bitume, senza l'aggiunta di altre sostanze; questa pietra ridotta prima in pezzi e poscia macinata si cuoce per disgregarla e ridurla in polvere sottile alla temperatura di circa 120°. In questo stato, compressa dentro uno stampo o sopra un suolo sufficientemente resistente, ha la proprietà di cementarsi e di riacquistare tutta la durezza che possedeva prima di essere frantumata. L'asfalto collocato in strati di 4 a 5 cm. di spessore è sufficiente per formare un lastricato resistente alla più attiva circolazione, allorquando viene compresso a caldo con le mazzaranghe o con un rullo del peso di 2 a 3 tonnellate.

La cottura dell'asfalto macinato si fa ordinariamente sopra luogo in comuni caldaie cilindriche di

ghisa ovvero, in officina, mediante caldaie cilindriche più grandi e girevoli ad asse orizzontale sopra un ordinario focolare; in questo caso dalla officina si trasporta sollecitamente sul luogo nel quale si mette in opera, mediante carri tirati da cavalli perchè non si raffreddi sensibilmente. Nella fig. 1 a tavola XXXVII si hanno indicate le operazioni che riguardano la posa in opera di questo materiale per la formazione di un lastricato stradale. La polvere di asfalto calda, tolta dal carro o dalla caldaia, viene deposta in una carriuola e con questa è trasportata e versata sulla carreggiata da costruire, la quale deve essere convenientemente preparata con uno strato di calcestruzzo, che si ha cura di far bene asciugare, prima di sovrapporvi lo strato di asfalto. Questo tosto si conguaglia con un rastrello, assegnandogli uno spessore maggiore della metà di quel che esso deve avere e si comincia tosto l'operazione di

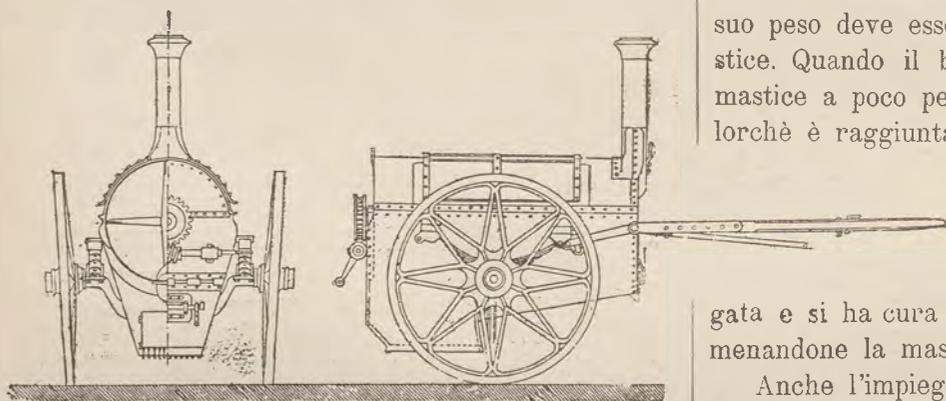


Fig. 466.

pilonatura con mazzarange a pianta rettangolare per batterne i bordi limitati dai due regoli di legno, ed a pianta circolare per tutta l'estensione rimanente. Si termina la pilonatura quando più non si comprime l'asfalto; allora vi si fa passare sopra un cilindro di ferro riscaldato da un fornello, situato nel suo interno, che ne rende lucida la superficie ovvero levigandone la superficie con una mazzaranga detta *lisciatoio*, preventivamente fatta riscaldare.

L'asfalto compresso si impiega anche preparato in forma di mattonelle dentro appositi stampi. Si mettono in opera le mattonelle riscaldandole convenientemente in maniera che possano aderire al suolo sul quale si collocano, e per saldare le commessure vi si versa del bitume fuso col quale si conguagliano, impiegando la cazzuola.

Il mastice di asfalto in pani, quale si trova nel commercio, pria di essere adoperato subisce una nuova operazione di cottura per ridurlo allo stato pastoso. Questa operazione si eseguisce sul luogo mediante caldaie di ghisa analoghe a quelle che si impiegano per la fusione dell'asfalto e che si vedono disegnate nella fig. 2, tav. XXXVII, ovvero si eseguisce nell'officina ed in questo caso il mastice caldo viene trasportato da caldaie locomobili di lamiera di ferro fino al piede dell'opera, trainate da un cavallo. Queste caldaie sono provviste di un focolare (fig. 466) per mantenere costante la temperatura del materiale bituminoso, e di un meccanismo a palette ed ingranaggio per agitarle.

Questa rifusione del mastice si fa coll'aggiunta di nuovo bitume e quindi di sabbia per rendere la sostanza nuovamente pastosa. Il bitume, avendo lo scopo di agevolare la fusione del mastice, si fa fondere nella caldaia prima che questo sia versato; il suo peso deve essere circa  $\frac{1}{10}$  a  $\frac{1}{5}$  di quello del mastice. Quando il bitume si è liquefatto, si versa il mastice a poco per volta ed in piccoli pezzi, ed allorchè è raggiunta la totale liquefazione si aggiunge tanta sabbia da rendere l'impasto nuovamente consistente. A questo scopo la sabbia deve essere fina, lavata e bene asciugata e si ha cura di aggiungerla poco per volta, rimenantone la massa per renderla omogenea.

Anche l'impiego del mastice d'asfalto così rifuso esige che il suolo destinato a riceverlo sia perfettamente asciutto, il vapore acqueo, prodotto dall'umidità sottostante, tendendo a sollevare lo strato di asfalto, finisce per guastarlo a breve intervallo. Trasportato per mezzo di secchie da un operaio dalla caldaia fissa o locomobile al piede dell'opera (fig. 2, tav. XXXVII), un altro operaio lo conguaglia con la cazzuola, assegnandogli uno spessore di 2 a 3 cm. Quindi spargendone la superficie con sabbia fina, lo si comprime con una mazzaranga a corto manico; si ottiene così una superficie rugosa la quale impedisce che il mastice facilmente si rammolisca sotto i raggi solari. Un mq. di superficie di mastice di asfalto dello spessore di 3 cm. contiene mastice di asfalto Kg. 23, bitume Kg. 1,5 e sabbia Kg. 15, dei quali 6 Kg. vengono sparsi sulla superficie, mentre il resto della sabbia si incorpora nella massa.

## CAPITOLO VII.

### I METALLI

#### § 1.

##### LE GENERALITÀ.

I metalli più in uso nelle costruzioni sono il ferro, il rame, il piombo, lo stagno e lo zinco. Questi si riscontrano in natura allo stato libero, ma in massima parte si ricavano dai minerali che li contengono sotto forma di chimiche combinazioni.

Nei minerali i metalli sono per lo più associati all'ossigeno ed allo zolfo, più di rado all'antimonio ed all'arsenico. Ad eccezione del rame, generalmente allo stato nativo non si riscontrano che i metalli preziosi, come l'oro, l'argento, il platino, il mercurio, il bismuto, ecc.

I minerali metallici, allorchè vengono scavati, sono assoggettati ad uno scarto preliminare; il minerale, cioè, viene diviso in tre partite distinte, nella prima delle quali si comprendono tutti i pezzi di minerale in cui si riscontra una maggior copia di metallo o di composto metallico e che meglio si prestano per essere direttamente trattati nelle officine metallurgiche; nella seconda i pezzi meno ricchi di materia utile e nella terza i pezzi di scarto (*ganga*), pei quali col valore del metallo o composto ricavabile non si arriva a coprire le spese necessarie per l'estrazione del medesimo. Tale separazione dei minerali in ordine alla loro ricchezza costituisce nell'arte siderurgica la *preparazione* del minerale, la quale può essere fatta a mano per opera degli stessi minatori ovvero per mezzo di macchine, allora quando si voglia ottenere una divisione più perfetta e su vasta scala.

Prima di iniziare il procedimento di estrazione dei metalli, i minerali così preparati si assoggettano ad una *torrefazione*, la quale, a seconda dei casi, si pratica con o senza il contatto dell'aria, ed ha lo scopo di disgregare il minerale per effetto dell'azione espansiva del calore, di evaporarne le sostanze volatili, come l'acqua, l'anidride carbonica e le sostanze bituminose ed a contatto dell'aria di decomporre una parte o di ossidarne un'altra, come utilmente si pratica pei minerali di ferro.

L'operazione alla quale si assoggetta il minerale, dopo che ha subito il procedimento di torrefazione, per l'estrazione del metallo si chiama *riduzione*; questa nella maggior parte dei casi consiste nella fusione dei minerali e dà per prodotto il metallo isolato ovvero una sua chimica combinazione, dalla quale si può estrarre il metallo puro.

Favorisce la riduzione dei minerali metallici l'aggiunta di alcune sostanze, le quali prendono il nome di *fondenti*, come il carbone, il sale di cucina, la calce caustica o carbonato, il gesso, l'argilla, ecc., quando provocano la riunione, in una sola massa grande, delle particelle di metallo combinato; si chiamano *flussi*, come il borace, il sale marino, lo spato flore, il cremore di tartaro, il nitrato potassico, ecc., quando servono a favorire la riunione delle particelle metalliche. Di modo che la *carica* di un forno fusorio è quella quantità di miscuglio composto di minerale e di fondente, nelle dovute proporzioni, che in unica volta si depone nel forno di fusione. I residui delle operazioni metallurgiche, composti per lo più delle materie inutili miste o combinate con i fon-

denti ed altre sostanze estranee, che quasi sempre accompagnano il minerale metallico, prendono il nome di *scorie*, di apparenza vetrosa, simile agli smalti, facilmente fusibili, le quali non di rado possono utilizzarsi come fondenti.

## § 2.

### LA GHISA O FERRO GREGGIO.

La ghisa è il prodotto che si ottiene direttamente dalla riduzione dei minerali ferrosi; essa è costituita di ferro carburato nel quale la proporzione del carbonio è maggiore dell'1,5%; decarburata coi processi di affinazione ci dà il ferro dolce o malleabile. La ghisa contiene inoltre il silicio ed accidentalmente piccole quantità di solfo, arsenico, alluminio, calcio, magnesio, fosforo e manganese, sostanze che possono essere fornite alla ghisa dalla ganga terrosa (silicea o calcare) o dalle sostanze che si impiegano come riducenti.

La ghisa si distingue dal ferro dolce per alcune sue proprietà caratteristiche e cioè per la maggiore fragilità, la minore malleabilità, per cui non si può saldare nè lavorare col martello, la minore resistenza alla tensione e maggiore alla compressione e per la sua fusibilità, per cui utilmente si impiega per la fabbricazione degli oggetti di *ferro fuso o di getto*.

I minerali ferrosi, prima di essere sottoposti alla riduzione per fusione negli alti forni per l'estrazione della ghisa, vengono torrefatti allo scopo di eliminare l'acqua e l'anidride carbonica, di sovraossidare l'ossido di ferro e di renderli meno coerenti. I minerali torrefatti sono in seguito ridotti in frammenti per mezzo di frantoi e mescolati con carbone; se sono ossigenati, vengono riscaldati fino alla fusione negli alti forni, nei quali il carbone agisce come combustibile e come riducente dei minerali medesimi. Il carbonio unendosi al metallo fluido che si libera dalla ganga, si ottiene allo stato libero la ghisa o ferro greggio.

Secondo la quantità di carbonio e di silicio contenuta nella ghisa ed il loro diverso modo di associazione col metallo, col quale si possono trovare combinati o semplicemente mescolati allo stato di grafite o di silicio grafitoide, la ghisa può riuscire *nera, bianca o bigia*.

La *ghisa nera* contiene oltre il 2,75% di carbonio in piccola parte combinato, ha una frattura a

grana finissima e di colore scuro, è poco dura e resistente, epperò mal si presta per le costruzioni.

La *ghisa bigia* è più dolce e granulosa, è di colore plumbeo variabile dal bigio chiaro al bigio scuro, ed è tanto più dura e resistente, quanto più il suo colore è chiaro. Il suo peso specifico varia fra 7 e 7,20 e nel complesso contiene una minor quantità di carbonio della ghisa nera, ma in massima parte combinato (0,5 a 2) col metallo per cui riuscendo più fusibile e molto fluida, allorchè è fusa, si impiega preferibilmente nei lavori di getto, e per essere più molle si lascia limare, trapanare e lavorare al tornio.

La *ghisa bianca* è caratteristica per il suo colore argenteo; è più dura, ma più fragile ed il suo peso specifico è compreso tra 7,58 e 6,68. La ghisa bianca è quella che possiede una maggior quantità di carbonio combinato e minore o nulla è la quantità di carbonio mescolato. Riesce perciò ancor più fusibile della bigia, ma è meno fluida, per cui non tanto si presta per i lavori di getto. Essa invece è la qualità di ghisa più indicata per essere trasformata coi processi di affinazione in ferro dolce ed in acciaio, per cui viene anche chiamata *ghisa di affinazione*.

La ghisa bigia si converte facilmente in ghisa bianca, allora quando fusa si lascia raffreddare repentinamente; ciò spiega come i lavori di getto, specialmente quelli di grande spessore, presentano la crosta esterna più dura della parte interna. La ghisa bianca invece si converte in ghisa bigia; se fusa si lascia raffreddare lentamente. Anche la ghisa nera fusa ripetutamente si modifica, diventando più resistente.

Le varietà della ghisa si ottengono a seconda della temperatura che si raggiunge nell'alto forno e quindi a seconda della quantità di combustibile che si mescola al minerale. Con un eccesso di combustibile si ha una temperatura molto elevata, superiore a quella necessaria per la carburazione del metallo e quindi si ottiene la ghisa bigia o la nera; proporzionando invece il combustibile in maniera da fornire una più regolare temperatura ed una conveniente quantità di carbonio, si ottiene una ghisa nella massima parte bianca.

La fig. 467 ci rappresenta la sezione di un alto forno usato per la riduzione del minerale ferroso. La sua cavità ha la forma di un tronco di cono diritto raccordato inferiormente con un tronco di cono rovescio alla cui base inferiore è unita una cavità pressochè cilindrica *c*, che costituisce il crogiuolo,

nel quale propriamente avviene la fusione e sul cui fondo si raccoglie la ghisa fusa. Nel corpo del crogiuolo si hanno due aperture, diametralmente opposte; attraverso una di queste, per mezzo di condotti conici *b* (*ugelli*), si fa pervenire un getto d'aria nell'alto forno. L'operazione di riduzione si inizia riempiendo di combustibile il crogiuolo e la parte inferiore della cavità del forno, che si fa accendere iniettandovi l'aria; dopo di che si carica il minerale misto ai fondenti a strati alternativi col combustibile per la bocca superiore della cavità. Questa è costruita di muratura refrattaria *e*, che si appoggia ad una muratura massiccia *m*, coll'intermezzo di uno strato *d*

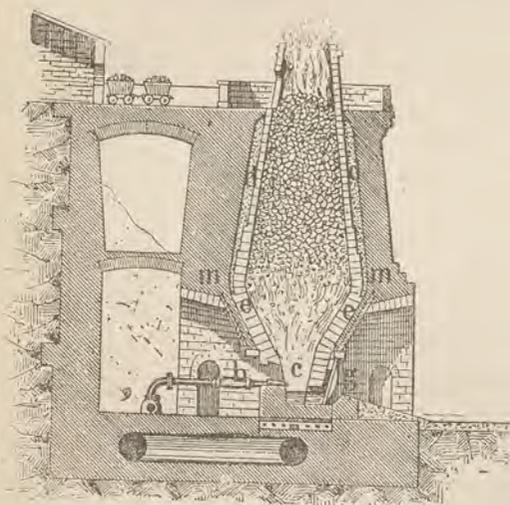


Fig. 467.

di sostanze cattive conduttrici del calore (cenere), le quali permettono altresì che la muratura della camicia *e* possa liberamente dilatarsi per effetto dell'elevata temperatura. L'estrazione delle scorie fuse galleggianti sulla ghisa fusa si pratica per la bocca *g* di cui è munita la parete anteriore del crogiuolo, chiudibile con una pietra (*timpano*), sostenuta da un pezzo di ferro. La soglia di questa apertura porta una fessura (*foro d'efflusso*), che si tappa con argilla durante la fusione, attraverso la quale, togliendo l'argilla, si estrae la ghisa fusa.

I tubi conici che iniettano l'aria nel forno provengono da un compressore, che spinge l'aria con forza nel focolare dell'alto forno, ovvero la immette in un grande recipiente metallico agente come il gasometro nelle fabbriche di gas-luce. Sembra che un getto di aria calda favorisca l'operazione di riduzione dei minerali ferrosi, realizzando anche una sensibile economia sul consumo del combustibile, se per riscal-

darla si utilizza il calore dei gas uscenti dalla bocca superiore del forno. A tale scopo questi gas si immettono in una apposita cavità incamiciata con mattoni refrattari, nella quale, dopo averli scacciati, si immette l'aria che viene riscaldata dai mattoni incandescenti alla temperatura conveniente (200° a 400°) per introdurla nell'alto forno. La quantità di aria necessaria per un alto forno a carbone varia da 50 a 100 mc. per minuto.

Tanto la temperatura che le reazioni chimiche non sono le stesse in tutta la regione della cavità del forno, la quale può considerarsi divisa in 5 zone (figura 468). Nella zona superiore *ab* più vicina alla bocca del forno il minerale solamente si riscalda e si dissecca, epperò è chiamata *zona di essiccazione*. Nella zona *bc* immediatamente inferiore, detta *zona di riduzione* che è la più ampia, il sesquiossido di ferro si trasforma in ossido di ferro e quindi in ferro dolce per combinarsi col carbonio nella seguente *zona di carburazione cd*. La carburazione si completa nella prima zona *de* del crogiuolo, detta *zona di fusione*, dove il ferro saturasi di carbonio, trasformandosi in ghisa. Si ha in ultimo una zona, detta *zona di ossidazione*, laddove, a causa del getto d'aria si ha produzione di anidride carbonica, per combinazione dell'ossigeno dell'aria col carbonio, che attraversa gli strati superiori di combustibile. Nella medesima figura sono indicati al margine le temperature che si raggiungono al limite delle varie zone.

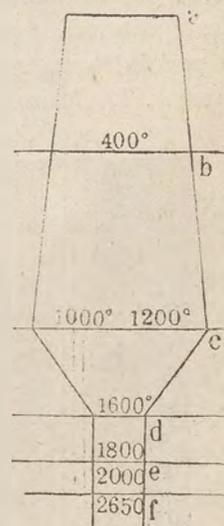


Fig. 468.

## § 3.

## I LAVORI DI GETTO.

Per la fabbricazione degli oggetti di ferro fuso si impiega la ghisa bigia, perchè è quella che, essendo dotata di maggior fluidità, allorchè è fusa, riempie esattamente tutte le cavità degli stampi nei quali si getta. La ghisa fusa si fa provenire direttamente dall'alto forno ovvero, per operazioni più limitate, rifondendo i *linguotti* di ghisa (*pani*) in un

*crogiuolo* o in un *forno cubilotto* o in un semplice forno a riverbero.

I *crogiuoli* per la fusione della ghisa sono fatti con grafite o con argilla refrattaria, non hanno generalmente un grande volume, potendo al più contenere 5 Kg. di ghisa.

Più comune è l'uso del *cubilotto*, rappresentato nella fig. 469, il quale consiste in un forno avente la cavità cilindrica, alta 2 a 3 m., provvista inferiormente di un orificio *o*, per l'efflusso della ghisa fusa, che si può tappare con argilla, e di una bocca più grande *c*, chiudibile con una pietra o con un muretto d'argilla, per l'estrazione delle materie inerti. Nella cavità si introducono la ghisa ed il combustibile a strati alternati e per mezzo di macchine soffianti si fa pervenire un getto d'aria calda, attraverso le feritoie *e*. La feritoia più alta serve per dar passag-

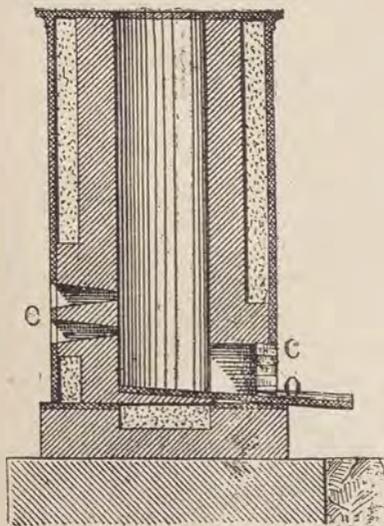


Fig. 469.

gio alla canna d'aria, quando la ghisa fusa ha raggiunto il livello della feritoia più bassa, che allora si tappa con argilla. La ghisa fusa si fa pervenire negli stampi per il canaletto di cui è provvisto il foro d'efflusso, ovvero per mezzo di cucchiai o di recipienti rivestiti d'argilla, che permettono di

potere distribuire la ghisa fusa nei diversi stampi. La ghisa può fondersi nei forni a riverbero ordinari, che servono anche per la sua affinazione, cioè per la sua trasformazione in ferro dolce, come sarà detto nel seguente paragrafo.

Gli stampi entro cui si versa la ghisa fusa possono essere di sabbia mista con argilla umettata (*sabbia grassa*); in tal caso si fanno asciugare prima di gettarvi la ghisa fusa. Possono anche farsi di sabbia mista con argilla e polvere di carbone; in questo caso non occorrerà farli disseccare, perchè la polvere di carbone, bruciando, rende porosa la sabbia e favorisce l'evaporazione dell'acqua. Gli stampi possono essere di sola argilla mista con sterco di cavallo,

che si comporta come la polvere di carbone, ovvero di metallo e ciò quando si vogliono oggetti molto duri, utilizzando in tal caso la proprietà che ha la ghisa di indurire e di convertirsi in ghisa bianca, se viene raffreddata rapidamente. Così si pratica ad esempio, per la fusione dei cerchioni delle ruote per carri ferroviari.

Per gli oggetti che hanno una superficie piana basterà deporre la sabbia o l'argilla sul terreno, e praticarvi l'impronta del modello per gettarvi la ghisa fusa, la quale si disporrà con la faccia superiore orizzontale; per oggetti di forma complicata gli stampi si fanno contenere dentro due staffe o telai di legno (fig. 470), che si fanno combaciare, dopo avervi praticato l'impronta dell'oggetto da riprodurre. Per oggetti artistici si fa uso di un modello di cera, che sepolto fra la sabbia umida, e quindi fatta asciugare, si fa fondere, riscaldando lo

stampo; la ghisa allora occupa tutto il vano lasciato dalla cera, che si è fatta colare.

Allorquando gli oggetti di ghisa fusa vanno soggetti a un lavoro meccanico, giova temprarli allo scopo di togliere loro quella durezza che hanno acquistato per il fatto del loro rapido raffreddamento. Giova a questo scopo riscaldare gli oggetti di ghisa fino al colore rosso e farli raffreddare lentamente, chiudendoli con un involucro che può essere di argilla e che si pratica prima di sottoporre gli oggetti al riscaldamento. Impiegando un involucro composto di carbone, ossido di ferro e di zinco, cenere di ossa e ossido di manganese, la ghisa riesce anche decarburata ed allora riesce malleabile al punto da potersi facilmente sostituire al ferro dolce ed all'acciaio nella fabbricazione di molti oggetti di uso casalingo, come forbici, coltelli, ecc.

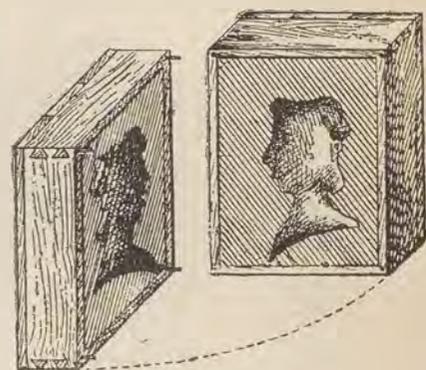


Fig. 470.

stampo; la ghisa allora occupa tutto il vano lasciato dalla cera, che si è fatta colare.

Allorquando gli oggetti di ghisa fusa vanno soggetti a un lavoro meccanico, giova temprarli allo scopo di togliere loro quella durezza che hanno acquistato per il fatto del loro rapido raffreddamento. Giova a questo scopo riscaldare gli oggetti di ghisa fino al colore rosso e farli raffreddare lentamente, chiudendoli con un involucro che può essere di argilla e che si pratica prima di sottoporre gli oggetti al riscaldamento. Impiegando un involucro composto di carbone, ossido di ferro e di zinco, cenere di ossa e ossido di manganese, la ghisa riesce anche decarburata ed allora riesce malleabile al punto da potersi facilmente sostituire al ferro dolce ed all'acciaio nella fabbricazione di molti oggetti di uso casalingo, come forbici, coltelli, ecc.

#### § 4.

#### IL FERRO.

La ghisa decarburata con uno dei procedimenti di affinazione si converte in *ferro dolce* o *mallea-*

*bile*. In questi procedimenti si elimina il carbonio contenuto nella ghisa per mezzo dell'ossidazione provocata da un getto di aria. La ghisa che più si presta per tale operazione è quella bianca, perchè più povera di carbonio e perchè la maggior parte del carbonio, che in essa è contenuta allo stato di combinazione, abbrucia più facilmente che non quella mescolata sotto forma di grafite; la ghisa bianca poi si rammollisce prima di fondersi e si mantiene fusa per molto tempo, ciò permette di poterla più facilmente esporre ad una ossidazione più lunga e proficua.

Il ferro dolce è di colorito chiaro, di struttura fibrosa, che si cambia facilmente in granulare, allorchando viene percosso o assoggettato a frequenti urti, come avviene per gli assi delle ruote; lo stesso effetto si ottiene quando, rovente, viene tuffato nell'acqua. Laonde si distinguono diverse qualità di ferro e cioè: il *ferro dolce*, propriamente detto, quando è puro, malleabile, a fibre longitudinali, che si lascia facilmente piegare sia a freddo che a caldo, talchè riesce il più vantaggioso per la fabbricazione delle lamiere e dei fili di ferro; il *ferro duro* di struttura granulare e molto resistente, malleabile soltanto a caldo e piuttosto fragile se battuto a freddo, sicchè torna utile per la costruzione di meccanismi ed in generale per oggetti sottoposti a grandi sforzi, essendo anche suscettibile di un bel pulimento. Generalmente la presenza del fosforo e dello zolfo rende il ferro di cattiva qualità, bastando 0,006 di fosforo, perchè il ferro riesca *fragile a freddo* e 0,0004 di zolfo, perchè riesca *fragile a caldo*, benchè il primo si comporti bene a caldo ed il secondo a freddo. Quando il ferro è fragile tanto a freddo quanto a caldo si chiama *agro*, per dire che mal si presta per essere lavorato ed impiegato nelle costruzioni.

Il peso specifico del ferro puro è 7,814, generalmente però esso varia fra 7,6 e 7,9 e la quantità di carbonio che vi si contiene (0,15-0,84%) è quasi totalmente combinata.

### § 5.

#### I PROCESSI DI AFFINAZIONE E DI PUDELLATURA DELLA GHISA.

L'affinazione della ghisa può eseguirsi col *metodo* così detto del *fucinale* o mediante *forni a riverbero*. Anche coi *forni di Bessemer*, che si impiegano

per la fabbricazione dell'acciaio, può convertirsi la ghisa in ferro dolce.

Nella fig. 471 si rappresenta lo spaccato e la pianta di uno dei forni più comunemente impiegati pel convertimento della ghisa col primo dei metodi sovraccennati. Consta questo forno del crogiuolo *A* di ghisa rivestito d'argilla, a base quadrata, nel quale convergono due ugelli *u* di una coppia di soffiatoi a mantice, di una piastra *b* inclinata leggermente all'infuori e della cappa *c*, che serve ad avviare i prodotti della combustione verso il camino di richiamo. Sulla piastra *b* si depositano il combustibile (carbone

di legna) e la ghisa ridotta in piccoli pezzi o in lastre sottili. Caricato il crogiuolo di carbone incandescente si mette in attività la macchina soffiante e sul medesimo si fa pervenire a poco a poco la ghisa, la quale fonde e si deposita sul fondo del crogiuolo, dopo di avere attraversato tutta la massa del combustibile e di essersi in buona parte decarburata per l'azione del getto d'aria. La decarburazione si completa per effetto di una scoria, galleggian-

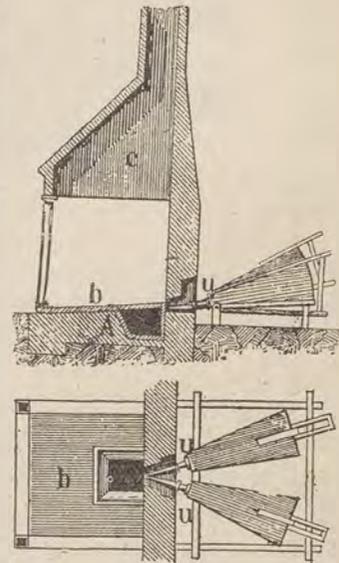


Fig. 471.

te sul ferro fuso, che nel contempo si forma per la combinazione del silicio contenuto nella ghisa con l'ossido ferrico (silicato di protossido di ferro), che cede altro ossigeno alla ghisa fusa; a tal'uopo l'operaio affina il ferro rimescolando fino a decarburazione compiuta ed allora toglie la scoria ed estrae la massa di ferro, la sottopone, ancora incandescente, all'azione percussiva della mazza o del maglio per comprimerne il *massello* di ferro dolce e scacciare dai suoi pori tutti i residui di scoria, i quali si distaccano sotto forma di scintille incandescenti. Scaricato il forno lo si prepara per una successiva operazione raffreddandolo con getto di acqua, reimpiegando le scorie ricavate dalla prima operazione per la decarburazione ed aggiungendo nuovo combustibile e nuova ghisa. Con questo metodo 100 p. di ghisa bianca rendono circa 75 p. di ferro dolce.

Un altro metodo di affinazione nel fucinale è quello

*svedese*, poco diverso dal precedente, poichè non si fa uso di scorie e soltanto si usufruisce della sola azione ossidante dell'aria per la decarburazione. Questo metodo riesce poco economico, perchè richiede molto combustibile e si possono decarburare soltanto

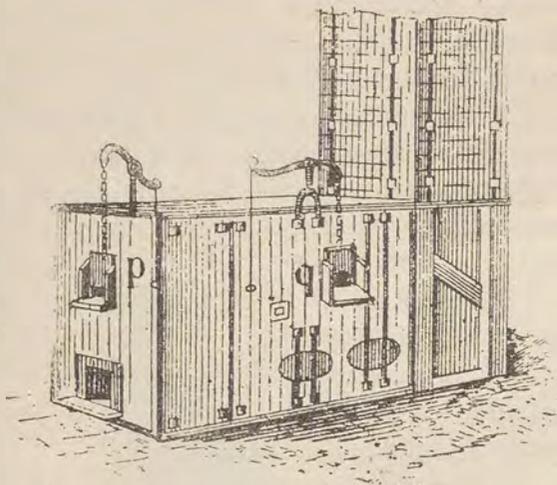


Fig. 472.

piccole quantità di ghisa: di contro però il metallo ottenuto, senza l'impiego delle scorie, riesce più compatto.

Forni più perfezionati si costruiscono oggidì, specialmente negli apparecchi di soffiaria, in alcuni dei quali si utilizza in tutto o in parte il calore dei prodotti della combustione, sia per riscaldare i pezzi di ghisa da affinarsi e l'aria da iniettarsi con la soffiaria, come per la produzione del vapore necessario per muovere i meccanismi degli acciaccatoi e del maglio.

Nei siti dove si ha a caro prezzo il carbone di legna torna vantaggioso l'impiego del carbone fossile coi *forni a riverbero* o di *pudellatura*. La pudellatura può essere fatta a mano o meccanicamente e si fonda sul principio di far passare una corrente di aria a contatto della ghisa fusa sulla platea del forno; si forma allora una grande quantità di ossido ferroso-ferrico, il di cui ossigeno elimina il carbonio della ghisa, sotto forma di ossido di carbonio, che brucia con fiamma azzurra. Il ferro, mano mano che riesce decarburato, si solidifica in grumi, che si finiscono per addensare con la battitura.

La fig. 472 rappresenta la vista di un forno a riverbero semplice, mentre la fig. 473 ne rappresenta la sezione verticale condotta pel suo asse. Questo forno consta di tre parti, e cioè: del focolare *F* provvisto di graticola, della lastra di ghisa *L*, che co-

stituisce la platea del forno, e del camino *C*, che smaltisce i prodotti della combustione, i quali vengono indirizzati al camino dalla volta cilindroidica *v*, impostata sui muri laterali del forno. La carica del combustibile nella graticola si pratica attraverso la bocca *p* (*porta di caricamento*) e per la bocca *q* (*porta di lavoro*) si fa pervenire la ghisa nella platea, si introduce il riavolo per dimenare la ghisa fusa e si estraggono i masselli di ferro che se ne ottengono; entrambe queste bocche possono facilmente chiudersi con porte, e tutta la muratura del forno è rinforzata da armature e da tiranti di ferro.

Sulla platea di questi forni si dispone dapprima uno strato di scorie di affinazione miste a battiture di ferro e si riscalda il miscuglio, finchè non si rammolisce; da allora si comincia a smuovere la massa fusa, fino a che la sua superficie è ricoperta di fiamma

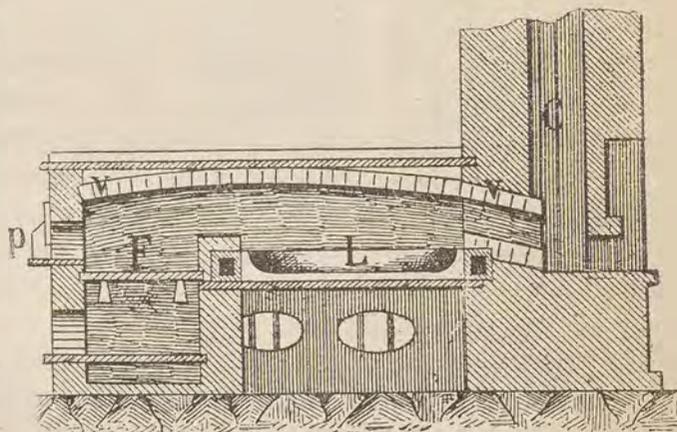


Fig. 473.

azzurra dovuta alla combinazione del carbonio con l'ossigeno dell'aria che alimenta il combustibile, di cui le fiamme ardenti, ripiegando sulla ghisa, la riscaldano fortemente e la decarburano. In questi forni la pudellatura si fa a mano dall'operaio per mezzo del riavolo, che egli introduce e fa agire attraverso la porta di lavoro; la produzione per ciò riesce limitata, di modo che per grandi produzioni si ricorre alla pudellatura meccanica, che si pratica oggidì con diversi sistemi di forni, dei quali il più semplice è quello Espinasse riportato in sezione dalla fig. 474. In questo forno il crogiuolo è di forma circolare ed il metallo fuso è smosso da un asse provvisto di palette, che riceve il movimento dall'esterno coll'intermezzo di ingranaggi da un motore a vapore; del resto questo forno non è diverso dai comuni forni a riverbero.

Tipi di forni per pudellatura meccanica molto usati nelle ferriere sono quelli di Danks, di Mennessier e di Pernot e gli altri di Crampton, Henderson, Lemut, Bounniard, Côte, Daelen, Spencer, ecc. Di questi ci limiteremo a descrivere sommariamente quello dell'americano Danks, che è il più diffuso e rappre-

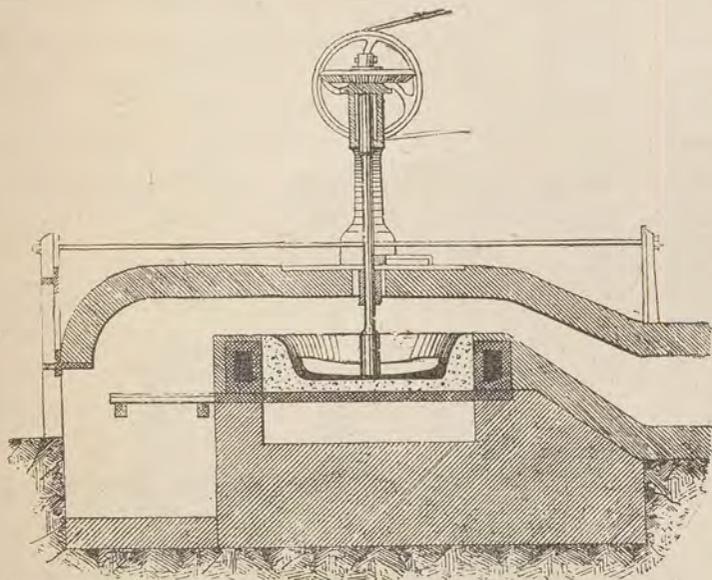


Fig. 474.

senta, diremo quasi, il tipo più perfetto, la tavola bibliografica potendo supplire alle lacune, indicando le fonti nelle quali si possono riscontrare descrizioni particolareggiate di questo e di altri forni.

Anche il forno di Danks, che è rappresentato in pianta ed in sezione verticale nella tav. XXXVIII, figura 1 e 2, consta di tre parti e cioè, del focolare *F* in muratura refrattaria simile a quelle degli altri forni; del crogiuolo *C* di ghisa, cilindrico e girevole intorno al proprio asse, per mezzo della ruota dentata *R*, che porta sul suo dorso, con la quale ingrana un rocchetto *r* messo in movimento da una macchina a vapore, del camino *K* di richiamo dei prodotti della combustione. Il crogiuolo girevole si mantiene sempre a contatto col focolare, col quale comunica per l'apertura *P*, mentre comunica col camino per l'apertura *P'* e per mezzo della camera *D*,

la quale si può avvicinare ed allontanare dal crogiuolo, di maniera che per la porta *P'* si possa introdurre nel crogiuolo la ghisa e se ne possa estrarre il massello di ferro; il crogiuolo internamente porta diversi pezzi *p* di ghisa saldati alla parete e la camera *D* porta seco la bocca *E*, che serve all'operaio per spiare l'andamento della pudellatura, mentre la bocca *B* del focolare serve per l'introduzione del combustibile, la bocca *B'* per l'introduzione dell'aria necessaria alla combustione e gli ugelli *s* per effettuare un getto d'aria sulle fiamme a combustione avviata. Nel crogiuolo si introducono per la porta *P* prima le scorie di affinazione, sulle quali si depone la ghisa ed allorquando questa, riscaldata, si rammollisce, si imprime al crogiuolo il movimento di rotazione che favorisce l'ossidazione e quindi la decarburazione del metallo, il quale infine si estrae sotto forma di un massello sferico, mentre le scorie si decantano tuttavia liquide; sotto l'azione del maglio si finisce poi per liberare il massello dalle scorie residuali e comprimerlo.

## § 6.

## LA LAVORAZIONE E LA SALDATURA DEL FERRO.

Il ferro purgato dalle scorie e compresso dall'azione del maglio si sottopone all'azione del laminatoio, il quale lo converte in lamine e in sbarre di forma e dimensioni varie.

Il laminatoio si compone essenzialmente di due

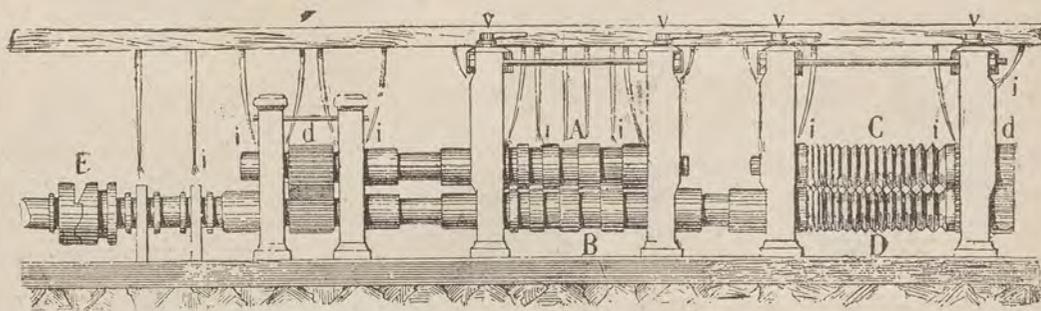


Fig. 475.

cilindri di ghisa a superficie scanalata per produrre ferri tondi, piatti, quadri e di sezioni speciali. Nel laminatoio rappresentato dalla fig. 475, i due cilindri *A* e *B* con scanalature rettangolari servono a preparare i ferri piatti, i cilindri *C* e *D* provvisti di scanalature triangolari corrispondenti servono per produrre verghe di sezione quadrata; essi sono messi in azione da forza motrice che si trasmette

ad uno dei cilindri per mezzo dei dischi *E*, i quali permettono anche di interromperla, e il primo cilindro lo trasmette al secondo per mezzo di ruote dentate *d*. Le parti maggiormente soggette a riscaldamento dovuto ad attrito sono raffreddate con getti *i* continui di acqua. Avvicinando ed allontanando i cilindri fra loro, mediante le viti *v*, si può variare comunque la sezione dei ferri. Per la preparazione delle lamiere i cilindri sono a superficie liscia (fig. 476).

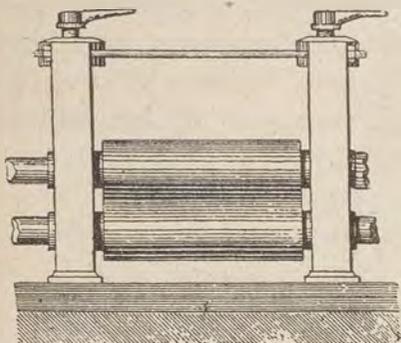


Fig. 476.

Per essere sottoposto all'azione dei laminatoi il ferro si riscalda al colore rosso e generalmente deve essere scevro di parti ossidate; questa condizione si rende indispensabile per la preparazione delle lamiere

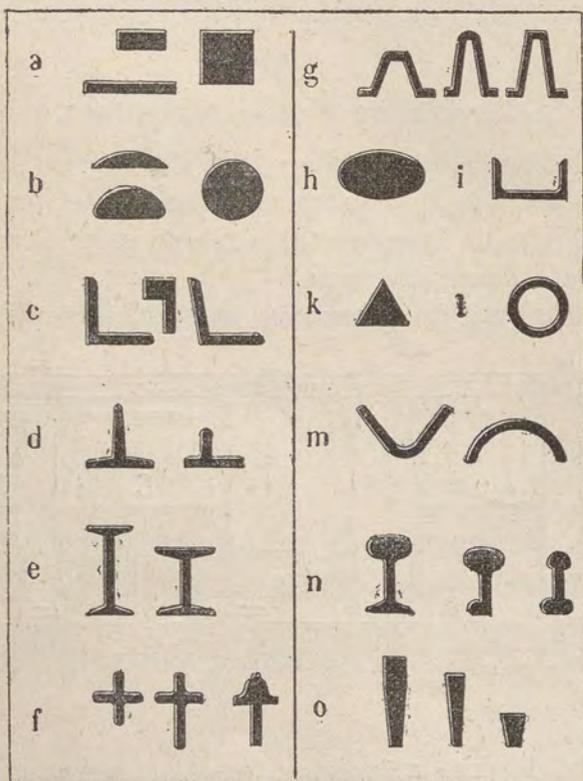


Fig. 477.

per evitare le depressioni che si verificano nel loro spessore, le quali riescono tanto più dannose, quanto più lo spessore è piccolo. Per la preparazione delle lamiere di esile spessore (*latta*) il ferro deve anche essere molto molle ed omogeneo.

Le lamiere costruite col laminatoio non sono indicate per tutte le costruzioni, così ad esempio per le caldaie a vapore si preferiscono le lamiere preparate col martello o col maglio; queste lamiere riescono più compresse e più resistenti.

La fig. 477 riporta i ferri che si preparano al laminatoio e che più trovano applicazione nelle costruzioni civili e meccaniche. Essi sono: *a*, i ferri quadrati e rettangolari; *b*, i ferri tondi e semitondi; *c*, i ferri d'angolo; *d*, i ferri a semplice *T*; *e*, i ferri a doppio *T*; *f*, i ferri crociformi; *g*, i ferri Zorés; *h*, i ferri ovali; *i*, i ferri a *v*; *k*, i ferri triangolari; *l*, i ferri vuoti e i tubi; *m*, i ferri coprigiunti; *n*, le rotaie; *o*, i ferri da graticole.

Anche per la fabbricazione dei fili di ferro, aventi

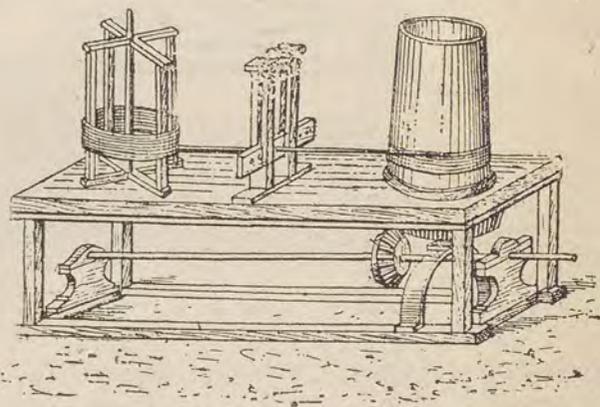


Fig. 478.

il diametro non minore di 7 mm., si adotta lo stesso sistema di preparazione; il laminatoio per questi fili è a superficie scanalata, come per i ferri tondi in genere.

Per la fabbricazione dei fili di ferro di diametro più piccolo si usa la trafilatura, che per lo più è costituita da una lastra di acciaio traforata. Il ferro di minor diametro che si può ottenere col laminatoio si fa passare successivamente nei fori della trafilatura, aventi il diametro di poco decrescente in ognuno di essi.

La fig. 478 dà una idea della maniera con cui il filo è costretto a traversare i fori della trafilatura. Conviene inoltre che i fori non siano perfettamente cilindrici, ma di forma un poco conica per evitare che il filo si rompa nel tirarlo. Così giova, prima di far passare il filo per la trafilatura, immergerlo in un bagno di acido solforico diluito, avente in soluzione anche un poco di solfato di rame. L'acido solforico elimina l'ossido di ferro della superficie che, generando at-

trito, si oppone alla trazione, mentre la pellicola di rame che si deposita sulla superficie la favorisce. Con la trafilatura si possono preparare fili di ferro di diametro variabile da 7 a 0,2 mm.

Oltre i ferri foggianti al laminatoio, nelle costruzioni sono in uso continuo alcuni oggetti di ferro, come sono i *chiodi*, le *caviglie* e le *viti*, che nelle officine si fabbricano di dimensioni così svariate da riuscire sufficienti a tutte le pratiche esigenze del costruttore.

Il ferro che si impiega per la fabbricazione dei chiodi e delle viti deve essere puro, punto fragile, malleabile e privo di qualsiasi difetto.

I *chiodi* si distinguono in varie categorie dal loro modo di fabbricazione, secondo la forma e le dimensioni che essi possiedono e secondo il loro uso. Si hanno perciò chiodi fabbricati a mano, chiodi lavorati a macchina, chiodi ricavati dalle lamiere, chiodi fusi e chiodi di filo metallico; si hanno poi chiodi col fusto cilindrico o chiodi col fusto prismatico. In ogni caso essi terminano con una punta ad una estremità e quasi sempre con una testa o capocchia all'altra.

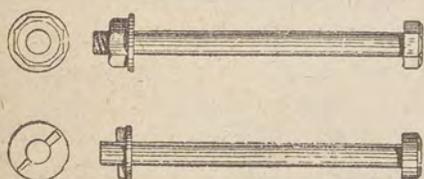


Fig. 479.

Secondo la forma della testa i chiodi si distinguono in chiodi a *testa di mosca*, a *testa piatta*, a *testa ad ala* o a *mezza testa*. I *chiodi di spilla* o *punte di Parigi* sono quelli che si fabbricano col filo di ferro; questi chiodi terminano con una punta ad una estremità e con una testa piatta e tonda all'altra. Quando i chiodi hanno una lunghezza maggiore di 15 cm. si chiamano *caviglie*, le quali sono *semplici*, se hanno il gambo circolare, triangolare o quadrato, provvisto di punta ad una estremità e di testa o non all'altra: *composte*, od altrimenti dette *chiavarde* (fig. 479), se sono provviste di testa a capocchia ad una estremità e di un disco d'appoggio all'altra con una spina che penetra nel gambo (*chiavarda a spina*) ovvero di un disco d'appoggio e di una vite con madrevite (*chiavarda a vite*). Si impiegano le caviglie semplici per il congiungimento provvisorio dei legnami, quelle composte o a vite per il loro stabile collegamento. Talvolta per economia, invece delle chiavarde, si impiegano i *chiodi da ribadire*. Hanno questi chiodi la forma e le dimensioni delle caviglie ordinarie, dalle quali differiscono per essere spro-

viste di spina o di vite e sono fatti di ferro molto dolce di maniera che, introdotti nel legname, si possono ribadire facilmente nell'estremità opposta a quella con la capocchia, interponendo un disco forato di ferro tra il legname e la testa da formare.

Le viti che si impiegano nelle costruzioni in legname prendono il nome di viti da legno. Queste

hanno il gambo cilindrico nella parte superiore liscia (figura 480) e leggermente conica nella parte in cui è praticata la spina che di solito è sottile,

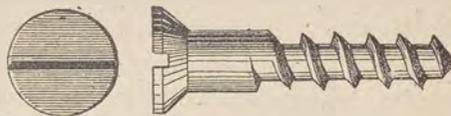


Fig. 480.



Fig. 481.

tagliente e profonda. Terminano le viti superiormente con una testa piatta o tonda provvista di una tacca diametrale, con la quale la vite si fa girare ed approfondire nel legno. La vite, rappresentata dalla fig. 481, detta *vite americana*, differisce dalle precedenti per il passo che è triangolare. Questa vite offre il vantaggio di potersi introdurre nel legno a colpi di martello, con molta economia di tempo ed infatti una volta conficcata basta dare due o tre giri col cacciavite perchè la vite riesca bene fermata.

Il ferro ha anche la proprietà di saldarsi con se stesso. Due pezzi di ferro riscaldati al colore rosso messi a contatto e battuti sull'incudine si saldano, se hanno le superficie denudate dalle scorie e dall'ossido di ferro. A tale scopo i pezzi da saldare si riscaldano in uno strato molto spesso di carbone incandescente, perchè tutto l'ossigeno dell'aria iniettata dal mantice si combini col carbonio del combustibile, pria di giungere a contatto dei ferri scaldati, di cui si cosparge la superficie con sabbia silicea che, fondendo, si combina con l'ossido di ferro della superficie, formando una scoria che facilmente si separa e che in parte schizza sotto forma di scintille allorchè il fabbro saggiamente batte i ferri sull'incudine, prima di saldarli.

## § 7.

### L'ACCIAIO.

L'acciaio come la ghisa è ferro carburato, contenente tracce di silicio, nel quale il carbonio vi è

contenuto in un rapporto che non supera 1,5 % di modo che rispetto al ferro l'acciaio contiene una maggior quantità di carbonio e ne contiene meno della ghisa, dalla quale differisce per la proprietà di potersi saldare direttamente. Per la presenza del carbonio l'acciaio, sebbene a temperatura più alta, è fusibile come la ghisa. Col variare della quantità di carbonio contenuto nell'acciaio varia l'elasticità, la tenacità e la durezza di questo metallo; queste proprietà in uno stesso acciaio crescono in ragione diretta della quantità di carbonio combinato, mentre la malleabilità e la saldabilità decrescono generalmente col medesimo rapporto.

L'acciaio ha struttura granulare bianco-grigia, omogenea e tanto più fina, quanto migliore è la sua qualità. L'acciaio essendo più elastico e più duro del ferro, serve ad intaccare quest'ultimo. Il suo peso specifico che varia tra 7,62, e 7,91, diminuisce con la tempera. La quantità di carbonio in esso contenuta allo stato di combinazione, varia tra 0,15 e 1,5 per cento; vi manca il carbonio allo stato di grafite. L'acciaio acquista la proprietà magnetica più difficilmente del ferro, ma a differenza di questo una volta acquistata tale proprietà la conserva lungamente.

L'acciaio riscaldato al colore rosso e raffreddato bruscamente diventa assai duro, ma anche molto fragile; in tale condizione è capace di intaccare il vetro e di non lasciarsi intaccare dalla lima. Secondo il modo di preparazione l'acciaio si distingue nelle seguenti varietà:

1) *Acciaio naturale*, quando si ottiene dalla riduzione diretta del minerale di ferro nei crogiuoli;

2) *Acciaio naturale di cementazione*, quando si riscalda un miscuglio di minerale di ferro e carbone, senza provocare la fusione;

3) *Acciaio naturale fuso*, quando la medesima operazione si eseguisce, provocando la fusione del metallo che si ottiene allo stato fluido;

4) *Acciaio di affinazione*, è quello che si ottiene decarburando parzialmente la ghisa col carbone di legna;

5) *Acciaio pudellato*, quando l'affinazione della ghisa è fatta col carbon fossile;

6) *Acciaio di Bessemer*, se la ghisa è decarburata per mezzo di una corrente d'aria che si inietta nella sua massa fusa;

7) *Acciaio fuso*, se si fonde la ghisa con sostanze decarburanti;

8) *Acciaio di Tunner*, se la ghisa mista a

sostanze decarburanti si riscalda senza farla fondere;

9) *Acciaio di Heatoh e di Hargreave*, se si tratta la ghisa fusa col salnitro;

10) *Acciaio di carburazione o di cementazione*, quando lo si ottiene carburando il ferro dolce ossia quando si riscalda il ferro in unione a polvere di carbone in ambiente chiuso, senza provocare la fusione;

11) *Acciaio fuso dal ferro dolce*, quando la medesima operazione si compie provocando la fusione;

12) *Acciaio di fusione*, quando si fonde un miscuglio di ghisa con ferro dolce.

Saldando insieme alla fucina pezzi di ferro con pezzi di acciaio, impastandone bene la massa, ripiegandola ripetutamente sopra se stessa e comprimendola a colpi di martello, si ottiene un prodotto conosciuto nel commercio col nome di *Acciaio di Damasco*, il quale conserva la tenacità del ferro e l'elasticità e la durezza dell'acciaio. Questo acciaio caratteristico per le venature scure che presenta nella massa, è rinomato perchè tanto utile riesce nella fabbricazione delle armi.

## § 8.

### I PIÙ COMUNI PROCESSI DI FABBRICAZIONE DELL'ACCIAIO.

a) *L'acciaio di affinazione*, si ottiene decarburando la ghisa nei fucinali, onde anche il nome di *acciaio di fucina o di ferriera*, che prende questo metallo.

I fucinali sono gli stessi di quelli impiegati per la riduzione della ghisa in ferro, e la decarburazione ha luogo per l'azione dell'ossigeno dell'aria iniettata e dell'ossido di ferro contenuto nelle scorie di riduzione, che si mescolano alla ghisa. L'ugello che inietta l'aria, proveniente dalla soffiera, si dispone da principio inclinandolo verso la massa fluida, ed orizzontale in seguito a lavoro inoltrato, di maniera che più non colpisca la massa di metallo fuso nel crogiuolo perchè non si possa eccedere nella decarburazione. In pari tempo le scorie si dimagrano, con l'aggiunta di sabbia quarzosa, fino a che a giudizio dell'operaio non si ritiene ultimata l'affinazione; allora il metallo si raccoglie in grumi coi quali si formano i masselli che si sottopongono all'azione, comprimente e purgatrice del maglio.

b) *L'acciaio pudellato* si ottiene riducendo la ghisa

parzialmente, come per l'acciaio affinato nei forni a riverbero. Con questi forni si possono seguire due procedimenti diversi di pudellatura; col primo di essi si produce un acciaio tenero e col secondo un acciaio duro. Si ottiene l'acciaio tenero, allora quando, ritenuta compiuta al punto conveniente la riduzione, si impedisce l'ulteriore accesso dell'aria nel forno: si ottiene invece quello duro coll'aggiunta del manganese, il quale diminuisce l'azione ossidante delle scorie.

c) *L'acciaio di Bessemer*, che porta il nome dal suo inventore, metallurgico inglese (1855), si prepara col medesimo principio dell'acciaio di affinazione preparato coi fucinali o col forno a riverbero, cioè decarburando parzialmente la ghisa fusa per mezzo di una corrente di aria, la quale a differenza dei procedimenti

sopra descritti, agisce in tutta la massa metallica fluida e non soltanto alla sua superficie; in tal modo l'aria iniettata si pone a contatto con una maggior superficie di metallo e la sua azione

ossidante è rapida. Vi ha di più che mentre coi precedenti sistemi si ottiene l'acciaio allo stato piuttosto pastoso, con questo la temperatura si eleva sensibilmente per l'energica combustione del carbonio e delle sostanze estranee contenute nella ghi-

sa (silicio, alluminio, fosforo, ecc.) e l'acciaio si mantiene fluido anche per un certo tempo dopo compiuta la sua affinazione, condizione necessaria per poterlo versare negli stampi.

Per la preparazione di questo acciaio si impiega una storta di lamiera di ferro di forma ovoidale (*convertitore di Bessemer*), rivestita nel suo interno di un involucro di argilla refrattaria. Nel fondo di

questa storta (fig. 482) si ha una cavità *c* che comunica con la cavità della storta per mezzo di numerosi forellini *x* (ugelli); in questa cavità si fa arrivare l'aria proveniente da una macchina soffiante alla pressione di una atmosfera e mezza. Quest'aria arriva nella cavità *c* per mezzo di un tubo *t*

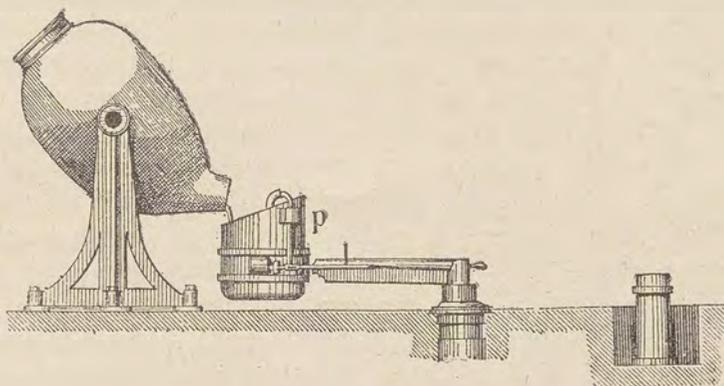


Fig. 483.

comunicante col cerchione cavo *e* della storta e col tubo *s*. Per la bocca della storta si introduce prima carbone incandescente, di cui si attiva la combustione, iniettando aria, per riscaldare l'apparecchio; capovolta allora la storta per versare le ceneri, vi si introduce la ghisa fusa proviente dall'alto forno che l'ha prodotta o da un forno qualsiasi che l'abbia a tal'uopo rifusa; in tale operazione prima di raddezzare nuovamente l'apparecchio si ha cura di fare agire la soffiaria, perchè la ghisa fusa coprendo il fondo della storta non ne otturi i forellini nei quali giunge l'aria della soffiaria. Da allora comincia una serie di reazioni decarburanti intermolecolari, dovute all'iniezione forzata e suddivisa dell'aria, che rimescola la massa fluida in maniera molto più efficace di quel che non possa fare il riavolo di un operaio, aumentandone notevolmente la temperatura; queste reazioni durano dai 15 ai 30 minuti, finchè dal colore delle fiamme, che si elevano dalla bocca della storta, variabile col progredire dell'operazione, e dalla sua analisi spettrale l'operaio, facilmente comprende il momento in cui devesi arrestare il getto d'aria, per non oltrepassare il desiderato grado di decarburazione, ed allora, ricapovolgendo il convertitore, si cola il metallo fluido in una pentola *p* (fig. 483), portata da una grù idraulica, per mezzo della quale si distribuisce negli stampi, che a tal'uopo si collocano in una fossa, allineati secondo una circonferenza che ha per centro l'asse della grù. Il metallo cola negli stampi attra-

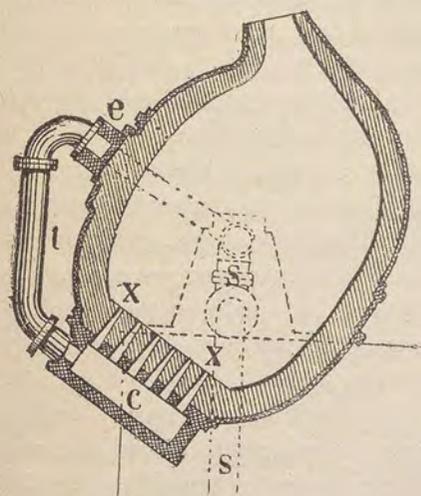


Fig. 482.

verso un orificio, di cui è munito il fondo della pentola che si chiude mediante un tappo di argilla manovrabile dall'esterno per mezzo della leva *l*; come la storta anche la pentola è di lamiera di ferro rivestita internamente di argilla refrattaria.

Col procedimento di Bessemer, generalizzato oggidì da per tutto, si può fabbricare l'acciaio sopra vasta scala, un convertitore potendo accogliere dalle 3 alle 10 tonnellate di metallo per ogni operazione, e si possono preparare le diverse qualità di acciaio, dipendentemente dalla quantità di carbonio che si lascia combinato col metallo e cioè; *acciaio extra-tenero* (0,25-0,35% di carbonio) che si impiega per la costruzione delle armi, lamiere di caldaie e di scafi; *acciaio tenero* (0,35-0,45% di carb.), usato per la costruzione delle sale delle ruote, per organi di macchine ecc.; *acciaio semiduro* (0,45-0,55% di carb.), usato per la costruzione di rotaie da ferrovie e per cerchi delle ruote dei carri ferroviari; *acciaio duro* (0,55-0,65% di carb.) utile per la fabbricazione degli utensili da fabbro, lime, seghe. ecc.; *acciaio molto duro* (0,65 e più % di carb.), che serve per la fabbricazione degli utensili ancora più fini.

L'acciaio si prepara con diversi altri procedimenti. La casa Krupp di Essen prepara ed impiega su vasta scala nelle sue officine un acciaio proveniente dalla fusione e foggatura dell'acciaio pudellato, considerato come materia prima. L'acciaio fuso del resto si ottiene con la rifusione dell'acciaio naturale o dell'acciaio Bessemer o di quello di cementazione,

Così fondendo ed affinando in un forno a riverbero la ghisa, finché non si è ridotta in ferro dolce e mescolando a questa massa fluida una certa quantità di ghisa si ottiene un acciaio di fusione (*acciaio Martin*) molto ricco di pregi, per cui utilmente si impiega per la fabbricazione di canne da fucile e può servire anche per la fabbricazione delle rotaie.

Ed arroventando al colore rosso il ferro dolce in sbarre a contatto di sostanze carboniose contenenti azoto, si fabbrica un buon acciaio di cementazione.

Si suole collocare il ferro in sbarre dentro casse di argilla fra strati di polvere di carbone. Chiuse ermeticamente le casse, così preparate, si sottopongono al riscaldamento fino al colore rosso, dentro un forno per 5 o 6 giorni. Raffreddato il forno, il ferro si trova convertito in acciaio. Questo acciaio di cementazione è utile come materia prima per la fabbricazione dell'acciaio fuso e per ottenerlo bisogna impiegare ferro molto malleabile, quale è quello svedese e dei monti Urali.

## § 9.

### LA TEMPERA DELL'ACCIAIO.

Chiamasi *tempra* quell'operazione che serve a comunicare all'acciaio la durezza necessaria e corrispondente al suo uso. Si dà la tempera all'acciaio riscaldandolo al colore rosso e tuffandolo repentinamente nell'acqua o in un bagno di altra natura, perchè si raffreddi istantaneamente. L'acciaio arroventato e lasciato raffreddare lentamente non si tempera e conserva la tenerezza e la malleabilità che avea prima. Dalla natura del bagno, dalla temperatura del medesimo e quindi dalla differenza tra la temperatura dell'acciaio e quella del bagno, dipende il grado di tempera che acquista l'acciaio; in generale, col crescere di questo grado, cresce la durezza acquisita dall'acciaio e la sua tenacità, ma non di rado avviene, specialmente se la tempera non è applicata con un certo discernimento, che la tenacità diminuisce e l'acciaio diventa fragile dopo la tempera.

La temperatura alla quale deve scaldarsi l'acciaio non deve superare il limite del colore rosso e deve essere uniformemente distribuita su tutta la massa di metallo a temperarsi. Se una parte del pezzo di acciaio non deve temperarsi, giova coprirla con uno strato di argilla, così che a contatto del bagno frigorifico essa non si raffredda istantaneamente ovvero si tufferà nel bagno solo quella parte che si vuole temperata. L'acciaio si riscalda in maniera che l'ossigeno dell'aria non agisca sulla sua superficie; generalmente un fuoco di carbone di legna è preferibile ad uno di carbon fossile, quasi sempre contenente tracce di solfo. Il bagno, nel quale comunemente si immerge l'acciaio riscaldato per la tempera, è l'acqua pura, più o meno fredda, secondo il grado di durezza che si vuole dare all'acciaio. L'olio ed il sego e simili si sostituiscono all'acqua, allora quando si desidera una minore durezza ed una maggiore tenacità. Talvolta all'acqua si uniscono sostanze, come salnitro, sale ammoniaco o di cucina, ecc. che, aumentando la conduttività termica, producono un raffreddamento più istantaneo e quindi un maggior grado di durezza, o come alcool, gomma, destrina, sapone, ecc. qualora si vuole un raffreddamento più lento e quindi un minor grado di tempera. Tal'altra il bagno si forma con uno strato d'olio galleggiante sull'acqua ed in questo caso la tempera ha luogo in due stadi, il primo nell'olio ed il secondo nell'acqua. Con un bagno di mer-

curio la tempra risulta più dura che non con gli altri mezzi; tempre più o meno moderate si ottengono coi bagni di piombo fuso (335°), di stagno fuso (240°) e di zinco fuso (425°), questi metalli avendo una temperatura di fusione inferiore a quella dell'acciaio riscaldato al colore rosso (500° circa).

Le parti sottili di un oggetto d'acciaio raffreddandosi più celeremente delle parti più grosse, subiscono facilmente una tempra di grado maggiore; per evitare questo inconveniente si tempera un simile oggetto immergendolo prima della parte più grossa.

Spesso accade che gli oggetti temperati parzialmente si deformano, si screpolano o si spezzano ad dirittura; tale inconveniente è dovuto al rapido restringimento della parte temperata dell'oggetto, la quale facilmente si distacca dalla parte non temperata tuttavia calda e dilatata. L'operaio intelligente eviterà tanto danno tuffando gli oggetti nel bagno in maniera che l'oggetto subisca un raffreddamento istantaneo ma non troppo discontinuo nella sua massa, così ad esempio, immergerà un oggetto lungo e sottile disponendolo verticalmente, uno moltolargo per il dorso e così via.

Anche il ferro presenta in piccolo grado la proprietà di potersi temperare, però la sua tempra si estende solo sulla superficie. Apparentemente perciò il ferro potrà presentarsi coi medesimi caratteri dell'acciaio temperato. Per non incorrere in un errore e poter discernere l'uno dall'altro, basterà versare una goccia di acido nitrico sulla sua superficie, la quale si colora in nero, se vi è presenza di carbonio e quindi se si tratta di acciaio, ed in rosso se è ferro temperato.

## § 10.

### IL RAME.

Il rame è uno dei metalli più diffusi e si trae dai minerali che si trovano abbondanti sulla terra allo stato di solfuro e di ossido. L'estrazione del metallo dai minerali ossidati può eseguirsi con una semplice riduzione col carbone e con l'aggiunta di un fondente nella maniera stessa praticata per la riduzione dei minerali di ferro. Poichè però i minerali ossidati sono scarsi per rispetto ai solfurati, generalmente il rame si estrae da quest'ultimi.

Il rame è di colore giallo-rosso caratteristico, tanto più carico quanto più esso è puro. Ha frattura granulata compatta ed un peso specifico che oscilla di

poco intorno a 8,9. Sebbene duro e tenace riesce malleabile a freddo e più ancora a caldo, talchè facilmente si riduce in fili ed in lamine sottili. Fonde alla temperatura di 1200° circa e fuso, se è puro, si presenta molto fluido e si solidifica prontamente riuscendo cavernoso nel rapprendersi. Solidificato si dilata sensibilmente o come suol dirsi, *monta*, occupando un volume maggiore di quello che aveva allorchè era fuso; per tutti questi motivi il rame puro non si presta molto pei lavori di getto. Mescolato invece con zinco, protossido di rame, potassio, piombo, ecc. perde la proprietà di montare.

Il rame si ossida facilmente coprendosi di una patina di color verde (*verderame*).

Sebbene questo metallo sia sostituito oggidì dal ferro in molti lavori, pur tuttavia si impiega nella fabbricazione di speciali organi delle macchine, per caldaie, tubature, allambicchi per distillerie, per il rivestimento di navi in legno, per farne monete, per la preparazione di sostanze coloranti, per copertura di tetti, di cupole, ecc. e per la proprietà di far lega col ferro, anche per saldare il ferro col ferro e per ricoprire il ferro medesimo per dar luogo al ferro ramato, alle lastre ramate, ai fili ramati, ecc.

L'estrazione del rame dai minerali ossidati si effettua fondendo direttamente i minerali in un forno a tino coll'aggiunta delle sostanze necessarie per ottenere le scorie riducenti. Il rame nero che si estrae si affina con un comune forno a riverbero dove, dopo fatto fondere, si copre con uno strato di polvere di carbone di legna; si agita allora il miscuglio con un riavolo di legno, finchè tutto il protossido di rame siasi ridotto.

L'estrazione del rame dai minerali solfurati si può fare in due modi: nei forni a tino od a manica (*metodo svedese e tedesco*) ovvero nei forni a riverbero (*metodo inglese*).

L'estrazione col metodo inglese nei forni a riverbero consiste nel torrefare prima i minerali solfurati mescolandoli con sale di cucina e cloruro di calce e formare così dei cloruri volatili, e nel fonderli poscia per ottenere una metallina di rame, che poi si ricalcina e si rifonde a contatto dell'aria per avere il rame, allo stato di rame nero, che si raffina in ultimo nella maniera sopra descritta.

Col metodo svedese e tedesco, nei forni a tino od a manica, l'estrazione del rame consiste nel torrefare prima i minerali solforati e quindi nel fonderli coll'aggiunta di riducenti per ottenere le scorie, per

mezzo delle quali l'ossido di rame si riduce allo stato di rame metallico ed i solfati in solfuri, che combinandosi col rame libero, costituiscono un prodotto più ricco di rame del minerale primitivo; di modo che, ripetendo quest'operazione di torrefazione e di fusione riduttrice più volte, si finisce per avere un prodotto quasi totalmente costituito di rame nero, che si raffina col carbone nella maniera sovrindicata.

Da pochi anni a questa parte anche il principio del convertitore di Bessemer, quello cioè di ricercare

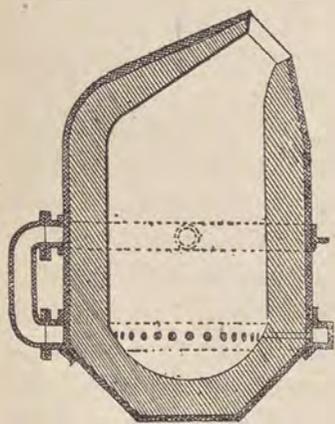


Fig. 484.

nel medesimo materiale da lavorare il combustibile, si applica per la raffinazione del minerale di rame preventivamente ridotto per mezzo della torrefazione allo stato di metallina. Il convertitore di Bessemer, all'uopo modificato dal Manhés, ha di speciale che gli ugelli sono situati non al fondo, ma all'ingiro sulla parete a 30 cm. di altezza dal fondo, perchè il metallo, raccogliendosi nel fondo e raffreddandosi al contatto dell'aria iniettata, non ne otturasse i fori (fig. 484). Il procedimento non è differente da quello seguito per la preparazione dell'acciaio; riscaldato cioè l'apparecchio, vi si introduce la metallina fusa: mettendo allora in azione la soffieria, il ferro e il solfo bruciano producendo le scorie con elevamento di temperatura e la metallina si converte in rame nero.

L'estrazione del rame dai minerali solfurati ed ossidati finalmente si può conseguire per via umida, con procedimenti differenti secondo la natura del minerale e dei reagenti impiegati. Consistono questi processi nel ricavare dai minerali una soluzione di solfato o di cloruro di rame e nell'estrarre da queste soluzioni il metallo libero. Per ottenere una soluzione allo stato di solfato si attaccano i minerali ossidati naturali o torrefatti con acido solforico ovvero i minerali solfurei con acido solforoso. Immergendo nella soluzione di solfato di rame, così preparato e riscaldato a 50°, dei rottami di ferro, questo viene attaccato e si ha per prodotto solfato di ferro e rame metallico, che rimane aderente al ferro o si raccoglie in polvere di rame più o meno puro; questo

rame greggio raffinato prende il nome di *rame di cementazione*.

Per ottenere una soluzione allo stato di cloruro si trattano i minerali torrefatti con una soluzione di cloruro di sodio e solfato perossido di ferro: si ottiene solfato di soda e percloruro di ferro, che agendo sul solfuro di rame lo trasforma in cloruro. La quantità di ferro necessaria per cementare il rame è in questo caso minore.

I procedimenti per via umida tornano vantaggiosi nei siti dove il combustibile si ha a caro prezzo e quando i minerali sono poveri di metallo, per cui la spesa, seguendo i procedimenti per via secca, non viene compensata dal valore del metallo, che si può estrarre. La proprietà del solfato di rame di decomorsi per via elettrolitica, depositando il rame puro, ha finalmente suggerito la sostituzione della corrente elettrica all'uso del ferro nella preparazione del rame di cementazione. Con l'elettrolisi il rame può anche essere estratto dai suoi minerali, qualunque ne sia la ricchezza, senza alcuna preventiva preparazione, e dalla metallina. Il trattamento elettrolitico si presta anche per raffinare il rame greggio allo scopo di ottenere rame puro.

## § 11.

### LA LAVORAZIONE DEI TUBI E DEI FILI DI RAME.

Primieramente la lavorazione dei tubi di rame si fece saldandoli lungo una generatrice. A tal'uopo si tagliavano le lamiere di rame di conveniente spessore secondo striscie di larghezza eguale alla circonferenza del tubo, che si ripiegavano a colpi di martello di legno sopra un'anima cilindrica di ferro (figura 485) che serviva da modello, finchè i bordi della striscia ripiegata, opportunamente foggiate a scalpello, non venissero a combaciare, sopra di questi allora si praticava la saldatura composta con rame, borace e zinco.

Oggidi i tubi di rame si costruiscono di un sol pezzo alla filiera. Preparato un getto di rame, dentro uno stampo di ghisa, secondo la forma indicata in sezione nella fig. 486, lo si fa passare alla filiera di cui la piastra, avente l'occhio cuneiforme, è provvista di un'anima *s* sostenuta da una lunga asta (fig. 487). Tirando il tubo per l'estremo *t* attraverso



Fig. 485.

una serie di piastre della filiera, aventi i fori sempre più di minor diametro, si giunge ad assegnare al tubo il diametro, che si desidera. Il tubo va ricotto e raffreddato ad ogni passaggio nella filiera.

I tubi di rame si fabbricano senza saldatura anche per mezzo della elettrolisi. Se in una soluzione di solfato di rame un polo (*catodo*) è rappresentato da

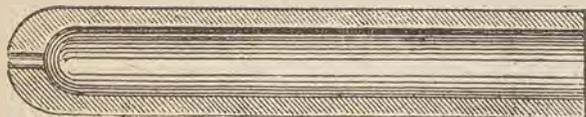


Fig. 486.

una sbarra di ferro tonda e l'altro polo (*anodo*) da un pezzo di rame, facendo passare la corrente, si depositerà sulla sbarra di ferro uno strato di rame di uniforme spessore, se la sbarra può girare intorno al proprio asse. Le sbarre di ferro devono essere perfettamente cilindriche, e sulle medesime si fissa prima uno strato sottile di ossido di rame, perchè il rame metallico non aderisca all'anima di ferro; ciò facilita l'estrazione del tubo di rame che basterà dilatare per poco esponendolo all'azione del vapore d'acqua, per essere tirato fuori.

Questo procedimento di fabbricazione dei tubi di rame permette egualmente la fabbricazione delle lamiere di rame. Tagliando infatti secondo una generatrice un tubo di rame di grande diametro, così ottenuto, e spianandolo, si otterrà una lamiera della larghezza corrispondente alla circonferenza del tubo.

Le lamiere di rame del resto si fabbricano anche al laminatoio, come si pratica per le lamiere di ferro. Impiegando rame ricotto le lamiere possono raggiungere lo spessore minimo di 2 mm.; per spessori minori si sovrappongono e si passano al laminatoio due o più lamiere così ottenute. Anche la fabbricazione dei fili di rame non differisce da quella dei fili di ferro. Il rame si fonde in sbarre e così ridotto si passa al laminatoio per verghe, che lo riduce in fili del diametro minimo di 8 mm. Questi fili si fanno passare quindi alla filiera, avendo cura di ricocerli ad intervalli di tempo.

I tubi di rame senza saldatura agevolmente si prestano per la fabbricazione dei fili di rame. Tagliando elicoidalmente un tubo siffatto di rame, si ottiene un nastro continuo a sezione pressochè quadrata che si passa alla filiera. Sembra che i tubi ottenuti con l'elettrolisi ed i fili ricavati dai medesimi, nel modo sopracitato, siano dotati di una resistenza superiore a quella rispettiva dei tubi e dei fili costruiti coi procedimenti ordinari.

## § 12.

## IL BRONZO.

Il *bronzo* è una lega metallica composta essenzialmente di rame e di stagno in proporzioni variabili secondo l'uso a cui la lega è destinata; talvolta, oltre lo stagno, può contenere qualche parte di zinco,

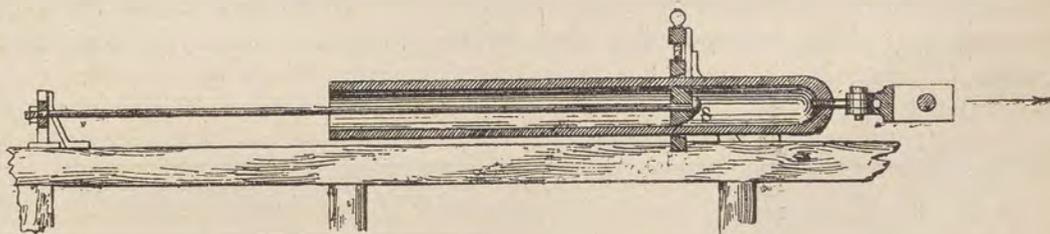


Fig. 487.

di piombo, di manganese, di alluminio, ecc., allo scopo di rendere il metallo più o meno duro, sonoro o fusibile, perchè si presti bene pei lavori di getto. Per la sua compattezza il bronzo riesce suscettibile di ricevere un sensibile grado di pulitura, mentre in pari tempo il suo costo è inferiore a quello del rame puro. Il peso specifico è in media 8,5.

Il bronzo non fu sconosciuto agli antichi; ne fanno fede il tempio di Minerva a Sparta, decorato con sculture di bronzo, il Pantheon di Agrippa in Roma che, oltre le sculture e le decorazioni di altro genere, ebbe il tetto con armature di bronzo, le Terme di Caracalla, di Diocleziano, ecc. le quali non solo contenevano di bronzo le decorazioni, ma di bronzo erano costituiti i perni, le grappe, le arpesi, ecc., che servivano a collegare i loro blocchi di pietra.

Le analisi fatte sui bronzi antichi hanno fatto rilevare come questi fossero composti con proporzioni variabili di rame e di stagno; citiamo ad esempio come il metallo impiegato per la costruzione delle armi da taglio fosse composto di 17-18 di stagno, con

83-82 di rame; quello per la fabbricazione degli specchi di stagno 20, piombo 10, rame 70, quello per le sculture, rame 100, stagno 11-12. Oggidi le varie specie di bronzo sono rappresentate dal *bronzo per cannoni* e dal *bronzo industriale*, che comprende il *bronzo da campane* e quello *statuario* o pei lavori di getto in genere.

Il bronzo si rende pregevole per le sue qualità che sono: la *durezza*, la *fusibilità*, la *tenacità*, la *resistenza all'ossidazione*, l'*elasticità* e la *tempera*.

La durezza nel bronzo cresce col crescere fino a un certo limite della quantità di stagno, che fa parte della lega; quando lo stagno è in preponderanza la durezza diminuisce. Con la martellatura a freddo si aumenta la durezza ed anche l'elasticità; il medesimo risultato si ottiene aggiungendo alla lega piccole parti di ferro, zinco, piombo, antimonio e fosforo.

La maggiore fusibilità del bronzo è dovuta alla presenza dello stagno, per cui essa riesce proporzionale alla quantità di stagno che fa parte della lega.

La tenacità decresce col crescere della durezza e quindi della quantità di stagno; il percuotimento a freddo la favorisce, epperò essa riesce maggiore quanto più la lega è compatta.

Il bronzo resiste generalmente all'ossidazione; dopo un poco di tempo si copre di una patina di carbonato di rame, che impedisce la propagazione dell'ossidazione nella massa metallica. Non così però il bronzo si comporta a caldo; ad alta temperatura lo stagno si ossida facilmente e più del rame, sicchè la lega mantenuta a caldo per un tempo prolungato o più volte fusa, perde di titolo, a cagione che diminuisce la quantità di stagno.

L'elasticità cresce con la durezza, con la compattezza epperò con la quantità di stagno fino alla proporzione di  $\frac{1}{4}$ .

Il bronzo finalmente si tempera, ossia diventa maleabile, facendolo raffreddare istantaneamente; tale raffreddamento ha per effetto di diminuire la sua durezza, di cambiare il suono della lega, rendendolo più cupo. E con questo mezzo che si modifica negli oggetti di bronzo variamente il suono.

	RAME	STAGNO	ZINCO	PIOMBO	FERRO
Statua di Luigi XV . . . . .	82, 65	4, 10	10, 30	3, 15	—
» di Luigi XIV . . . . .	91, 40	1, 70	5, 53	1, 37	—
» di Enrico IV . . . . .	89, 62	5, 70	4, 20	0, 48	—
» equestre di Em. Filiberto a Torino	85, 50	6, 30	4, 80	3, 40	—
» di Napoleone I . . . . .	84, 48	5, 80	6, 00	2, 70	0, 7

Per il getto delle artiglierie la lega (*bronzo da cannone*) è composta di 11 a 12 di stagno per 100 di rame; tale proporzione è stata sperimentalmente riconosciuta quale rispondente ad un massimo di durezza compatibilmente ad un massimo di tenacità e di resistenza alla corrosione, per parte dei gas che si producono nel loro interno all'atto dello sparo. Tanto il rame che lo stagno devono essere purissimi, perchè basta una piccola quantità di sostanze estranee per alterare sensibilmente la lega. Il fosforo, che si aggiunge talvolta in piccolissima quantità (0,12 a 0, 5 per cento) rende questo metallo più omogeneo ed il manganese più duttile al colore rosso.

La lega delle campane è composta di rame 78, stagno 22 ed il metallo che ne risulta, se gli ingredienti sono puri, è di colorito bianco-giallo, duro, fragile e sonoro. La presenza del piombo e dello zinco, benchè fosse stata riscontrata nei bronzi di alcune vecchie campane, è ritenuta dannosa, più che utile. L'alluminio invece accresce l'elasticità della lega, la quale perciò, producendo un suono più vivo, si impiega per la costruzione di strumenti musicali.

Il bronzo statuario, che serve per il getto delle statue e delle ornamentazioni, è composto di rame 88,6, stagno 1,37, piombo 1,37, e zinco, 5,33. I pregi di questa lega sono la fusibilità, proprietà indispensa-

bile perchè il getto occupi i più minuti particolari del modello, il bello aspetto e la possibilità di potere ricevere la patina col mezzo di mordenti e di essere lavorabile anche col cesello. Questo metallo esposto all'aria presto si ricopre di uno strato di ossido di colore verde esteticamente tanto gradito per cui spesso questo viene provocato per mezzo chimico.

Nello specchietto a pag. 280 è data la composizione delle leghe che si riferiscono ad alcuni monumenti scultorii.

La lega per le monete di rame italiane è composta di rame 96 e stagno 4; quella delle monete francesi, inglesi e belghe di rame 96, stagno 4, zinco 1, e di rame 90, stagno 5 e zinco 5 quella delle monete danesi.

### § 13.

#### L'OTTONE.

Il rame si unisce allo zinco, come allo stagno in proporzioni diverse per formare una serie di leghe di vario titolo, più o meno duttili e malleabili. Talvolta al rame ed allo zinco si uniscono in piccola parte il piombo e lo stagno. Questo rende la lega più dura e meno malleabile, quello la rende più dolce nel lavoro di tornitura. Però la lega, che riceve più vasta applicazione nelle arti e nelle industrie, è quella essenzialmente costituita di rame e di zinco nel rapporto medio di 7: 3. Se lo zinco è preponderante si ottiene un ottone facilmente fusibile di un bel colore giallo chiaro, se lo zinco difetta si ha invece un ottone giallo-rosso. La sua duttilità cresce generalmente col crescere della quantità di rame.

L'ottone ha la proprietà di lasciarsi martellare a freddo e di farsi ridurre facilmente in lamine ed in fili; a caldo invece riesce fragile e raffreddato rapidamente conserva tale fragilità, perdendo in durezza ed in tenacità.

Nelle costruzioni l'ottone si impiega per la fusione di molti piccoli oggetti che fan parte dei lavori di minuteria e di finimento delle fabbriche, avendo la proprietà di ossidarsi difficilmente, di essere suscettibile di bel pulimento ed il vantaggio di costare meno del rame puro. Il peso specifico dell'ottone varia, secondo la proporzione e la natura degli elementi costitutivi, tra 8,2 e 8,9.

### § 14.

#### IL PIOMBO.

Il piombo è uno dei metalli conosciuti fin da tempi antichissimi. I Fenici, i Greci ed i Romani lo impiegarono per fissare i perni, le grappe, ecc. per collegare le pietre fra loro; ne coprirono i tetti, le cupole, i terrazzi, ne fabbricarono tubi per la condotta delle acque, ecc. Il piombo si trova raramente allo stato nativo, più di frequente lo si rinviene sotto forma di minerali dei quali soltanto due si prestano per l'estrazione del metallo a cagione della loro abbondanza. Questi sono il solfuro di piombo (*Galena*) il più importante perchè contiene l'87% di metallo ed il carbonato di piombo (*Cerussa*). Il solfo-antimoniuro (*Bournonite*), il solfato (*Anglesite*), il cromato (*Piombo rosso*), il fosfato (*Piromorfite*), l'arseniato (*Mimetesite*), ecc. sono minerali che non hanno importanza dal punto di vista metallurgico.

Il piombo è di colore grigio-chiaro caratteristico ed ha frattura granulare uniforme; è fibroso quando è puro. Esso è il metallo più flessibile e più malleabile che si conosca, talchè si lascia facilmente scalfire con le unghia e tagliare col coltello. La sua superficie di recente ottenuta è di un lucido brillante; dopo poco tempo esposta all'aria si appanna, ricoprendosi di uno strato di ossido che però non si propaga nell'interno; unge le mani nel toccarla e segna la carta. Il peso specifico del piombo è 11,37. Il piombo del commercio non è mai puro; esso può contenere rame, zinco, antimonio, arsenico, più raramente ferro e tracce di argento, quando non ha subito la coppellazione. Il piombo fonde alla temperatura di 332°, ossidandosi facilmente; è attaccato energicamente dall'acido nitrico, pochissimo dal solforico, talchè questo acido si concentra e si conserva nei recipienti di piombo.

Oggidi il piombo si impiega ridotto in lamine per le coperture dei tetti e delle cupole, sotto forma di tubi per le piccole condutture dell'acqua potabile, per la fabbricazione dei proiettili delle armi da fuoco e specialmente dei pallini da caccia. Il bagno di piombo fuso serve molte volte per la tempra dell'acciaio (coltelli, forbici, rasoi, cannoni, ecc.).

Diversi derivati del piombo si impiegano in costruzioni come materie coloranti, fra cui principalmente il *bianco di piombo* o altrimenti *biacca* (carbonato), il *minio* (ossido), il *giallo-cromo* (cromato), ecc. Il piombo con l'antimonio forma la lega impiegata nei

caratteri da stampa; con lo stagno forma la saldatura impiegata dai lattonieri per collegare i pezzi di uno stesso metallo o i pezzi di metalli differenti.

L'estrazione del piombo si praticava sul primo riscaldando dentro un forno a tino il minerale solfureo, misto a carbone di legna od a legna verde, a temperatura non molto alta. In tale operazione il solfo si elimina sotto forma di acido solforoso ed il piombo della galena, reso libero, si raccoglie fuso nel fondo della cavità del forno. Oggidì questo processo è quasi totalmente abbandonato, perchè esso è conveniente soltanto pei minerali ricchi e non ridotti in polvere. In sua vece si adottano il metodo di *riduzione col ferro* o quello di *torrefazione*.

La proprietà, che ha la galena fusa al contatto del ferro di lasciarsi ridurre da quest'ultimo in solfuro di ferro e piombo libero, costituisce il principio di separazione del piombo dai minerali solfurei col primo dei metodi anzidetti, il quale però si adatta soltanto ai minerali non argentiferi, poichè al solfuro di ferro, che si forma, facilmente si unisce buona parte di questo prezioso metallo. Nelle officine metallurgiche, dove si segue questo metodo, detto anche di *precipitazione*, si suol fondere in un forno a tino un miscuglio di galena con granaglie di ferro ottenute fondendo la ghisa e versandola fusa nell'acqua. Si prestano per tale riduzione, in sostituzione della ghisa, anche i minerali di ferro e le scorie di affinazione.

Il metodo di torrefazione propriamente può scindersi in due e cioè: 1.<sup>o</sup> nel torrefare la galena in un forno a riverbero, usando tutte le cure per impedire la formazione di solfato di piombo, e ridurre questo in ossido, qualora non se ne possa evitare la formazione, con un rapido aumento di temperatura, di maniera che l'ossido di piombo, che ne risulti, possa ridursi in un comune forno a tino col carbone per avere libero il metallo; 2.<sup>o</sup> torrefacendo il minerale egualmente in un forno a riverbero, in attesa però di tutte le reciproche reazioni a cui danno luogo l'ossido, il solfuro ed il solfato di piombo; queste reazioni provengono alla separazione dello zolfo sotto forma di anidride solforosa (la quale talvolta si utilizza per la fabbricazione dell'acido solforico) e quindi all'estrazione del piombo libero. I forni a riverbero che si adoperano a tal'uopo hanno subito qualche lieve modificazione per renderli più adatti alla torrefazione di questo minerale ed all'efflusso del metallo.

Il piombo che si ottiene coi metodi di precipitazione o di torrefazione sopra ricordati, è chiamato *piombo*

*d'opera*, il quale non è mai puro, contenendo quasi sempre argento, rame ed antimonio.

Si separa l'argento dal piombo col processo della *coppellazione*. Questo consiste nel fondere il piombo in un forno a coppella dove si mantiene fuso al colore rosso, esposto ad una corrente di aria. In tale stato il piombo si ossida facilmente, trasformandosi in litargirio; questo viene raccolto alla superficie e separato; l'argento rimane inattaccato ed allora quando tutto il piombo si è ridotto in ossido, rimane nel fondo della coppella l'argento puro. Dal litargirio in seguito si estrae il piombo per semplice riduzione col carbone.

Il piombo d'opera si raffina e si libera dagli altri metalli, per renderlo puro, fondendolo in grande quantità in un forno a riverbero o provocando l'ossidazione alla sua superficie. Mescolando con riavoli l'ossido, così formato, con la massa di piombo fusa, esso si combina facilmente con lo zolfo, l'antimonio o l'arsenico, che sono più ossidabili del piombo; questi ossidi vengono facilmente separati dalla superficie del metallo fuso sulla quale galleggiano.

La fig. 488 ci rappresenta la sezione verticale di un *forno a coppella* tedesco per la separazione dell'argento dal piombo. In questo forno si ha il suolo *s* a bacinno circolare formato con diversi strati sovrapposti di

naterie refrattarie, nel quale si fanno fondere i pani di piombo che si fanno pervenire attraverso la volta forata e chiusa da un coperchio di lamiera di ferro internamente ricoperto di argilla. Questo coperchio è manovrabile dall'esterno mediante catene che lo sospendono a una gru. Fatto fondere il piombo, per mezzo degli ugelli *u* si attiva una forte corrente d'aria che, lambendo la superficie del piombo fuso, l'ossida rapidamente. Il litargirio, spinto sotto forma

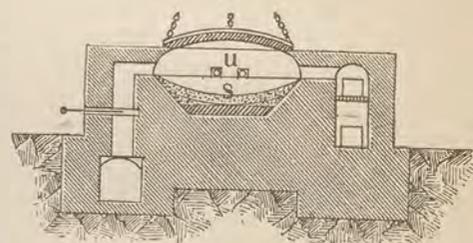


Fig. 488.

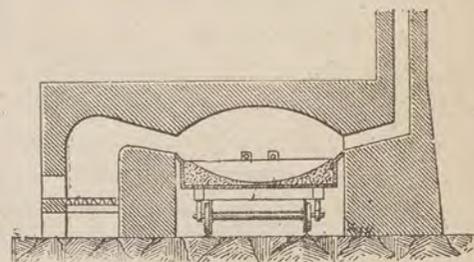


Fig. 489.

di naterie refrattarie, nel quale si fanno fondere i pani di piombo che si fanno pervenire attraverso la volta forata e chiusa da un coperchio di lamiera di ferro internamente ricoperto di argilla. Questo coperchio è manovrabile dall'esterno mediante catene che lo sospendono a una gru. Fatto fondere il piombo, per mezzo degli ugelli *u* si attiva una forte corrente d'aria che, lambendo la superficie del piombo fuso, l'ossida rapidamente. Il litargirio, spinto sotto forma

di onda dalla medesima corrente si raccoglie verso l'orificio d'efflusso dal quale cola dentro recipienti di ferro. Il *forno di coppella inglese* (fig. 489) differisce da quello tedesco per avere fissa la volta e mobile il suolo del forno che è portato da un carrello di ferro mobile sopra rotaie; la coppellazione per altro procede in questi forni identicamente come nei precedenti.

## § 15.

## LA FABBRICAZIONE DEI TUBI E DELLE LAMINE DI PIOMBO.

La fabbricazione dei tubi si fece fino a tempi addietro ripiegando opportunamente e saldando nel senso della loro lunghezza le strisce di lamiera di piombo. In seguito i tubi di piombo si ottennero senza saldature nella maniera quasi identica con cui si fabbricano oggi i tubi di rame e cioè costruendo di getto un cilindro corto di piombo a pareti robuste e provvisto di una cavità eguale a quella che deve avere il tubo, allorchè è ultimato. Dopo avere occupato esattamente questa cavità con un cilindro di ferro, sottoponendo il tubo fuso all'azione di un laminatoio per sbarre metalliche, provviste di scanalature di diametro decrescente, si otteneva il tubo della grossezza desiderata.

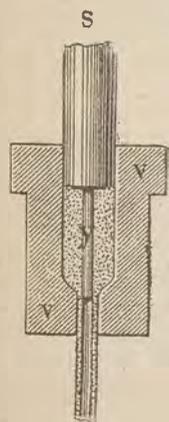


Fig. 490

Oggidi tali tubi si costruiscono più rapidamente profittando della grande malleabilità del metallo, allorchè è riscaldato ad una temperatura vicina a quella di fusione; comprimendolo allora, per mezzo della forza idraulica, lo si obbliga ad attraversare un orificio circolare munito di un'anima cilindrica di ferro per formare il vuoto. L'apparecchio adoperato è dei più semplici. Dentro il vaso *v* cilindrico, nella cui cavità agisce lo stantuffo *s* di un compressore idraulico (fig. 490) si dispone il piombo caldo. Il vaso nel suo fondo è provvisto di un orificio circolare avente il diametro eguale a quello esterno del tubo. Lo stantuffo del compressore porta dalla parte inferiore un prolungo costituito da una sbarra di ferro *y* del diametro eguale a quello del vuoto del tubo. Data la disposizione indicata dalla figura è facile comprendere come il piombo caldo premuto sia obbligato a sortire dall'orificio, portando la forma e le dimensioni del tubo che si desidera.

Anche la fabbricazione delle lamiere di piombo non presenta alcuna difficoltà, poichè le lamiere di piombo si ottengono anche a freddo sottoponendo all'azione di un laminatoio a cilindri lisci le lamine di forte spessore ottenute di getto. Variando opportunamente la distanza fra i cilindri si ottengono lamine di qualsiasi spessore. Se il piombo si scalda, la sua duttilità aumenta e quindi si agevola la lavorazione al laminatoio.

## § 16.

## LO STAGNO.

Lo stagno non si rinviene in natura allo stato libero, ma bensì allo stato di ossido (*Cassiterite*) ovvero allo stato di solfuro (*Pirite stannica*). La cassiterite contiene circa l'80% di stagno e si rinviene fra le rocce granitiche ed in quelle di sedimentazione meccanica, spesso mista a sabbia e ghiaia. La pirite di stagno si trova quasi sempre mista a solfuri di altri metalli (ferro, zinco, rame, ecc.) e contiene di rado più del 30% di stagno. Le miniere di stagno sono assai rare, e solamente se ne hanno in Scozia, Spagna, Boemia e Sassonia.

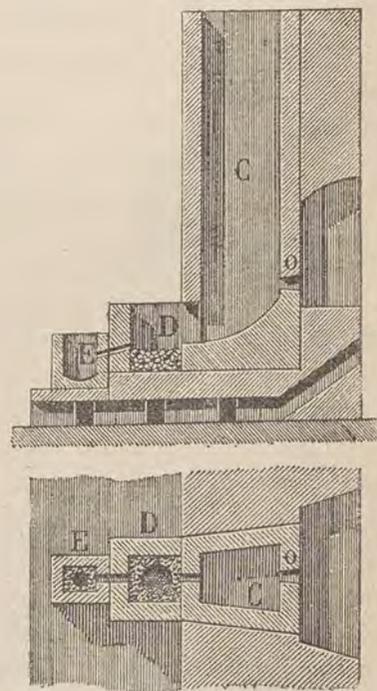


Fig. 491.

Si estrae generalmente lo stagno dalla cassiterite, la quale contiene spesso anche zolfo, arsenico, ed antimonio, per mezzo della fusione, per cui prima si sottopone alla torrefazione, allo scopo di liberarla da queste sostanze, quindi si fa fondere in un forno a tino, della forma rappresentata dalla fig. 491, caricandovela a strati alternati con carbone e scorie ottenute dalle operazioni precedenti. La cavità *C* del forno è quella che riceve il minerale ed il combustibile ed in questa si attiva la combustione con una forte corrente d'aria, che si inietta mediante l'ugello *o*. Tutta la cavità è costruita in granito ed ha il fondo

inclinato verso un crogiulo *D*, nel quale si raccoglie il metallo fuso, che poi si versa nel recipiente di ferro *E*. Lo stagno così ottenuto difficilmente è puro, contenendo spesso tracce di ferro e di arsenico, dai quali si libera decantandolo per fusione, essendo lo stagno più fusibile degli altri metalli.

Lo stagno puro è posto in commercio sotto forma di verghe, onde il nome di *stagno in lacrime*, che esso prende, da distinguere dallo *stagno in pani*, costituito dai residui della decantazione dello stagno puro, i quali altro non sono che un miscuglio di stagno e di ferro.

Lo stagno è caratteristico per il suo colore bianco argentino, per la sua frattura cristallina e per uno scricchiolio speciale, che esso emette, allorchè viene piegato. Il suo peso specifico è 7,28 e fonde alla temperatura di 229°. Riscaldato ad una temperatura prossima a quella di fusione, diventa fragilissimo; alla temperatura ordinaria è poco duttile, ma molto malleabile, talchè si lascia facilmente ridurre in quelle lamine (*stagnuola*), dello spessore anche inferiore di  $\frac{3}{10}$  di mm. che ordinariamente si impiegano per impacchettare tabacco, cioccolatta, ecc. e far capsule da bottiglie. Lo stagno, esposto fuso al contatto dell'aria, si ossida convertendosi in una polvere giallognola di ossido, detta *cenere di stagno*, che si impiega per la pulitura dei vetri e dei metalli; riscaldato al colore bianco bolle e si volatilizza.

Lo stagno si adopera soprattutto per farne la saldatura (stagno 2, piombo 1) impiegata dallo stagnaio per unire fra loro i pezzi di latta e di piombo e per la fabbricazione della latta medesima, la quale altro non è che una sottile lamina di ferro ricoperta di uno strato esilissimo di stagno. Si fabbrica la latta immergendo le lamine di ferro, ripulite con un acido diluito, succesivamente in un bagno di sego fluido e di stagno fuso. Col medesimo principio si stagna la superficie di diversi metalli; così i vasi di ferro e di rame si stagnano, riscaldandoli ad una temperatura corrispondente a quella della fusione dello stagno e poi facendo scorrere sulla loro superficie lo stagno fuso, strofinandovelo con un tampone di stoppa asperso di sale ammoniacco polverizzato, il quale impedisce l'ossidazione dello stagno.

Inoltre lo stagno unito a piccole quantità di rame, piombo, bismuto od antimonio, forma varie leghe che si impiegano per fabbricare di getto alcuni oggetti di uso comune, come cucchiai, scatole per zucchero e per tabacco, vasi per thè, ecc.

## § 17.

## LO ZINCO.

Anche lo zinco si trova mai puro in natura; esso perciò si estrae dai suoi minerali più importanti che sono il solfuro di zinco (*Blenda*), il quale lo contiene nel rapporto del 67% ed il carbonato di zinco (*Calamina*), spesso misto a silicato, che contiene 52 a 54% di questo metallo. Si estrae lo zinco dalla blenda sottoponendo prima questo minerale alla torrefazione per convertirlo in ossido di zinco; lo si estrae dalla calamina per via della calcinazione, che serve ad eliminarne l'acido carbonico e l'acqua.

La calcinazione della calamina si fa ordinariamente in un forno comune da calce, se il minerale è in pezzi; si userà un forno a riverbero se il minerale è polverulento. L'arrostimento della blenda si compie in un

forno a riverbero, nel quale il materiale si carica dopo essere stato ridotto in polvere. L'ossido di zinco si riduce in seguito col carbone per avere il metallo libero, laonde è

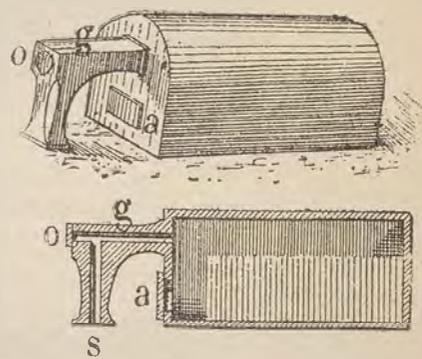


Fig. 492.

condizione necessaria, durante la torrefazione, quella di evitare la formazione di solfato e che la trasformazione del solfuro in ossido sia completa, perchè la parte di solfuro residuale, non facendosi ridurre dal carbone, resterebbe fra i residui inutili.

I prodotti che si ottengono nel trattamento metallurgico del minerale torrefatto sono: vapori di zinco, che si condensano in canali raffreddati, gas caldi prodotti dalla combustione, che si utilizzano per riscaldare l'aria della soffieria o per rifondere lo zinco greggio distillato o per torrefare il minerale stesso, e materie inutili non volatili, come ganga, scorie, ecc. Gli apparecchi che si impiegano per tale riduzione sono il *forno a muffole* ed il *forno a crogiuoli*.

Le *muffole* sono recipienti di argilla refrattaria della forma indicata dalla fig. 492. Ciascuna di esse è provvista di una porta *a* di scarico per i residui della riduzione, che si chiude con una piastra e di

un condotto a gomito *g*, provvisto di una apertura *o*, nel punto in cui esso piega ad angolo retto, che sta chiusa durante la distillazione, per l'introduzione del minerale torrefatto e dei fondenti. Le muffole si dispongono in due serie al di sopra della griglia di

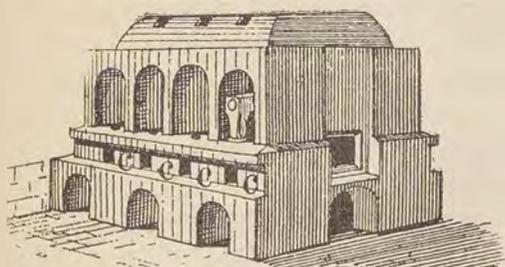


Fig. 493.

un forno adatto a riceverle (fig. 493). I vapori di zinco, che si condensano sotto forma di gocce, colano per l'orificio *s* entro crogiuoli situati nella cavità *c* del forno.

Negli stabilimenti metallurgici di Liegi alle muffole venne sostituito con vantaggio un rilevante

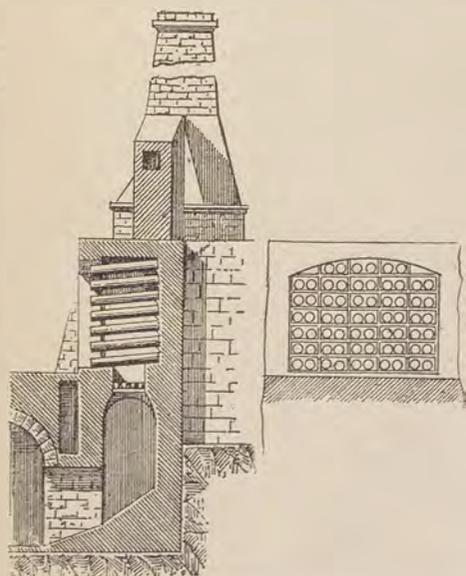


Fig. 494.

numero di piccoli tubi di terra, chiusi ad un estremo, disposti in più serie nella camera del forno costruita di materie refrattarie. La fig. 494 dà una idea di tale disposizione; i tubi sono collocati per poco inclinati verso l'esterno per agevolare l'efflusso dello zinco distillato condensatosi nelle pareti dei tubi medesimi e poggiano all'estremità interna sopra risalti della

muratura e con quella esterna sulle sbarre di un reticolato di ghisa.

Nel forno a crogiuoli la distillazione ha luogo dentro questi recipienti, che sono vasi di terra refrattaria situati a corona sul pavimento del forno, che è ricoperto di una volta provvista di fori in corrispondenza dei crogiuoli (fig. 495). Nel fondo ciascun crogiuolo è provvisto di un foro, dal quale pende un tubo, in cui i vapori di zinco si condensano per colare in recipienti sottoposti contenenti dell'acqua. Quando comincia l'evaporazione i crogiuoli si coprono superiormente e lo zinco greggio, che si ottiene, si purifica rifondendolo in recipienti di ferro o in forni a riverbero; allora i metalli più pesanti, quali il ferro, il piombo, ecc., si depositano nel fondo e lo zinco fuso puro si decanta facilmente.

Lo zinco ha un colore bianco-grigio tendente al bleu quanto più esso è puro: ha struttura lamellare, se è stato fuso ad alta temperatura, diversamente ha struttura granulare. È fragile e poco malleabile alla temperatura ordinaria, talché appena si lascia stirare sotto i colpi di martello; riscaldata però ad una temperatura compresa fra 100° e 150° riesce grandemente malleabile ed allora si lascia laminare in fogli sottili e stirare in fili; oltre questo limite di temperatura ritorna ad essere fragile e poco malleabile.

Lo zinco fonde alla temperatura di 412°; riscaldato ulteriormente a 500° i suoi vapori bruciano, con fiamma verdognola, combinandosi rapidamente con l'ossigeno dell'aria, producendo dei fiocchi leggeri e bianchi di ossido di zinco.

Il peso specifico dello zinco varia tra 7,109 e 7,19 secondo la temperatura alla quale fu riscaldato; il peso specifico dello zinco laminato è però 7,19.

Lo zinco esposto all'aria secca non si ossida, ma all'aria umida la sua superficie si appanna, ricoprendosi di un sottile strato di ossido, che preserva il metallo da una ulteriore ossidazione. Lo zinco a contatto del ferro impedisce che questo metallo si ossidi; si trae partito di questa proprietà nella fabbricazione del ferro galvanizzato, ossia ricoperto di uno strato di zinco.

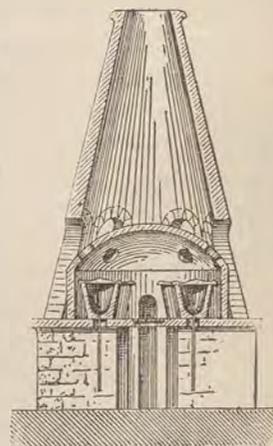


Fig. 495.

Ridotto in fogli lo zinco si impiega nelle costruzioni per formarne la copertura dei tetti di natura piuttosto provvisoria, poichè a lungo andare i fogli di zinco si ossidano, diventano *agri* e quindi fragili. Non sono indicati per coperture stabili anche perchè, in caso di incendio, anzicchè attenuarne l'effetto disastroso, lo favoriscono.

Fra gli impieghi dello zinco, conviene ricordare inoltre quello che se ne fa, ridotto in fili, per la costruzione di griglie, legature e tele metalliche, per la sospensione della biancheria e delle stoffe nelle lavanderie e tintorie, ecc., laddove non si può impiegare il ferro, perchè questo metallo è facilmente ossidabile, quello che se ne fa sotto forma di chiodi per fissare le lastre di zinco, tapezzerie, ecc., e quello, infine, molto esteso per la esecuzione di getti artistici, ossia la riproduzione di statuette, candelabri, sopporti per orologi, ecc. L'ossido di zinco, chiamato nel commercio *bianco di zinco*, si impiega come materia colorante, e si preferisce al bianco di piombo, perchè, esposto all'aria, il suo colore riesce più persistente.

#### § 18.

##### LA LAVORAZIONE DELLO ZINCO.

La filatura dello zinco non presenta alcunchè di speciale: lo zinco tagliato in bacchette con le cesoie da una lastra, si sottopone alla trafila che lo riduce alla grossezza desiderata. I fili di zinco, come è detto innanzi, servono a sostituire i fili di ferro, allora

quando l'ossidazione del ferro si ritiene nociva per corpi messi a contatto coi fili. La grossezza di questi nel commercio viene indicata con un calibro che può variare dallo 0 a 24 in corrispondenza dei diametri limiti di mm. 0,48 e mm. 6,8.

La laminazione dello zinco richiede due operazioni distinte, la *digrossatura* e la *finitura*. Nella digrossatura le lamine di 1 a 2 cm. di spessore, ottenute di getto, per mezzo del *laminatoio digrossatore*, si riducono allo spessore di 6 mm. circa, e quindi, dopo averle regolarizzate con le cesoie ed avere assegnato loro la lunghezza dei fogli, si fanno passare al laminatoio per la *finitura*. Per queste operazioni le lamine digrossate si riscaldano prima alla temperatura di 120° circa e si introducono, fra i cilindri finitori, uniti a pacco di più fogli, avendo cura, naturalmente, di cambiare la posizione di ciascun foglio nel pacco, successivamente, in caso diverso soltanto il foglio intermedio riescirebbe maggiormente stirato. I fogli così ottenuti si regolarizzano nei bordi con le cesoie e se ne misura esattamente lo spessore, poichè in commercio vanno distinti per calibro, che varia da 1 a 26, in corrispondenza di mm. 0,1 a mm. 2,68 di spessore.

Le lamine ed i fili di ferro galvanizzato si ottengono semplicemente immergendoli in un bagno di zinco fuso, dopo avere lavata la loro superficie con una soluzione di acido solforico o cloridrico e dopo averli immersi in una soluzione di idroclorato di ammoniaca. Le lamine e i fili di ferro così preparati si preservano per lungo tempo dall'ossidazione.

## CAPITOLO VIII.

### J V E T R I

#### § 1.

##### LE GENERALITÀ.

Il vetro si impiega nelle costruzioni principalmente sotto forma di lastre, che servono a chiudere le aperture esterne degli edifici, allo scopo di preservare l'interno degli ambienti dalle intemperie, senza privare questi della luce.

Il vetro è un miscuglio di silicati vari, fra i quali si trovano essenzialmente il silicato di potassio o di sodio ed uno almeno dei silicati di calcio, d'alluminio, di bario o di magnesia. Spesso anche i silicati metallici (piombo, bismuto, zinco, ferro, manganese) vi prendono parte e talvolta l'acido borico subentra in parte o in totalità all'acido silicico, specialmente nella preparazione del vetro per strumenti di ottica.

Le lastre di vetro possono essere di quattro specie e cioè: *a) le lastre comuni*, quelle, cioè, a superficie liscia perfettamente trasparenti; *b) le lastre ondulate* costituite dai vetri a superficie rigata, con scanalature incavate, che hanno lo scopo di far passare la luce, ma non l'immagine degli oggetti; *c) le lastre smerigliate*, ossia quei vetri che hanno la superficie arrotata e che riescono, perciò, imperfettamente trasparenti; *d) i vetri colorati*, che sono quelli fatti di materia tinta per mezzo di taluni ossidi metallici.

Secondo la loro chimica composizione invece i vetri si distinguono nelle seguenti quattro qualità; *a)* il vetro composto coi silicati di potassio e di calcio, perfettamente incolore, trasparente, duro ed inalterabile,

noto nel commercio col nome di *crystallo di Boemia*; *b)* il vetro costituito di silicato di sodio e di calcio di colore verde-bleu caratteristico dei vetri di sodio, chiamato comunemente *vetro francese*, che serve specialmente per farne lastre da finestra e da specchi; *c)* il vetro di silicato di potassio e di piombo, chiamato propriamente *crystallo*, caratteristico per la sua trasparenza, lo splendore, la sonorità, il potere rifrangente, ed il peso elevato; *d)* il vetro composto coi silicati di potassio, sodio, calcio ed alluminio, ai quali si aggiungono i silicati di ferro e di manganese, di colore giallo-bruno o verde-bruno, con cui si fabbricano le bottiglie da vino e da liquori, onde il nome di *vetro da bottiglie* col quale lo si intende. A queste qualità va aggiunto il *vetro solubile*, composto unicamente di silicato di potassio o di sodio, impiegato dal chirurgo per consolidare le bende delle fasciature.

Il vetro può essere adunque trasparente od opaco, incolore o colorato. Comunque esso sia alla temperatura ordinaria, fatta eccezione del vetro solubile, il vetro è solido e generalmente fragile, talchè si spezza facilmente dietro un piccolo urto, è flessibile quando è ridotto in fili o in lastre di piccolo spessore. Il vetro non ha forma cristallina ed è questa proprietà che lo rende tanto utile, perchè deve al suo amorfismo la grande trasparenza. Secondo la temperatura alla quale viene riscaldato, il vetro può essere più o meno molle; ridotto liquido è sempre vischioso. Il peso specifico del vetro dipende dalla natura e dalle proporzioni dei materiali che lo compongono, quello dei vetri comuni da lastre è 2,642 e quello degli specchi è 2,488.

L'azione esercitata nel vetro dai vari ingredienti sopra enumerati si può riassumere così:

a) I silicati di calcio, di magnesio e di alluminio danno al vetro una maggior durezza e quindi i vetri così fatti riescono inalterabili, di grande splendore e meno fusibili;

b) I silicati di potassio e di sodio rendono in generale i vetri plastici e facilmente fusibili: il primo di questi silicati produce un vetro incolore, il secondo un vetro di colore verde-bleu.

c) I silicati di piombo e di bismuto, di bario e di zinco rendono il vetro duro, pesante, di maggior splendore più rifrangente ed in pari tempo più fusibile.

d) I silicati di ferro e di manganese colorano i vetri e li rendono più fusibili.

Le lastre impiegate per le finestre e le lastre da specchi hanno generalmente una forma rettangolare; esse riescono adatte al loro impiego, quando sono perfettamente piane e trasparenti e quando sono esenti di difetti, cioè non presentano filamenti, lacrime, granelli di sabbia, bolle, nodi, ondulazioni, ineguaglianze di spessore, opacità e crepature.

La composizione del vetro da finestre è: sabbia 100, carbonato sodico 30 a 40, carbonato di calce 20 a 40, polvere di carbone 1,5 a 2, arsenico e manganese 0,5 per ciascuno. Al carbonato di soda si sostituisce sovente il solfato di soda, ed al vetro così preparato si mescolano quasi sempre i rottami di vetro o i ritagli delle canne del vetraio, nella proporzione di  $\frac{1}{3}$  circa dell'intera massa vetrosa.

Nelle costruzioni il vetro si impiega anche sotto forma di lastre cilindrate per coperture, lastre di getto per pavimenti, mattoni modellati vuoti, vetri armati di fili metallici, vetro solubile per la conservazione di alcuni materiali e contro l'incendio. Si fanno poi di vetro lampadari, vasi smaltati, lettere ed insegne per negozi, smalti per mosaici, lastre dipinte e tanti altri mille oggetti, che possono interessare la decorazione e l'arredamento degli edifici.

## § 2.

### LA FUSIONE E LA FABBRICAZIONE DEL VETRO.

La fusione degli ingredienti della pasta del vetro si effettua dentro crogiuoli, che gli operai vetrai co-

struiscono da loro con argilla impastata a polvere di mattone refrattario. Quando pel riscaldamento del forno si impiega come combustibile il gas o le legna, i crogiuoli hanno la forma tronco-conica (fig. 496, a) dell'altezza di m. 0,60 circa e con le pareti dello spessore di 9 a 12 cm. Quando si impiega il carbon fossile per combustibile, si adoperano i crogiuoli a cuffia (fig. 496. c), coperti da una volticina lateralmente

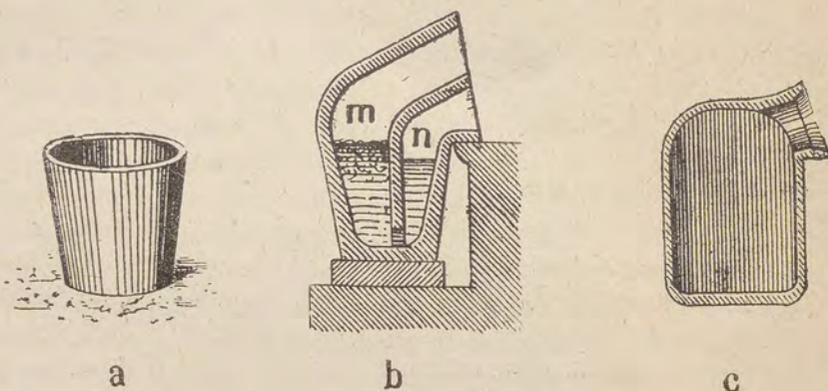


Fig. 496.

alla quale è praticata la bocca del crogiuolo. La figura 496 b, rappresenta la sezione di un crogiuolo a due compartimenti, separati da un diaframma, che lascia in basso una comunicazione fra loro; nel primo di questi compartimenti *m* si mettono gli ingredienti per sottoporli alla fusione, nell'altro *n* si raccoglie il vetro fuso. Con questi crogiuoli si ha il vantaggio che le impurità del vetro (*fiele del vetro*), costituite da tutte le materie che non si possono combinare con la pasta del vetro e che in buona parte galleggiano, allorchè il vetro è ridotto liquido, restano comprese nello scomparto *m*, separate dal vetro puro lavorabile, che l'operaio mano mano ritira dalla bocca dello scomparto *n*.

Ciascun forno da vetro è costituito di una cavità principale (*forno di fusione*), nella quale si dispongono i crogiuoli per la fusione degli ingredienti, e di due o più cavità secondarie (*forni accessori*) per la ricottura del vetro; questi forni sono in comunicazione con la cavità principale dalla quale, di solito, attingono il riscaldamento.

La forma del forno di fusione varia da un tipo all'altro, il piano del forno potendo essere di forma circolare, quadrata o comunque poligonale. In ogni caso la cavità di questo forno comprende un canale mediano *o* (fig. 497), nel quale sono indirizzate le fiamme provenienti dai focolari sottostanti e le ban-

chine *b* sulle quali si collocano i crogiuoli, ed è superiormente limitata da una volta o cappa, provvista di aperture in corrispondenza dei crogiuoli, per l'introduzione dei medesimi e per l'estrazione del vetro.

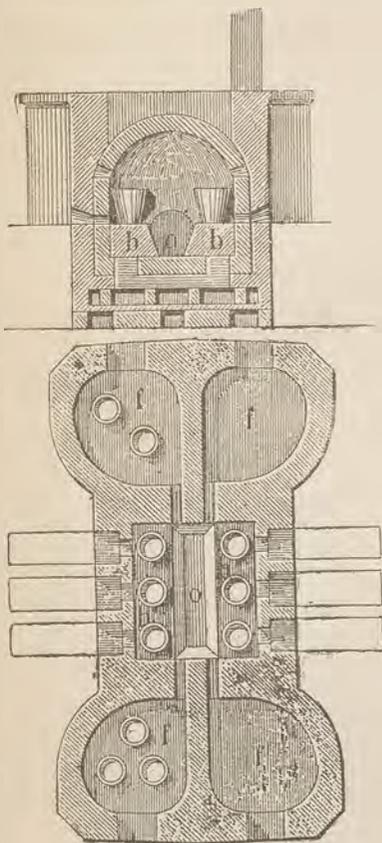


Fig. 497.

I prodotti della combustione, dopo avere attraversato la cavità centrale del forno, passano a scaldare i forni accessori *f*, per poi dirigersi al camino di richiamo. Nei forni con riscaldamento a gas (*forni di Siemens*) (fig. 498) si ha invece il generatore del gas situato a parte del forno di fusione, che poco differisce dal precedente. Il gas del generatore perviene al forno di fusione mediante una conduttura metallica, la quale prima immette in un sistema di condotti verticali, situati al di sotto del piano del forno (*rigeneratore*) e riempiti di mattoni refrattari distanziati di poco fra loro ed incandescenti, di maniera che i gas giungono caldi nella cappa del forno ed a contatto dell'aria, che pur vi perviene calda, per avere attraversato un altro identico rigeneratore,

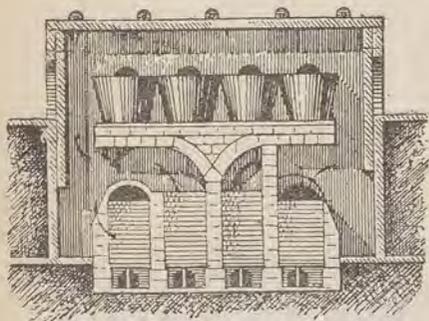


Fig. 498.

bruciano effettuando la fusione, per passare poscia attraverso altre masse di mattoni refrattari freddi, che vengono fatti servire alla loro volta per riscaldare il gas e l'aria necessaria per la combustione.

L'operazione di fusione completa si compie in tre periodi. Nel primo di questi la temperatura non si mantiene alta perchè i rottami di vetro che per primi si introducono nel crogiuoli, rammollendo, si agglutinano con gli altri componenti della pasta vetrosa, formando un ammasso non omogeneo nel quale si inizia la combinazione della silice con gli alcali e si sprigionano l'anidride carbonica ed il vapor d'acqua. Nel secondo periodo la temperatura si spinge fino ad ottenersi la perfetta fusione del vetro e quindi la completa combinazione della silice col potassio, col sodio, con la calce, l'allumina e l'ossido di piombo, per formare così un vetro omogeneo. Nel terzo, infine, si spinge la massa fusa del vetro alla temperatura massima di 1200°, a 1250°, mantenendovela per un certo tempo allo scopo di renderlo molto fluido ed allora il vetro si purga e si raffina, perchè i corpi non disciolti, pesanti si depositano nel fondo dei crogiuoli, ed il fiele si mantiene galleggiante alla superficie della pasta liquida. Quando è terminata questa operazione di affinazione, si diminuisce la temperatura del forno (800°), perchè il vetro ritorni a quel grado di pastosità necessario per essere lavorato.

### § 3.

#### LA FABBRICAZIONE DELLE LASTRE

##### E DEI TUBI DI VETRO.

La maniera più antica di preparare le lastre da finestre consisteva nel foggiare la pasta del vetro secondo dischi piani del diametro di 2 m. circa e nel tagliare le lastre dai segmenti di cerchio, che dal disco si potevano ricavare. Con questo sistema oltre ad aversi la difficoltà di potere ottenere dischi di vetro di così grande diametro, le lastre non riuscivano molto ampie, perchè il centro del disco, verso il pomello di congiunzione con la canna, non potendosi utilizzare come lastra, la ampiezza massima di queste risultava minore della metà della lunghezza del disco: lo spessore della lastra poi non poteva essere costante, perchè il disco risultava di spessore crescente dalla periferia al centro.

Oggidi questo sistema è quasi completamente abbandonato e le lastre di finestra si fabbricano prima foggiando il vetro a cilindri cavi, che si tagliano secondo una generatrice per distenderli tosto sopra una superficie piana.

Gli utensili che impiega il vetraio in tale operazione sono la *canna* e la *forma*.

La *canna* è un tubo di ferro (fig. 499), lungo m. 1,3 a m. 1,8, del diametro esterno di 3 a 4 cm. ed internamente di 1 cm., avente le estremità arrotondate, una delle quali bene levigata per poterla girare fra le labbra e soffiare dentro al tubo, all'altra estremità il vetraio fa aderire in una, due o più volte, la pasta di vetro necessaria per la preparazione di una lastra, intingendola nel crogiuolo. Talvolta la canna è munita di un manicotto di legno *m* per difendere le mani dell'operaio dalle scottature.



Fig. 499

La *forma* è un pezzo di legno o di ghisa nella quale sono praticate alcune cavità emisferiche (fig. 500), nelle quali si fa girare il vetro aderente all'estremità della canna (*polla*) per imprimergli una forma arrotondata. Il raschiatoio (fig. 501) per raschiare il vetro della canna, la forbice (fig. 502) per tagliarlo ed alcuni palletti di ferro o di legno completano gli utensili del vetraio.

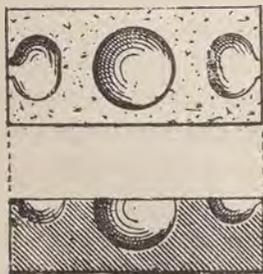


Fig. 500.

La preparazione dei cilindri richiede molta abilità nell'operaio vetraio e comprende due lavori distinti, cioè la *soffiatura* e la *distensione* dei cilindri. Durante la soffiatura alla polla di vetro si fa assumere le forme successive 1 a 6 indicate nella fig. 503, finchè tagliata con le forbici la parte emisferica inferiore del cilindro 7, e fatta staccare la calotta del cilindro 8

unita alla canna, facendovi colare, lungo il bordo *xy* un filo di vetro liquefatto, e quindi toccandolo con un ferro freddo, si ottiene il cilindro 9, che alla sua volta si apre toccandolo lungo una generatrice prima con un dito bagnato e quindi con l'estremità di un ferro rovente, il quale determina il taglio. Lo sviluppo 10 del cilindro si fa in un apposito forno a due scompartimenti. In uno di questi sopra una piastra mobile, perfettamente piana, costruita d'argilla refrattaria mista a sabbia, si compie lo spianamento del vetro, e la fig. 504 fa chiaramente comprendere come,

facendo uso di un bastone di ferro, si possa facilmente compiere tale operazione, allorquando il cilindro è sufficientemente rammollito. Nell'altro scompartimento si raccolgono le lastre spianate, disponendovele verticalmente, e vi si fanno raffreddare lentamente.



Fig. 501.

Le lastre rigate si ottengono nella stessa maniera: sola differenza vi ha nel procedimento di fabbricazione che la polla viene soffiata dentro una forma provvista di scanalature.



Fig. 502.

Per la copertura di lucernai e per quei pavimenti, che devono essere trasparenti, si impiegano convenientemente le lastre di vetro di forte spessore. Queste lastre si co-truiscono di getto grosse 4 a 12 mm., ampie perfino 2 m. e si mettono in opera sostenendole

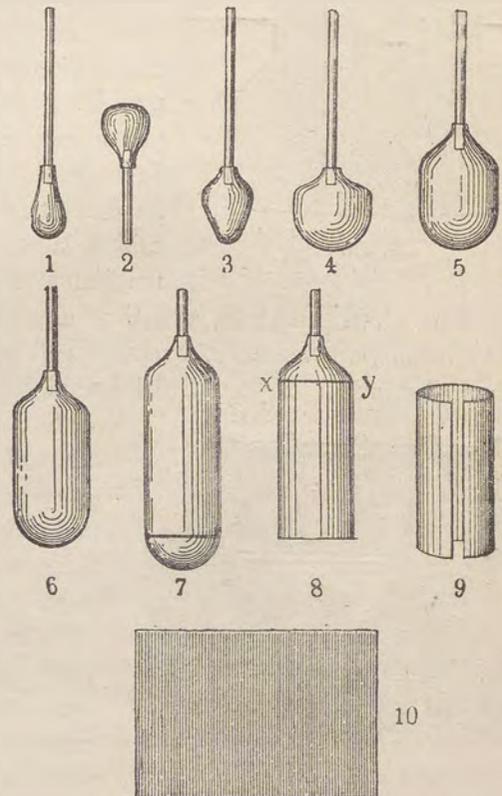


Fig. 503.

con telai di ferro e rinforzandole con traverse pure di ferro. Il vetro di queste lastre viene disteso mediante cilindri, i quali imprimono sulla loro su-

perficie delle righe o delle losanghe o semplicemente ne rendono ruvida la superficie, allo scopo di impedire la vista ed il passaggio di una parte dei raggi di luce.

Facendo uso di forme adatte si costruiscono di getto pressato anche tegole piane somiglianti alle comuni tegole di terra cotta, alle quali si sostituiscono,

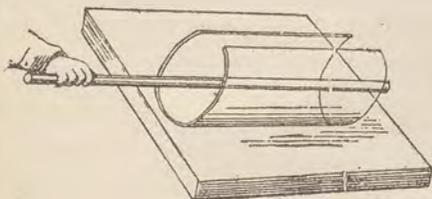


Fig. 504.

allorquando sia richiesto il passaggio della luce attraverso una parte del tetto e col medesimo principio anche mattonelle speciali per pavimentazione di passaggi, atrii e cortili, resistenti all'attrito od al peso dei veicoli, quando si vogliono illuminare ambienti sotterranei.

Da pochi anni sono in voga alcune lastre di vetro

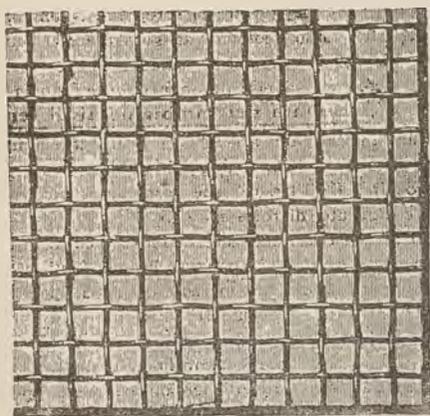


Fig. 505.

armate nel seno del loro spessore di una rete metallica (*vetro retinato*, fig. 505) per lucernai e pavimenti trasparenti. Invero queste lastre offrono il vantaggio di essere molto più resistenti delle lastre comuni ed impiegate nella costruzione dei lucernai, si rende superflua la solita graticola di protezione. Espos.te al fuoco si screpolano, ma non si spezzano conservando la loro forma; le screpolature poi difficilmente attraversano tutto lo spessore della lastra. Anche contro i ladri questi vetri offrono una maggior sicurezza, essendo impossibile tagliarli nè rom-

perli senza rumore, sicchè queste proprietà, aggiunte ad una certa sicurezza contro rotture in caso di incendio, rendono pregevole l'uso del vetro retinato di cui l'applicazione può considerarsi come un vero progresso in confronto del vetro comune greggio facilmente spezzabile agli urti e poco resistente alle sollecitazioni. Le lastre retinate per tetti e pavimenti vengono costruite con grossezze di 7, 10, 15, 20, 25, e 30 mm. con maglie della rete di variate larghezze e con variata grossezza del filo metallico. Il processo di fabbricazione di queste lastre è semplice; tutto si riduce a disporre la tela metallica, risca data opportunamente, secondo un piano inclinato, sostenuta da un telaio, sopra la piastra sulla quale si laminano e si cilindano nella maniera comune le lastre di getto (fig. 506). La rete impigliata fra il 1° cilindro e la lastra in formazione, colla pressione esercitata dai cilindri, viene fatta penetrare nello spessore del vetro fuso, mentre questo viene laminato.

Le lastre di vetro, eccettuate quelle armate di

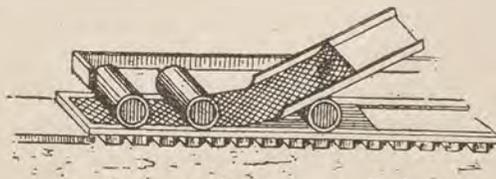


Fig. 506.

rete metallica, si tagliano ordinariamente con la punta del diamante. Al diamante può sostituirsi una punta di acciaio temprata in un bagno di mercurio ed intinta, all'atto di adoperarla, in una soluzione di terebentina e canfora.

I vetri retinati non potendosi tagliare col solo diamante, fa d'uopo ordinarli alle fabbriche nelle misure precise che abbisognano. Occorrendo ridurre queste lastre a misure più piccole, si devono prima tagliare col diamante e poscia spezzare cautamente con le tenaglie i fili metallici.

I tubi di vetro si fabbricano soffiando la palla con la canna, finchè non si è formata una grossa pera di vetro; allora un secondo operaio attacca la sua canna munita all'estremità di un po' di vetro fuso, al fondo della pera e si allontana; il vetro della pera viene così filato in un tubo di diametro pressochè eguale; è riservata alla pratica degli operai la grandezza e la regolarità del diametro dei tubi.

Si ottengono le lastre ed i tubi di vetro, colorati in vario modo, con l'aggiunta di ossidi metallici nella

pasta del vetro. Il colore varia per ogni ossido che si aggiunge ed impiegando il medesimo ossido, secondo la qualità del vetro, la temperatura alla quale avviene la miscela e la quantità d'ossido impiegato. Con l'ossido d'argento e con lo zolfo misto a carbone si ottiene una colorazione *gialla* della pasta di vetro; con l'ossido di uranio una colorazione in *giallo-cannario* nei vetri di potassio e *giallo-verde* in quelli di piombo. Con l'ossido di ferro si colorano in *verde* i vetri di sodio e in *giallo-verde-bruno* i vetri di

potassio e piombo. L'ossido di cobalto colora il vetro in *bleu*, l'ossido di rame e l'ossido di cromo in *celeste-verde*, il sesquiossido di manganese, l'ossido di nichelio e il nitrato potassico in *violetto* ed il sesquiossido di iridio in *nero* molto intenso. Il nero si ottiene anche con un miscuglio degli ossidi di rame, ferro, cobalto, e manganese; il rosso si ottiene con la porpora di cassio, la quale, unita ad un preparato di antimonio e d'argento, appresta tutte le graduazioni del rosso, cioè, dal *rosso-roseo* al *purpureo*.

## TAVOLA BIBLIOGRAFICA.

### I. Le pietre ed i laterizi.

- Accum F.* — Physische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien, deren Wahl, Verhalten und zweckmässige Anwendung. Berlin, 1826.
- Armengaut M.* — Publication industrielle des machines, outils et appareils.
- A. B.* — Machines à essayer les métaux et les fils, tissus, etc. construites par M. E. Chauvin et Marin-Darbel, 1878.
- Azerio G.* — Sulla fabbricazione dei laterizi, delle calce e dei cementi. Milano, 1868.
- Balbo.* — Catalogue des marbres du Piemont. Turin, 1804.
- Balsamo Crivelli G.* — Geografia e costituzione geologica del Milanese. Milano.
- Barba J. Ing.* — Études sur la résistance des matériaux. Expériences à la traction. Paris, 1880.
- Barelli V.* — Cenni di statistica minerologica degli Stati Sardi. Torino, 1835.
- Baudson E.* — Connaissance, recherche et essais des matériaux de construction et de ballastage. Laval, 1884.
- Bauschinger I.* — Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der K. polytechn. Schule in München.
- Ueber den Einfluss der Dauer auf die Festigkeit von Probestäben aus Eisen und Stahl. Annalen f. Gewerbe und Bauwesen. 1879.
- Beltrandi V.* — I laterizi. Encicl. arti e industrie, Torino.
- Reduzzi R.* — Sulla necessità di una raccolta completa di materiali da costruzione italiani, 1886.

- Bernhardi A.* — Die Kalkziegelfabrikation und der Kalkziegelbau. Eilemburg, 1873.
- Blake W. P.* — Ceramic Art. New-York.
- Böhme E.* — Die Festigkeit der Baumaterialien. Berlin, 1876.
- Baumaterial-Prüfungen. Berlin, 1888.
- Bombicci L.* — Corso di mineralogia. Bologna, 1863.
- Bonnami.* — Appareils pour l'essai des matériaux. Génie Civil. 1889.
- Botti D.* — Dei marmi delle Alpi apuane e della loro lavorazione. Firenze, 1876.
- Bottagisio.* — Origine, natura e commercio dei sassi veronesi. Verona, 1871.
- Brocchi.* — Catalogo razionato di una raccolta di rocce per servire alla geografia d'Italia. Milano, 1877.
- Brognart.* — Traité des arts céramiques. Paris, 1877.
- Busscher und Hoffmann.* — Mittheilungen über die wasserdichten Baumaterialien ihrer Fabrik. Halle, 1877.
- Buti e Stassano.* — Classificazione dei materiali ferrosi e proposta per i capitoli dei lavori in ferro. Annali Società Ing. Rom, anno IV.
- Campin Francis C. E.* — Materials and Construction. Theoretical and practical treatise on the Straius, designing and erection of works of construction. London, 1884.
- Canevazzi S.* — Coefficienti specifici di corrosione per attrito. Ann. Soc. Ing. 1897.
- Sulla resistenza delle pietre naturali ed artificiali alla corrosione per attrito. Bologna, 1895.
- Cantalalupi A.* — Raccolta di tavole, formole ed istruzioni pratiche per l'ingegnere, architetto, ecc. Milano, 1867.

- Castigliano A.* — Manuale pratico per gli ingegneri. Torino, 1884.
- Chabat P.* — La brique et la terre cuite. Paris, 1886.
- Chamberlain H.* — Brickmaking. London.
- Chateau Th.* — La technologie du bâtiment. Paris.
- Chauvin.* — Machines for testing the strength of materials. Iron, 1886.
- Chevillard P.* — Machine hydraulique à romaine pour l'essai des métaux, système L. Delaloe. Revue Industrielle, 1887.
- Machine Wicksteed à essayer les matériaux, perfectionnée par Kennedy, id. 1890.
- Claudiel.* — Manuale degli ingegneri, architetti, misuratori, ecc., con formole, tavole e indicazioni pratiche. Torino, 1852.
- Claudiel et Larogne.* — Maçonnerie, terrasse, plâtrerie.
- Clericetti C. e L. Loria.* — Esperienze sui materiali da costruzione. Roma, 1869-71.
- Clève.* — Essai pratique sur l'art du briquetier etc. Paris, 1828.
- Corsi.* — Trattato delle pietre antiche. Roma, 1845.
- Crociatelli E.* — Esposizione regionale toscana di materiali da costruzione, decorazione ed opere di finimento. Firenze, 1887.
- Curioni G.* L'arte del fabbricare. Resistenza dei materiali e stabilità delle costruzioni. Torino, 1877.
- Esperimenti sulla resistenza alla pressione dei mattoni pieni nelle condizioni della pratica. Torino, 1882.
- Risultati di esperienze alla rottura per trazione e per compressione di malte idrauliche e cementizie. Torino, 1881.
- D'Achiardi A.* — Mineralogia della Toscana.
- Daly C.* — Revue générale de l'architecture et des travaux publics.
- Debaux A.* — Procédés et matériaux de construction. Paris, 1886.
- Delesse.* — Les matériaux de construction de l'exposition universelle de 1855. Paris, 1863.
- Del Torre.* — Sopra alcuni travertini. Roma, 1883.
- Dent. W. J.* — Lectures, Building materials. Delivered at the school of military engineering. Chathan, 1868-72-78.
- Deshayes.* — Essai de résistance des métaux. Genie Civil, 1884.
- Dietrich E.* — Die Baumaterialien der Steinstrassen. Berlin, 1885.
- Dobson E.* — Rudimentary treatise on the manufacture of bricks and tiles. London, 1850.
- Doelter C.* — La determinazione dei materiali petrograficamente più importanti, mediante il microscopio. Torino, 1878.
- Engel F.* — Die Kalksand-Pisébau und die Kalksand-Ziegelfabrikation. Leipzig, 1865.
- Egleston.* — Necessité d'étudier méthodiquement la résistance des métaux soumis à des efforts répétés. Revue universelle des mines, 1880.
- Evney's.* Maschine zur Untersuchung der Festigkeit der Materialien. Dirigler's Polyt. Journal, 1887.
- Ernst P.* — Der Mauer, Leipzig.
- Fay I.* — La céramique des constructeurs. Annales industrielles
- Falangola F.* — Esperimenti sulla resistenza delle pietre alla flessione. Rivista di Art. e Genio, 1887.
- Falcone.* — Memoria sulle cave di Portovenere. Genova, 1843.
- Fairbairn W.* — On the comparative value of various kinds of stone as exhibited by their powers of resisting compression. Manchester, 1857.
- Federico F.* — Vocabolario tecnologico di scienze applicate alle arti e mestieri. —
- Ferrini R.* — La tecnologia del colore. —
- Flamant.* — Résistance à l'écrasement des pierres parcellément chargées. Ann. des ponts et Chaussées, 1877.
- Fleuret M.* — L'art de composer des pierres factices aussi dure que le caillou et recherches sur la manière de bâtir des Anciens, sur la préparation, l'emploi et les causes du durcissement de leurs mortiers. Pont-a-Mousson, 1807.
- Fubini L. e L. Gambari.* — Sulle esperienze della resistenza di alcune pietre naturali da costruzione delle provincie venete. Torino, 1873.
- Gallizia.* — Alcuni casi di resistenza dei materiali. Giorn. del G. Civile, 1891.
- Gillmore Gen. Q. A.* — Report on the compression strength specific gravity and ratio of absorption of the Building Stones in the United States. New York, 1876.
- Notes on the compressive resistance of freestone brick piers, hydraulic cements, mortars and concretes. New-York, 1888.
- Gilly.* — Handbuch der Landbaukunst.
- Goodman.* — Machine à essayer avec enregistreur électrique. Lumière électrique, 1889.
- Gottgetreu Rudolph.* — Physico und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien, deren wahl, veralten u. zweckmässige verwendung. Berlin, 1880.
- Gourlier.* — Rapport sur les matériaux de construction et de décoration à l'Exposition de Londres. Paris, 1865.
- Hauenschild H. u W. Olschewsky.* — Katechismus der Baumaterialien: Die natürliche Bausteine; Die Mörtelsubstanzen; Die Ziegelfabrikation. Wien, 1879-80.
- Héricart de Thury.* — Rapport sur le procédé proposé par Brard pour connaître immédiatement les pierres, qui ne peuvent résister à la gelée. Paris, 1824.
- Hausinger o. W.* — Die Kalk, Ziegel und Röhrenbrennerei. Leipzig, 1876.
- Hoffmann F.* — Four annulaire à action continue. Paris. Beschreibung der Ringöfen zum ununterbrochenen Brennen von Ziegeln, Kalk, Tohnwaaren, ecc.
- Notice sur le four à feu continue au gaz de Schwandorf.
- Huot.* — Manuel complet de géologie ou traité élémentaire de cette science. Paris, 1840.
- Iron, 1882, Thomasset's testing Machinery.
- Iron, 1883, Testing machinery, by Herr Mohr, Mannheim.
- Keller R.* — Ueber die Fabrikation und anwendung feuerfester Steine. Aachen, 1880.
- Kerl B.* — Abriss der Thonwaaren industrie. Braunschweig, 1879.
- Kirchheis.* — Bruchfestigkeit — Prüfungswaage. Maschinenbauer, 1889.
- Kirsch.* — Die Methoden zur prüfung der Richtigkeit von Festigkeits. — Probirmaschinen. Mittheilungen des Technol. Gewerbe Museums, 1890.
- Kobylnski E.* — Die Woterkeimer Dachsteine (Krempsteine genannt), deren Fabrikation und Eindeckung. Berlin 1857.
- Kosmann B.* — Die marmorarten des Künstliche Steine und die ans denselben gefertigten Fabrikate. Berlin, 1854.
- Kuhlmann M. F.* — Die verkieselung durk anwendung des wasserglasses und ähnlicher löslichen Kieselsauren Alkalien zum Harten poröser steine, mörtel, cemente, des berapps der Leim (detrempe) materlien; zur Kieselmalerei (stereochromie), zum Zengdruck, ecc. Weimar, 1859.
- Laboulaye M.* — Dictionnaire des arts et manufactures, etc. Paris.
- La Marmora.* — Indication des roches du Piémont et de la Sardaigne, etc. Paris, 1832.
- Lattes O.* — Pietre, terre, vetri, ecc. ed il loro commercio. Roma, 1893.
- Laurent, Malaguti, Maignac, Salvetat.* — Leçons de ceramique. Paris.
- Lejeune.* — Guide du briquetier, du chauffournier et du plâtrier. Paris.
- Liebold B.* — Die neuen continirlichen Brennöfen zum Brennen von Ziegelsteinen, Thonnaren, etc. Berlin, 1876.
- Die Trockenanlagen für Ziegeleien. Leipzig, 1877.
- Lombardi.* — Collezione di materiali da costruzione. Brescia, 1881.
- Luard, Beedham C.* — Remarkson Caen and Aubigny stone etc. London, 1850.
- Mac-Donald's.* — 600-ton testing machine, Union-bridge Co. Transactions of the American Society of Civil Engineers, 1887.
- Maironi da Ponte G.* — Dizionario opeporico della provincia bergamasca e memoria sulla Geologia di questa provincia. Bergamo 1825.
- Malacarne.* — Note ed aggiunte sulla Storia naturale del Blumenbach. Milano, 1830.
- Matepeyre F.* — Nouveau manuel du briquetier. Paris, 1864.
- Maraschini.* — Osservazioni geognostiche sopra alcuni luoghi del Vicentino. Giornale di fisica di Parigi, 1820.
- Mariette.* — Traité pratique et raisonné de la construction en Egipte. Matériaux de construction Constructions civiles.
- Martens A.* — Festigkeitsprüfungsmachine für die Königliche mechanisch-technische Versuchsaustalt zu Charlottenburg, 1890.
- Mazzola F.* — Resistenza dei materiali. Enc. Arti ed industrie. Torino.
- Mendheim G.* — Brennöfen mit Gasfeuerung für Chamottewaaren, verblendziegel, terracotten, etc. Berlin, 1876.
- Menzel C. A.* — Die baumaterialien des Maurers. Halle, 1866.
- Mercadiér.* — Détermination des constantes et du coefficient d'élasticité. Mon. industriel belge, 1888.
- Modigliani e Pini.* — La segheria e le cave di Perdicary. Firenze, 1881.
- Moderni P.* — Il travertino di villa Glori, Roma, 1885.
- Molinari F.* — Laterizi, gesso, pozzolane, calci e cementi ad uso degli industriali, ingegneri, ecc. Milano, 1887.
- Murali, Hans v.* — Die Bausteine in Schweiz. Zurich, 1878.
- Neumann F.* — Die Ziegelfabrikation. Veimar, 1874.
- Novat I.* — Cours pratique de résistance des matériaux. Paris, 1900.
- Olsen's.* — Material — Prüfungsmachine. Iron, 1889.
- Oppmann.* — Nouvelles annales de la construction.
- Parchioni A.* — I materiali da costruzione. Appunti bibliografici. Ati del Coll. degli Ing. di Firenze, 1892.
- Le fornaci di Troghi e la fabbricazione meccanica dei laterizi. Firenze, 1890.
- Pagen.* — Précis de chimie industrielle. Paris, 1851.

- Pasley C. W.* — Strength of limes, cements, mortars, etc. London, 1838.
- Pellati N.* — I travertini della campagna romana. Roma, 1883.
- Pelouze e Frémy.* — Chimie industrielle.
- Perugia C.* — Relazione sulla cottura del materiale laterizio per le costruzioni rurali. Firenze, 1830.
- Pilla.* — Sui marmi del Gargano. Foggia, 1840.
- Pitacco L.* — Descrizione delle pietre e dei marmi naturali che si impiegano nelle costruzioni nella provincia di Udine. Udine, 1884.
- Ponsi C. e Masi F.* — Catalogo ragionato dei prodotti minerali italiani ad uso edilizio e decorativo spediti all'Esposizione internaz. di Vienna. — Roma, 1879.
- Quartapelle.* — Cenni sui marmi della provincia di Teramo, Napoli, 1872.
- Raddi A.* — Modo di sperimentare la porosità e quindi la bontà delle tegole all'uso di Marsiglia, 1891.
- Risultati sperimentali sulla resistenza di alcuni materiali da costruzione allo schiacciamento. Firenze, 1896.
- Ramdohr L.* — Die Gasfeuerung oder die rationelle construction industrielles Feuerungs-Anlagen. Halle, 1831.
- Raumer C.* — Construction, leistungsfähigkeit und reparatur der Ziegelmaschine. Weimar, 1868.
- Rey.* — Formules pour le calcul des pièces soumises à des efforts de flexion ou de torsion. Mémoires de la société des ingénieurs civils, 1890.
- Repetti E.* — Catalogo di pietre delle cave di marmi e di pietre della Toscana, 1835.
- Reulaux C.* — Der Hoffmann'sche Ringofen. Berlin, 1873.
- Rondelet.* — Trattato teorico pratico dell'arte di edificare. Mantova, 1831.
- Sacco.* — Geologia applicata al Piemonte. B. U. R. Comm. geol. Roma, 1887.
- Sacheri G.* — Risultati di esperimenti eseguiti sulla resistenza alla compressione di alcuni pilastri in muratura. Ingegneria civile e le arti ind. 1835.
- Apparechio di Ch. Manet per misurare direttamente gli allungamenti ed i raccorciamenti delle sbarre sottoposte a sforzi di tensione o compressione. id. 1878.
- Salmoiraghi.* — I materiali naturali da costruzione. Milano, 1891.
- Seffer.* — Marmi veronesi. Ingegneria civile, 1832.
- Schmidt O.* — Die Baumaterialien. Berlin, 1881.
- Selmi.* — Enciclopedia di chimica industriale.
- Stevenson D.* — On the building material of the U. S. A. Edimburgo, 1841.
- Sclesinger J.* — Der bau der Ziegelbrennöfen. Berlin, 1866.
- Schlickeysen K.* — Die maschinen-Ziegelei. Berlin, 1860.
- Scarzi G.* — Intorno alla fabbricazione dei mattoni. Bologna, 1847.
- Sganziin.* — Programme ou résumé des leçons d'un cours de constructions avec applications tirées spécialement de l'art de l'ingénieur de ponts et chaussées. Paris.
- Siemens F.* — Scaldamento con libero sviluppo della fiamma, ecc. Trad. di Ferrini, Milano, 1836.
- Shields I. E.* — Notes on engineering construction. New-York.
- Sritokossitch.* — Unification des méthodes d'essais de résistance des matériaux. Cronique industrielle, 1889. v. 12.
- Stampa A. e Donghi D.* — Marmo. Enc. Arti e Ind. Torino.
- Sturm, K. Ch. G.* — Minerologie der Baukunst. Giessen, 1800.
- Tetmayer L.* — Mittheilungen der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am eidg. Polytechnicum in Zürich. Methoden und resultate der Prüfung natürlicher und künstlicher Bausteine. Zürich, 1884.
- Thurston. R. H.* — Materials of Construction. New-York. The materials of Civil. Engineering. id.
- Trabucco.* — Collezione delle rocce della provincia di Piacenza. Piacenza, 1890.
- Unwin.* — The testing of materials of construction. London, 1883.
- Enregistreurs automatiques pour les essais de résistance. Bulletin de la Société d'encouragement, 1886.
- Vacchelli G.* — Sulle applicazioni delle costruzioni in calcestruzzo di getto ed in cemento armato. Annali Soc. Ing. di Roma, 1897.
- Le costruzioni in calcestruzzo ed in cemento armato. Hcepli, 1900.
- Waldegg E. H. V.* — Die kalk, ziegel und röhrenbrennerei. Leipzig, 1861.
- Wagner-Fischer.* — Nouveau traité de chimie industrielle. Paris, 1892.
- Ward H.* — Brickmaking. London.
- Wenck I.* — Die Lehre von den Baumaterialien. Leipzig, 1869.
- Vicat E.* — Die neuesten fortschritte in der Ziegel und cementfabrikation. Leipzig, 1863.
- Violet A.* — Les marbres et les machines à travailler le marbre à l'Exposition de 1878. Paris.
- Zoppetti V.* — L'arte mineraria. Milano, 1882.
- Disegni di forni, macchine ed apparecchi per la siderurgia, ecc. Milano.
- Zwick H.* — Die Natur der Ziegelthone und die Ziegel-Fabrikation der Gegenwart. Wien, 1878.

## II. I materiali cementizi.

- Aikin A.* — Illustration of arts and manufactures. London, 1841.
- Arenal F. G.* — Note sur le ciment naturel à prise rapide de Zuzmaya. Paris, 1889.
- Arlorio A.* — Cementi italiani. Milano, 1893.
- Bahls C.* — Ueber den Portland Cement. Hagen, 1873.
- Baldacci e Mazzetti.* — Sulla serie dei terreni nella regione solfifera di Sicilia, 1866.
- Becker W. A.* — Erfahrungen über den Portland Cement. Berlin, 1853.
- Beer.* On system monier. London, 1898.
- Berthault D.* — Théorie et pratique des mortiers et ciments Romains. Paris, 1833.
- Bignami-Sormani E.* — Sulla calce idraulica di Palazzolo. Milano, 1893.
- Biston et M.* — Manuel du Chauffournier. Paris.
- Böhner E. F. und Neumann.* — Kalk, Gips und Cement. Weimar, 1866.
- Boitel Ch.* — Les constructions en fer et ciment. Paris 1896.
- Bonnami H. C.* — Fabrication et contrôle des chaux hydrauliques et des ciments. Paris, 1888.
- Brennecke L.* — Der Grundbau (Handbuck der Baukunde). Berlin, 1887.
- Bucchia G.* — Intorno alla proposta di un nuovo uso della sabbia adoperata come materiale da costruzione. Ann. Soc. Ing. Roma an. VI.
- Burat A.* — Traité du gisement et de la recherche des minéraux utiles.
- Candlot E.* — Etude pratique sur le Ciment de Portland. Paris, 1886. — Ciments et chaux hydrauliques. Paris, 1897.
- Capacci C.* — Cave. Enc. Arti e Ind. Torino. Gesso id.
- Materiale e processi dell'industria mineraria e metallurgica. Roma, 1879.
- Capellini G.* — La formazione gessosa di Castellina marittima; la formazione gesso-solfifera della provincia di Pisa, ecc.
- Ciotto E.* — Studio chimico delle calci e dei cementi. Padova, 1890.
- Colombana.* — Sulle calci idrauliche e sui cementi. Roma, 1880.
- Daubresse P.* — De l'emploi des ciments portland dans les constructions. Louvain.
- De-Bosniasky S.* — La formazione gessosa ed il secondo piano mediterraneo in Italia.
- Des Cloizeaux.* — Monografia del gesso.
- Donaldson T. L.* — On lime, mortar, stucco and cement. London, 1840.
- Duquesnay.* — Industries chim: Calcaires, chaux, ciments, mortiers. Paris, 1883.
- Durand Claye.* — Chimie appliquée à l'art de l'Ingénieur. Paris, 1897.
- Faija H.* — On the manufacture and testing of Portland cement, 1893.
- Feichtinger G.* — Die chemische technologie des Mörtelmaterialien, 1885.
- Fuchs J. N.* — Ueber kalk und Mörtel. Leipzig, 1829.
- Girard de C.* — Notice sur les mortiers hydrauliques qu'on obtient avec les arènes ou sables fossiles argileux.
- Hassenfratz.* — Traité théorique et pratique de l'art de calciner, ecc. Paris, 1825.
- Heflinger.* — Gypsbrenner, Gypsgiesser und Gypsbäumeister.
- Iervis G.* — I tesori sotterranei d'Italia.
- John F. F.* — Ueber kalk und Mörtel in Allgemeinen, nebst Theorie des Mörtels. Berlin, 1819.
- Klose H.* — Der Portland-Cement und seine Fabrikation. Wiesbaden, 1873.
- Latour et Gassend.* — Travaux hydrauliques maritimes, 1861.
- Leclair I.* — Carrières à plâtre.
- Lepere G.* — Recueil des divers mémoires sur les pouzzolanes naturelles et artificielles. Paris.
- Linder R.* — Beton Eisenkonstruktion. System Hennebique. Basilea, 1897.
- Lipovits A.* — Die Portland-Cement Fabrikation. Berlin, 1868.
- Luigi L.* — Esperimenti sulle calci, cementi, ecc. nei lavori del porto di Genova. Roma, 1893.
- Magrier D.* — Manuel complet du chauffournier, platrier, carrier. Paris, 1864.
- Mahiels A.* — La Béton et son emploi. Liege, 1896.

- Mozzetti L.* — Sulla serie dei terreni nella regione solifera di Sicilia.
- Mazzocchi L.* — Calci e Cementi. Milano, 1895.
- Merceron Vicat.* — Chaux hydrauliques et ciments. Grenoble, 1885.
- Municipio di Milano.* — La fognatura di Milano, Milano, 1897.
- Orbach I.* — Tufstein, Trass und hydraulischer Mörtel. Koblenz, 1862.
- Pacchioni A.* — L'industria del cemento negli Stati Uniti, 1898.
- Parravicini G.* — Le applicazioni dei cementi idraulici alle costruzioni rurali.
- Piccinelli G.* — Sull'applicazione della calce di Palazzolo. Bergamo, 1885.
- Raucourt de Ch.* — Traité sur l'art. de faire de bons mortiers, etc. Petersbourg, 1822.
- Rehbein F.* — Ausgewählte Monier und Beton-Bauwerke. Berlin, 1894.
- Reid H.* — Portland Cement ist manufacture and uses. London, 1877.
- Roret.* — Encyclopédie. Chaufournier, plâtrier. carrier.
- Silvestri O.* — L'abbrica di calce idraulica in Giardin' (Sicilia). Messina, 1883.
- Sobrero.* — Manuale di chimica applicata alle arti.
- Stegmann.* — Kalk, Gips und Cement Fabrikation. Zürich, 1879.
- Vicat L. F.* — Recherches expérimentales pour les chaux de construction, les béton et les mortiers ordinaires. Paris, 1818.
- Traité pratique et théorique de la composition des mortiers, ciments et gangues à pouzzolanes. Paris. 1856.
- Violette H.* — Mémoire sur la cuisson du plâtre par la vapeur d'eau surchauffée.
- Vivien A.* — Des chaux et mortiers, 1893.
- Weber.* — Die Kunst des Bildformers und Gypsgiesser.
- Wolfer M.* — Die Kalk und Gipsbrennerei in ihren ganzen umfänge. Ilmenau, 1827.
- Zwick.* — Hydraulischer Kalk und Portland Cement, 1879.

## III. I legnami.

- Bersch.* — Die Werwertung des Holzes auf chemische Wege. Leipzig, 1883.
- Boulton S. B.* — The preservation of timber by the use of anti-septics, New-York.
- Bouquet de la Grye.* — Les bois indigènes et étrangers. Paris, 1835.
- Bruand.* — Sur le débit et les emplois du châtaignier, des érables, du tréne et des ormes, Paris, 1878.
- Chevandier, Wertheim.* — Die mechanische eigenschaften der Hölzer, Vienna, 1871.
- Croizette Desnoyers.* — Notice sur le débit et les emplois des principales espèces de pins. Paris, 1878.
- Elsner.* — Chemisch-technischen Mittheilungen. 1853.
- Eaner.* — Die mechanische Eigenschaften der Hölzer. Vienna, 1871.
- Gallot et Gast.* — Notice sur le débit et les emplois du sapin, de l'épicéa et du mélèze. Paris, 1878.
- Gast* — Notice sur le débit et les emplois du chêne rouvre et du chêne pedunculé. Paris, 1878.
- id. du charme. Paris, 1878.
- Goujon de la Somme.* — Manuale ad uso degli agenti dei boschi e della marina. Milano, 1807.
- Guernieri.* — Manuale per il commerciante dei legnami. Trieste, 1862.
- Cubazione dei legnami squadri e rotondi. Trieste, 1862.
- G. L. Hartig.* — Erfahrungen über die Dauer des Holzes.
- Laboulaye.* — Dictionnaire des Arts et Manufactures. Paris, 1868.
- Lange W.* — Das Holz als Baumaterial, 1879.
- Lecamus de Mezières.* — Traité de la force des bois, 1782.
- Mayer A.* — Die Chemische Technologie des Holzes als baumaterial, 1872.
- Nordlinger.* — Die technischen Eigenstherften der Hölzer. Stuttgart, 1860.
- Payn.* — Memoire sur la conservation des bois. Paris, 1857.
- Rivet.* — Notice sur le débit et les emplois de l'alisier, lu cerisier-merisier, du cornouillier, etc, Paris 1878.
- Sacchi A.* — Del metallo e del legno nelle costruzioni. Milano, 1881.
- Savi.* — Sull' abete.
- Selmi.* — Enciclopedia di chimica scientifica e industriale. Torino, 1873.
- Schultze.* — Die Forstbenutzung, 1852.
- Sobrero A.* — Manuale di chimica applicata alle arti. Torino, 1867.
- Susani.* — Sull'iniezione dei legnami, Torino, 1860.

- Wagner-Fischer.* — Nouveau traité de chimie industrielle. Paris, 1892.
- Walther.* — Hanbuck der Forst-technologie. Giessen, 1892.
- Wertheim.* — Mechanischen Eigenschaften des Holzes. Wien, 1871.

## IV. I bitumi, i metalli ed i vetri.

1. II. — Application du procédé Bessmer basique à la metalurgie du plomb.
- A. von Groddeck.* — Die lehre von den Lagerstätten der Erze.
- Aichino G.* — Rame. Encicl. Arti e Industria, Torino.
- Piombo. Id.
- Zinco. Id.
- Anfosso C.* — Vetro, Encicl. Arti e Industria. Torino.
- Auspratt-Stohmann.* — Manuel encyclop. de chimie technique.
- Azerio.* — Industria mineraria in Italia (Petroli e bitumi). Milano, 1873.
- Balling.* — Die Metallhüttenkunde. Berlin, 1885.
- Emanuel de l'art de l'essayeur. Paris, 1881.
- Bartlett F. L.* — On the treatment of complex zinc ores. New-York, 1889.
- Bassi.* — L'arte di ferrare i cavalli.
- Beco I.* — De l'état actuel des industries du zinc et du cuivre aux Etats Unis A. Liège, 1877.
- Bellom M.* — Etat actuel de la préparation mécanique des minerais dans la Saxe. le Hartz et la Prusse Rhénane Annales des mines, 1891.
- Bolley et Kopp.* — Traité des matières colorantes artificielles dérivées du goudron de houille. Paris, 1874.
- Bocquet.* — Nouvelle méthode de filetage à 2, 4 et 6 roues. Paris.
- Bontemps.* — Guide du verrier.
- Borquet G.* — L'industrie du zinc dans le pays de Galles (Revue des mines).
- Burat A.* — Traité du gisement et de la recherche des minéraux utiles.
- Capacci C.* — Materiali e processi dell'industria mineraria e metallurgica. Roma, 1879.
- Cady I.* — Traité pratique du filetage. Paris, 1885.
- Classen A.* — Quantitative chem. analyse durch electrolyse.
- Colombo.* — L'Industriale.
- Contamin.* — Coefficient de résistance des fers et aciers.
- D'Achiardi A.* — I metalli, loro minerali e miniere.
- Dannner O.* — Handbuch der chemischen Technologie. Struttgart, 1895.
- De Castro C.* — La zona argentifera del Sarrabus, Sardegna.
- Da Lavunay et Fuchs.* — Traité des gites minéraux et métallifères
- Deville.* — Histoire de l'art de la verrerie.
- Dumas.* — Traité de chimie appliquée aux arts. Paris, 1833.
- Elia.* — Le industrie, le privative industriali, l'agricoltura, il commercio.
- Emmons.* — Geology and mining industry of Leadville (Colorado), with a metallurgical supplement by A. Guyard.
- Fadda S.* — Tubi bollitori, tubi in rame. (Costruzioni ed esercizio delle Strade Ferrate).
- Ferraris E.* — La Laveria di Monteponi, Ann. Società Ing. ed Arch. it. Roma.
- Friguier L.* — Merveilles de l'industrie; industrie de l'asphalte et du bitume.
- Fontaine H.* — Electrolyse: le cuivrage, la galvanoplastique, etc.
- Gautier A.* — Le cuivre et le plomb dans l'alimentation et l'industrie au point de vue de l'hygiène.
- Gérard E.* — Leçons sur l'électricité. Liege.
- Giacoma I.* — Notizie storiche geologiche e pratiehe sull'asfalto Torino, 1856.
- Giornale di Artiglieria e Genio.* Roma, 1878.
- Glass fabrication.* Brunswick, Berraht, 1875.
- Goffin I.* — Note sur un nouveau procédé de fabrication des fils métalliques (Revue des mines).
- Gruner L.* — Mémoire sur l'état actuel de la métallurgie du plomb (Annales des mines).
- Guettier A.* — Guide pratique des alliages métalliques. Paris. 1865.
- Gugnon.* — Verre à vitres
- Hervé.* — Manuel complet des alliages métalliques. Paris, 1839.
- Hohenstein A.* — Die Theer-fabrikation. Vien 1857.
- Howe H. M.* — Copper smelting (Bulletin of the United States Geological Survey).
- Kerl B.* — Grundriss der metallhüttenkunde.

- Knab L.* — Traité de métallurgie des métaux autres que le fer.  
*Knapp.* — Eléments de chimie technologique.  
*Laboulaye.* — Dictionnaire des arts et des manufactures.  
 Guide du verrier.  
*Laur.* — Les calamines. (Bulletin Soc. Ind. minerales).  
*Leproux.* — Note sur les principaux gisement minéraux de la région du Caucase (Annales des Mines).  
*Lessing.* — L'industrie artistique à l'Exposition de Vienne.  
*Lotti B.* Descrizione geologica mineraria di Massa Marittima in Toscana.  
*Lunge G. et Naville.* — Traité de la fabrication de la soude, acide sulfurique.  
*Mahler.* — Notice sur le grillage de la blende (Annales des mines).  
*Malb L.* — Guide pratique pour la fabrication de l'asphalte et des bitumes, Paris.  
*Marre.* — Exécution pratique des vis à filet triangulaire, 1893.  
*Mazzola F.* — Viti. Encicl. Arti e industrie, Torino.  
*Mazzuoli L.* — Sull' officina di Pertusola, 1885.  
*Ministero di A. I. e C.* — Relazione sul servizio minerario (1878), Roma  
*Mohr I.* — Traité d'analyse chimique par la methode des liqueurs titrées.  
*Morbelli C.* — Bitume, asfalto, catrame. Enc. Arti e Ind. Torino.  
*Munroe.* — La richesse minérale du Japon (Rev. des mines).  
*Parone S.* — Bronzo. Enciclop. Arti e Industrie, Torino.  
*Pelilot.* — Le verre. Masson.  
*Percy I.* — Metallurgy of lead.  
*Phillips I. A.* — Copper smelting.  
*Poret.* — Manuel de la fabrication du verre, etc  
*Prechtl's.* — Enciclopädié technologische.  
*Reuleaux F.* — Le Constructeur: Boulons et assemblages à boulons.  
*Righetti E.* L'asfalto. Fabbricazione-applicazione. Hoepli, Milano, 1894.  
*Roberts-Austen W. C.* — The effects of alloy the on mechanical and physical properties of metals, Iron.  
*Rothwell R. P.* — The mineral industry etc. in the United States.  
*Rosset G.* Esperienze meccaniche sui metalli da bocche da fuoco. Torino, 1874.  
*Sauvage E.* — Mémoire sur l'unification des filetages (Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale).  
*Schneider A.* — La miniera cuprifera di Montecatini (Rivista miner), 1889.  
*Sella L.* — Relazione sull'industria mineraria di Sardegna.  
*Selmi F.* — Enciclopedia di chimica.  
*Shurr.* — Pratique de la fabrication du verre creux Berlin, 1877.  
*Siemens.* — Fours régénérateurs.  
*Sobrero A.* — Manuale di chimica applicata alle arti.  
*Sommariva A.* — Stabilimento metallurgico di Valle Imperina.  
*Steinmann.* — Compendium der Gasfeurang. Freiberg, 1876.  
*Stickney.* — The Bessemerizing of Copper matte (The mineral industries etc).  
*Traverso S.* — Geologia e giacimenti argentiferi del Sarrabus (Sardegna).  
*Technologiste (Le).* — Paris.  
*Toso P.* — Miniera di Valle Imperina.  
*Weiss. P.* — Notes sur la metallurgie du cuivre en Russie (Annales des Mines).  
 — Le cuivre: origine, gisement, propriétés, etc.  
*Zoppi G.* — L'Iglesiente (Sardegna) geologico-minerario (Carta geologica d'Italia).

# LA COSTRUZIONE DEI MURI

---

## LE GENERALITÀ.

Per *muri* si intendono gli ammassi di pietre o di mattoni o di altri materiali, aventi forma stabilmente determinata, nei quali i materiali sono disposti secondo norme speciali e collegati da malte o da cementi, che li avviluppano e li tengono saldamente uniti.

Stando alla loro destinazione i muri si distinguono in *muri di fondazione*, quelli costituenti le strutture fondamentali di un edificio; *muri di sotterraneo*, quelli che individuano il piano o i piani situati sotto il piano terreno; *muri di cinta* e *muri d'ambito*, quelli che rispettivamente circuiscono uno spazio determinato o limitano la superficie fabbricata, costituendo in pari tempo i muri esterni della fabbrica; *muri maestri*, *muri divisori* o *secondari* e *muretti*, quelli interni di una fabbrica in ordine del loro spessore e della loro importanza; *muri di sostegno*, quelli che si impiegano per resistere alla spinta dei terrapieni; *muri di incamiciata* o *di rivestimento*, quelli per proteggere le terre dalle azioni distruttrici dell'aria e dell'acqua, ecc.

Per riguardo alla natura dei materiali che li compongono ed al loro collegamento, i muri si dividono in *muri di pietra*, quelli composti con pietre naturali, i quali secondo la forma e le dimensioni delle pietre si distinguono in *muri di ciottoli* o *di pietrame informe*, *muri di pietre grossolanamente lavorate* e *muri di pietra concia* o *da taglio*; *muri alla rinfusa* o *di pietre artificiali*, quelli costruiti

con calcestruzzo di getto o con blocchi di cemento; *muri di laterizi* o *muri di cotto* quelli di mattoni, *muri di terra* o *formacei*, quelli costruiti con argilla pilonata e mista con ghiaia o con paglia e *muri misti*, quelli nei quali le strutture si alternano nel senso del loro spessore o nel senso della loro altezza o lunghezza.

Tutti i muri sono a pareti verticali ovvero inclinate; raramente quest'ultimi si impiegano nella composizione degli edifici, mentre riescono convenienti per resistere alle spinte laterali, epperò quasi sempre nel sostegno per le terre e per le acque; i primi sono comuni nella struttura delle fabbriche ed il loro spessore è variabile secondo la loro destinazione, diminuendo generalmente dai muri di fondazione a quelli d'ambito, e da questi ai muri maestri, ai muri divisori o secondari ed ai tramezzi; varia lo spessore anche secondo l'altezza della fabbrica e nella medesima fabbrica per ogni piano della medesima, in maniera che, al passaggio di un piano all'altro od a quello di ogni due piani, si ha una rientranza orizzontale nello spessore del muro, che si chiama *risega*.

Le murature, in cui i materiali sono collegati da malte o da cementi, si eseguono convenientemente nelle stagioni medie, poichè tanto i geli dell'inverno, che i forti calori dell'estate riescono nocivi alla consolidazione completa delle malte. Quando l'urgenza lo vuole, si rimedia in parte a questi inconvenienti, usando l'avvertenza di coprire, durante la stagione invernale, con stuoie o con paglia, le murature fre-

sche nelle ore della notte in cui è più facile aversi il gelo e di bagnare nella stagione estiva le pietre e gli altri materiali prima di porli in opera, perchè non assorbano l'acqua necessaria alle malte per consolidarsi.

Le pietre e gli altri materiali si dispongono secondo strati o filari orizzontali quasi sempre della medesima altezza; si dicono *letti* i piani di posa dei filari sui quali si stendono le malte e *commessure* o *giunti* le faccie verticali che separano i materiali fra loro. Si ha cura nella costruzione dei muri che i piani di giunto mai si corrispondano in due filari consecutivi, se si vogliono i materiali bene addentellati e congiunti fra loro.

Le pietre si dispongono bene avviluppate di malta con la loro faccia più ampia orizzontale e con una delle faccie a squadra più piane e più regolari nel senso della parete del muro, ed ove le pietre non riescono regolari, è necessario inzepparle con pietre più piccole e con scaglie per meglio intrecciarle e porle più a contatto fra loro.

D'ordinario si fa procedere la costruzione con altezza uniforme per tutta la lunghezza del muro, e quando, per la grande estensione di questo o per ostacoli o difficoltà di altro genere, non riesca possibile far progredire il lavoro per tutta l'estensione,

si può procedere nella costruzione ad intervalli, purchè alla fine di ognuno di questi si faccia terminare la muratura con pezzi salienti ed altri rientranti o come si suol dire con *immorsature* o *addentellati*. Sopraelevando i muri, si dovrà dar tempo alle malte cementanti i materiali dei filari inferiori di consolidarsi, prima di sovrapporre ulteriori strati o filari di muratura, perchè gli strati inferiori risultino sufficientemente resistenti alla pressione dovuta al peso delle murature da sopraelevare.

Per la esatta ed accurata esecuzione delle murature, oltre alla provvista di buoni materiali, sono necessari alcuni mezzi che servono anche a rendere spedito il lavoro dei manovali addetti alla costruzione. Speciali apparecchi servono a trasportare orizzontalmente i materiali dal loro deposito al piede dell'opera ed altri ad innalzarli verticalmente per le murature di sopraelevazione fino al piede dell'operaio; di comodi utensili fanno uso i muratori per il posamento e la sistemazione dei materiali; speciali ponti di servizio infine occorrono per stabilire o far pervenire, alle diverse altezze della fabbrica, gli apparecchi di trasporto o di sollevamento e per intrattenervi comodamente i lavoranti, che manualmente attendono all'esecuzione dell'opera.

## CAPITOLO I.

### I MURI DI PIETRA

#### § 1.

##### I MURI DI CIOTTOLI ED I MURI GREGGI O DI PIETRAME INFORME.

I ciottoli sono le pietre che meno si prestano per la struttura dei muri a cagione della loro superficie ovoidica e liscia e perchè raramente essi presentano una faccia pianeggiante con la quale possono trovare un conveniente e facile assestamento. Non mancano però esempi di muri solidissimi siffattamente costruiti; spesso se ne riscontrano tra gli avanzi delle antiche costruzioni, che hanno sfidato le intemperie di molti secoli; ma la loro durata e la resistenza si devono senza dubbio all'impiego di buone malte di calce.

In questo genere di strutture murali è generalmente difficile poter precisare la sistemazione più conveniente dei ciottoli, tanto più che la solidità di queste costruzioni dipende, più che dall'assestamento dei materiali, dalla loro adesione con le malte; i ciottoli, come le pietre informi, si dispongono con la massima dimensione situata nel senso dello spessore del muro, con i piani di giunto alternati, e la muratura si fa procedere per strati o filari di m. 0,7 a m. 1,20 di altezza, che si spianano orizzontalmente, avendo cura di collocare i ciottoli più grossi lungo le pareti esterne del muro e di riempire ed inzeppare con ciottoli più minuti o con scaglie, ricavate dai medesimi, e con malta tutti gli spazi intermedi, perchè i materiali più grossi riescano bene legati e compatti e non rimangano interstizi vuoti, nè ripieni

di sola malta, nè di materiali a secco; compiuto e spianato un filare, se ne eleva un secondo e così di seguito fino al compimento del muro.

Sovente si procura una faccia piana ai ciottoli, quando questi sono di grandi dimensioni, spezzandoli nel mezzo; allora si collocano con la loro nuova faccia pianeggiante situata sulla fronte del muro; in ogni caso è buona regola collocare di tanto in tanto, ove riesca possibile, delle pietre detti *legamenti* o *chiavi* (fig. 507)

che per le loro dimensioni si prestino per essere collocate attraverso tutto lo spessore del muro, onde collegarne solidamente le strutture frontali.

Norme identiche si seguono nella costruzione

dei *muri con sassi* o *pietre informi*, molto usata presso di noi perchè economica, impiegando materiali calcarei, arenaree o tufi vulcanici. Nella loro costruzione, che procede per filari, alti m. 0,7 a m. 1,5. i quali si spianano orizzontalmente, le pietre sono disposte con la loro faccia più ampia situata secondo i letti degli strati e la loro massima lunghezza nel senso dello spessore del muro ed in maniera che quelle poste verso una parte abbiano i giunti corri-

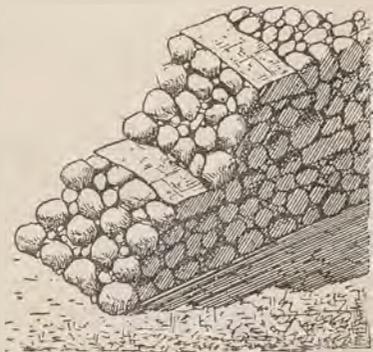


Fig. 507.

spondenti colle mezzar'e delle pietre collocate verso la fronte opposta del muro e colle pietre collocate nello strato inferiore, di modo che la struttura murale riesca dalle medesime pietre ben collegata (fig. 508).

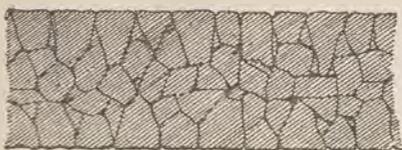


Fig. 508.

Ordinariamente il bravo muratore, prima di procedere alla costruzione del muro, divide le pietre, provviste al suo piede, in diversi mucchi, quelle piatte e lunghe da quelle piatte e corte, quelle informi grosse dalle piccole e queste dalle scheggie, acciocchè più spedita proceda la loro scelta e più esatto il loro assestamento.

Naturalmente, a seconda del volume delle pietre di cui si dispone, è necessario procedere con assestamenti diversi. Così se le pietre sono in massima

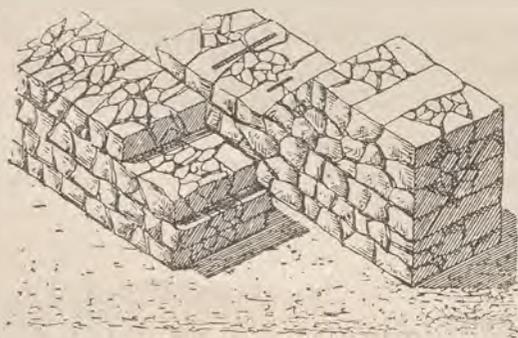


Fig. 509-510.

parte di piccolo volume, l'assestamento più conveniente è quello indicato dalla fig. 509, dove le pietre meno piccole sono disposte sulle fronti. Qualora si hanno pietre piccole miste a qualche sasso piatto e lungo si rende più solida la struttura ricorrendo all'assestamento segnato nella fig. 510, dove i pezzi più regolari e lunghi si dispongono secondo lo spessore del muro per costituirne i legamenti, e qualora non tutti arrivino ad abbracciare l'intero spessore, si collegano a due a due con grappe di ferro. Se è grande il numero dei pezzi voluminosi e piuttosto regolari a confronto dei pezzi piccoli, si segue la disposizione della fig. 3 tav. XXXIX, facendo terminare, cioè, ciascun filare di muratura con un filare di pietre più regolari e più grosse, che si fanno succedere a distanza verticale di m. 0,8 a m. 2. Lungo i canti del muro e lungo i piedritti dei vani in esso praticati, l'assestamento del pietrame deve essere più

accurato che non nelle fronti, laonde, qualora non si disponga di pietre a spigoli vivi, occorrerà lavorarne almeno grossolanamente alcune di esse per costituirne le pietre di angolo, e qualora le pietre sono molto piccole o mal si prestano alla lavorazione, si ricorre alla pratica di formare i canti con mattoni a guisa di pilastri con spigoli vivi, che si addentellano alle

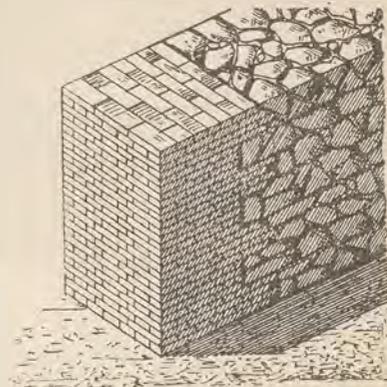


Fig. 511.

murature di sassi nella guisa della figura 511, ovvero, se si vuole un lavoro di aspetto più regolare, nella maniera della figura 512, nella quale il collegamento ha luogo con addentellatura nascosta dentro lo spessore della muraglia. E qualora manchino anche le pietre adatte per fare i legamenti nei filari, come può darsi, si può supplire, legando le masse murali con mattoni disposti a strati orizzontali di vario spessore, con cui si fa terminare ciascun filare di muratura come viene indicato dalla figura 4 a tav. XXXIX.

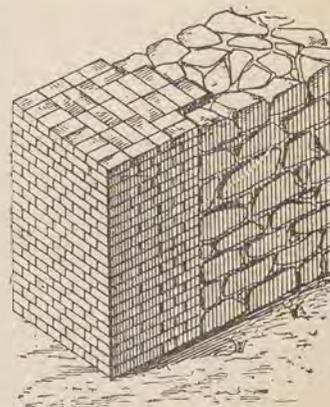


Fig. 512.

Oltre alle norme suaccennate, dovrà sempre ricordarsi ai muratori di bagnare la superficie di posa di ciascun filare, prima di deporvi il letto di malta, e ciò quando le malte del filare inferiore si sono notevolmente disseccate, di battere bene i sassi nel loro posamento, dopo averli bene inzeppati nella coda, e di non inzepparli affatto sulla fronte, se sono destinati a rimanere in vista ed infine di bagnare spesso ed abbondantemente tutta la muratura, specialmente nella stagione estiva. I muri di pietre informi si eseguono anche assestando le pietre senza malta (*muri a secco*); questi muri hanno una vasta applicazione nelle costruzioni rustiche, in regioni montuose, dove non fanno difetto le pietre grosse e piuttosto rego-

lari o stratificate. Convengono ancora per la costruzione di muri di sostegno per le terre, perchè favoriscono lo smaltimento delle acque di cui le terre, si impregnano; il loro spessore è sempre forte, mai minore di  $\frac{1}{5}$  dell'altezza, e qualora devono avere grandi altezze conviene costruirli a scarpa, cioè con

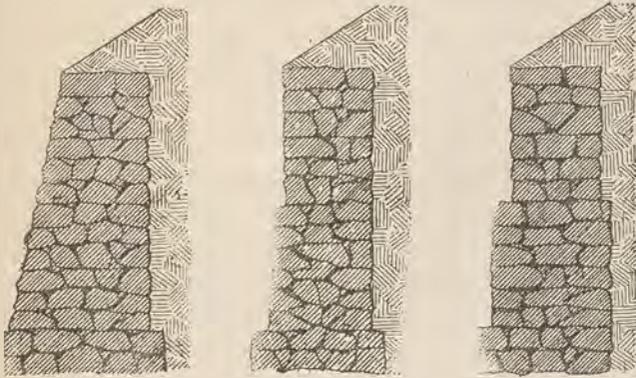


Fig. 513.

la parete esterna inclinata, ovvero a riseghe situate su una o su entrambe le fronti (figura 513).

I sassi da impiegarsi devono essere voluminosi ed assai resistenti all'azione dell'umidità e del gelo, vanno assestati sempre in chiave e con molta cura, posandoli fermamente sui loro letti e serrandoli strettamente fra di loro per mezzo di scheggie. Va prescritto l'uso della terra, come qualcuno vorrebbe insinuare fra le pietre per il migliore loro assestamento, poichè la terra favorendo i vegetali è spesso la causa del loro sollecito disfacimento.

## § 2.

### I MURI DI PIETRE GROSSOLANAMENTE LAVORATO.

I muri di pietrame disgrossato ricevono nelle costruzioni edilizie una più estesa applicazione. Le pietre

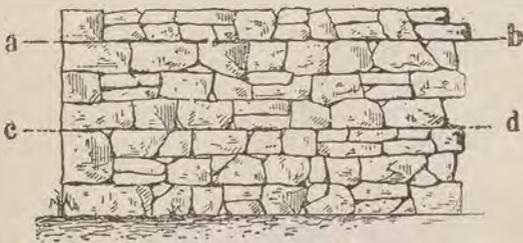


Fig. 514.

più adatte sono quelle che provengono dalle cave a strati, di maniera che presentino due faccie ampie, pianeggianti e pressochè parallele. Il martello del muratore riesce allora sufficiente ad abbozzare una

o due altre faccie a squadro, delle quali una è destinata a rimanere in vista; ed il loro assestamento regolato con le

norme avanti prescritte riesce migliore di quello delle pietre informi. Le pietre più voluminose si fanno corrispondere agli spigoli salienti della muraglia, le commessure verticali si alternano e ciascun filare, composto di 3 a 4 strati di pietre, si fa terminare secondo un piano orizzontale (a

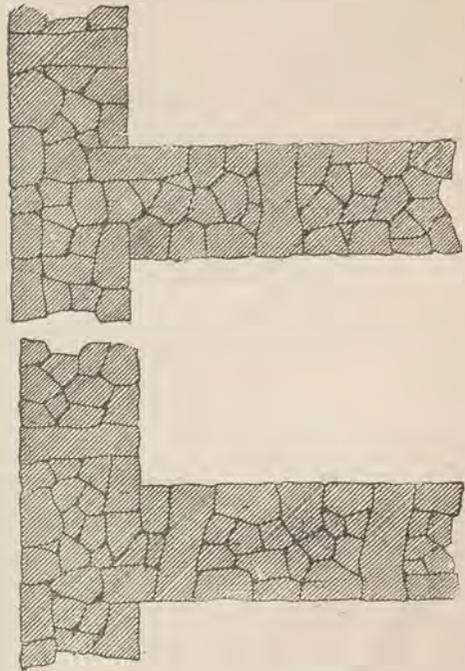


Fig. 515.

b, c d, figura 514), che serve di letto al filare consecutivo.

Le pietre dei legamenti si dispongono a distanza orizzontale di m. 1,5 a 2,5 ed in maniera alternativa per ogni filare, come è indicato nella fig. 515, nella quale si ha la proiezione orizzontale di due filari consecutivi; così alternativamente in chiave ed in grossezza per rispetto alla fronte

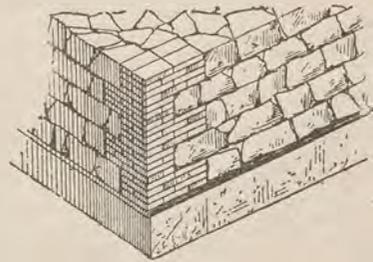


Fig. 516.

del muro si dispongono le pietre d'angolo nei canti del muro, in maniera da costituire quivi un solido e robusto addentellato.

Le muraglie di pietre grossolana mente lavorate, se costruite da muratori abili e murate con buona malta riescono molto solide ed economiche, quasi quanto i muri di sassi informi. Le pietre che più convengono sono le pietre calcari stratificate, le arenaree, le puddinghe ed i tufi vulcanici, che per la loro facile lavorazione sono un materiale eccellente per durata e resistenza, specialmente se sono murati con

malta di pozzolana. L'*opus incertum* dei Romani (figura 516-517), di cui si hanno avanzi notevoli nelle rovine del Lazio, non era che un siffatto modo di

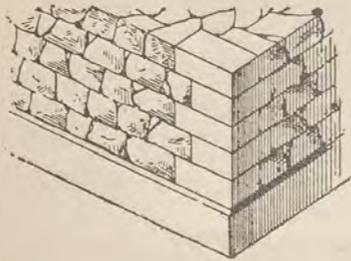


Fig. 517.

costruire le mura-  
glie; la solidità e la  
durata di queste mu-  
rature sono dovute

unicamente alla ab-  
bondante quantità  
ed alla buona qua-  
lità delle malte im-  
piegate. Così dicasi  
anche dell'*opus reti-  
culatum* (fig. 518).

eseguito con prismi di tufo di 8 a 10 cm. di lato, per 15 a 18 di lunghezza, che si disponevano in diagonale per individuare e decorare le pareti delle murature; le catene di conci o di mattoni agli an-  
goli delle medesime ed i filari di mattoni intercalati ad altezze variabili rendevano più regolare e di bello aspetto tali murature e ne corroboravano la solidità.

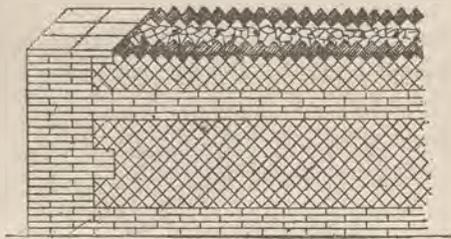


Fig. 518.

### § 3.

#### I MURI DI PIETRA CONCIA ED I MURI DI PIETRA DA TAGLIO.

I *muri di pietra concia* nelle costruzioni andanti si costruiscono impiegando conci di pietra di uguali dimensioni, della forma di un parallelepipedo rettangolo, che si saldano e si rilegano fra loro con malta di calce, che si distende nei piani di giunto e nel piano di posa con uno spessore di 5 a 12 mm. Conseguentemente le pietre in queste strutture murali devono essere lavorate a faccie piane perchè, disposte a filari, possano convenientemente trovarsi a contatto fra di loro; non è necessario però che la lavorazione delle faccie sia condotta a perfezione, poichè le malte impiegate come cementanti hanno anche l'ufficio di occupar le piccole irregolarità delle faccie ed allorchè sono indurite di ripartire le pressioni sopra tutta la superficie di posa.

Nelle murature, che più propriamente diconsi *muri in pietre da taglio*, al contrario, i piani di posa e

di giunto si spalmano con uno strato sottilissimo di malta (2 a 6 mm.) composta con sabbia fine o non si fa uso affatto di malta; il collegamento delle pietre e la loro stabilità risiede interamente nel loro peso e nella precisione della condotta delle faccie, secondo cui le pietre si trovano a contatto, e quindi nel perfetto combaciamento di tutte le commessure. Di questi muramenti oggidi si fanno rare applicazioni per il loro costo elevato; soltanto ragioni di monumentalità e di estetica, anche nei luoghi dove si possa disporre di abbondante pietra adatta alla lavorazione di squadratura e di sagomatura, potranno indurre il costruttore a preferirli ovvero quando ragioni statiche lo impongano, come avviene nella costruzione delle pilastrate ed in generale nella costruzione dei muri aventi una base piccola rispetto alla loro altezza e sottoposti ad ingenti pressioni.

I muri di pietra concia riescono più comuni, perchè i conci esigono una lavorazione più grossolana e si presentano convenienti quando le pareti sono destinate ad essere ricoperte di intonaco.

Le malte che si impiegano in questi muramenti devono essere di ottima qualità, comunque composte con malta grassa, idraulica o cemento e sabbia o pozzolana, devono essere vagliate al crivello ed impastate con acqua piuttosto sovrabbondante, specialmente quando si abbiano a murare pietre porose che assorbono molta acqua.

Le pietre si collocano sul letto di malta, si comprimono e vi si battono per ob-

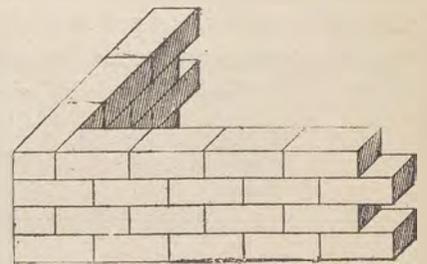


Fig. 519

bligare la malta ad occupare le irregolarità delle faccie ed assegnare alle pietre una stabile posizione; quindi dopo aver fatto colare la malta fra i giunti verticali si murano all'esterno tutte le commessure, conguagliandole con malta.

I conci si preparano con le faccie maggiori corrispondenti al verso della stratificazione della roccia dalla quale provengono e nella costruzione dei muri si dispongono con queste faccie orizzontali per essere più resistenti al peso che loro gravita sopra.

Dipendentemente dallo spessore del muro e dalle dimensioni delle pietre che, per questo genere di mu-

rature, si sogliono fare di un solo modello, si hanno assestamenti vari dei conci. Per la loro migliore connessione è necessario che i piani di posa siano orizzontali, che i giunti non si corrispondano verticalmente fra due filari consecutivi e che i medesimi non stiano molto vicini agli angoli del muro. Nella figura 519 è indicato l'assestamento più semplice quando le pietre hanno uno spessore eguale allo spessore del muro e la lunghezza tra 2 a 4 volte la larghezza. Le pietre vi sono disposte in grossezza ed in ogni filare i giunti corrispondono sul mezzo delle pietre

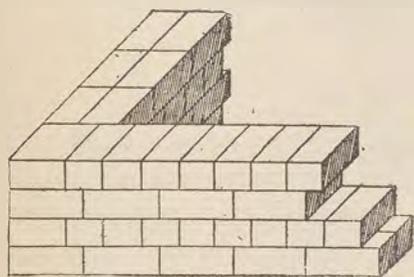


Fig. 520.

del filare inferiore e superiore. Questa maniera di disporre le pietre è simile a quella dell'apparecchio *isodomo* dei Greci e dei Romani, indicato tuttavia per la costruzione dei muri in pietra

da taglio. Agli angoli salienti del muro non sono necessari pezzi speciali per il collegamento dei filari, come facilmente si comprende dalla figura.

Allorquando la lunghezza delle pietre è eguale allo spessore del muro e la larghezza è metà della loro lunghezza o della larghezza del muro e le pietre sono di unico modello, si adotta convenientemente l'assestamento segnato nella fig. 520, dove le pietre sono situate in chiave in un filare ed appaiate in grossezza nel filare contiguo. Per le murature che si incontrano ad angolo retto sono necessari dei pezzi di angolo speciali, che si mettono alternativamente in chiave e in grossezza per rispetto una di esse aventi, come risulta chiaro dalla figura, la larghezza, ampia una volta e mezza quella delle pietre normali. Una variante di questo assestamento si può considerare l'altra in cui le pietre situate in chiave e le altre appaiate in grossezza si alternano nel medesimo filare (fig. 521).

Anche nei monumenti della più remota antichità

greca e romana troviamo frammenti in muratura in pietra conca eseguiti secondo il principio dell'*opera incerta* o *poligonale*. Come si rileva dalla fig. 522 l'arte di costruire i muri siffatti si riduce a spianare, la faccia poligonale delle pietre destinate a rimanere



Fig. 522.

in vista ed a digrossare le faccie secondo cui queste pietre devono combaciare con le altre contigue. Su tali muramenti, convenienti oggidi solo per strutture di fondazione e di piani sotterranei, si procede come per le muraglie in pietrame, costruendo cioè prima

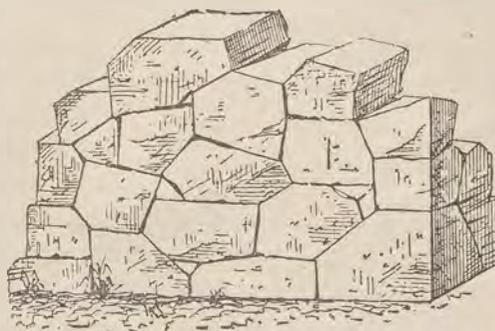


Fig. 523.

il paramento, inzeppandone con scaglie i conci verso la coda e procedendo quindi al compimento della struttura interna con pietre, scaglie e malta. Presso i Greci che non usarono malta per la connessione dei

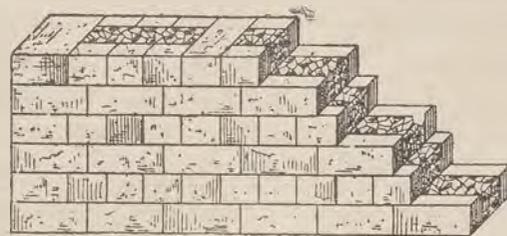


Fig. 524.

conci tale assestamento si fece più serrato, coi piani di giunto combacianti perfettamente (fig. 523), di maniera che le connesure nella parete del muro si palesano come una rete di poligoni irregolari.

Gli assestamenti anzi descritti pei muri in pietra

concia valgono anche per i muri in pietra da taglio, allora quando con la lunghezza o con la larghezza delle pietre si può coprire lo spessore del muro. Quando il muro da costruire è più grosso della massima dimensione delle pietre, non riuscendo possibile, se queste sono di unico modello, disporle in chiave come legamenti, si usa costruire un rivestimento di pietra da taglio sopra una fronte del muro, completando la muratura con una struttura di mattoni o di pietrame informe. Questo partito è quello che comunemente si adotta per la costruzione di opere monumentali ed idrauliche; le pile dei ponti più rimarchevoli, le muraglie lungo il Tevere in Roma, il monumentale palazzo di Giustizia in Roma sono esempi

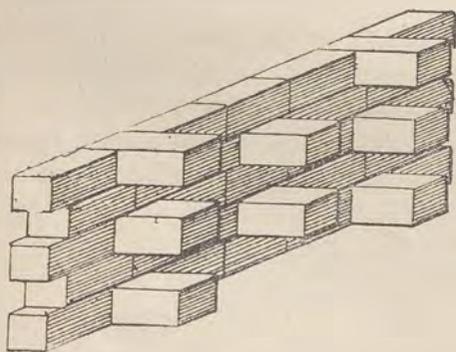


Fig. 525.

notevoli di siffatte costruzioni. Se la muratura di conci riveste entrambe le pareti del muro (fig. 524), il nucleo interno può essere costituito di muratura di pietrame alla rinfusa o semplicemente di calcestruzzo. Senza dubbio però le murature, che più convenientemente si accoppiano col rivestimento di pietra da taglio, sono quelle che meno si restringono nel disseccarsi, epperò quelle che contengono un minor volume di malta, e queste non possono essere che quelle costituite di laterizi o di pietre voluminose, piatte o grossolanamente lavorate.

Con le altre murature formate con pietrame greggio ed alla rinfusa, coi ciottoli e con calcestruzzo, avendosi un numero stragrande di commessure, col disseccarsi delle malte il restringimento è più sensibile e le due strutture tendono a separarsi con grave danno della stabilità del muro. In ogni caso tali strutture miste si consolidano con alcune pietre disposte in chiave, come legamenti, e riescono tanto più solide quanto maggiore è il numero dei legamenti. Conseguentemente la struttura più solida è quella in cui si ha una pietra disposta in grossezza ed una in chiave, alternativamente, in ciascun filare (fig. 1, tav. XL), però questo assetamento riesce molto costoso. Più conveniente si presenta invece, per il minor costo e per sufficiente solidità, quella in cui si ha una pie-

tra disposta in chiave ogni due o tre pietre disposte in grossezza, facendo naturalmente in modo che i pezzi in chiave di due filari consecutivi non si corrispondano verticalmente (fig. 525), ovvero l'altro in cui per filari alternativi si ha una pietra in chiave ogni due o tre situate in grossezza (figura 526), nel quale le pietre in chiave si possono far corrispondere sulla stessa

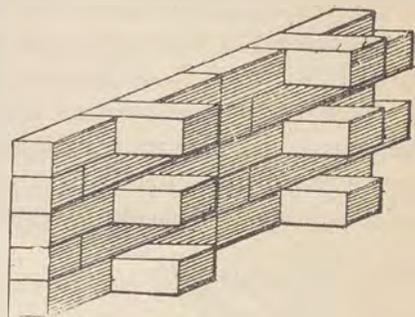


Fig. 526.

verticale, senza grave nocumento per la stabilità, essendo già distanziate. Comunque però si avrà presente che quanto maggiore è il numero delle pietre collocate in grossezza tra due poste in chiave, tanto minore risulta la solidità del collegamento delle due murature, e poichè il maggior numero di legamenti include l'impiego di un maggior volume di pietra da taglio e quindi una maggiore spesa, torna conveniente adottare la disposizione *pseudisodoma* per i conci (figura 527), nella quale i

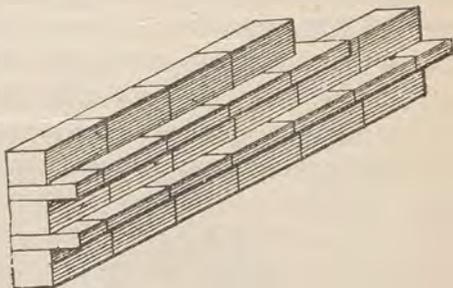


Fig. 527.

filari di maggiore altezza sono alternati con filari più bassi; facendo più larghi i filari più bassi si ottiene un buon collegamento delle murature e uno spreco minore di materiale.

Nella figura 528 si ha una disposizione identica nei filari che sono provvisti di legamenti alternativi; a questa disposizione corrisponde la massima solidità di collegamento.

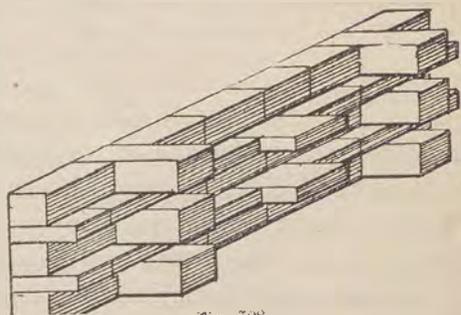


Fig. 528.

I conci nelle murature in pietra da taglio si

lavorano tutti con le faccie a squadro ed hanno la forma di un parallelepipedo rettangolo. La loro lavorazione procede secondo le norme comuni per la lavorazione delle pietre in genere. I massi all'atto in cui vengono estratti dalla cava, sono sbazzati; allora essi sono meno duri e quindi subiscono facilmente questa prima grossolana lavorazione. Portati in cantiere si procede tosto alla loro squadratura, spianando prima una faccia e poi le altre due che con la prima concorrono a formare un cantone del concio. Tale procedimento ha luogo nel seguente modo: scelta la faccia più adatta per essere spianata prima

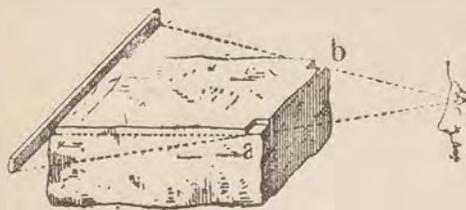


Fig. 529.

delle altre, si pratica lungo uno spigolo una subbiatura in maniera che vi si possa appoggiare e far combaciare un regolo. Traguardando contemporaneamente dal lato opposto del masso le due estremità del regolo, così collocato (fig. 529), riesce facile allo scarpellino segnare e tosto eseguire le due scantonature *a* e *b* ai due angoli opposti della faccia in lavorazione. Coll'aiuto di queste scantonature si tracciano sulle faccie del masso le intersezioni, che con le stesse dovrà fare la faccia a spianarsi, ed allora

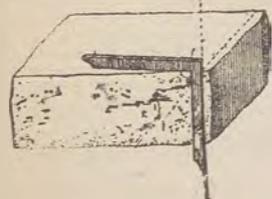


Fig. 530.

si procede alla subbiatura nei tre spigoli di essa e quindi si spiana la faccia facendo uso del regolo per controllarne l'esattezza. Per spianare le altre faccie si fa uso della squadra ad angolo retto (fig. 530), con la quale si segnano prima le traccie dei piani, che costituiscono la direzione delle loro subbiature angolari. Quando si impiegano pietre dure e compatte le faccie sono prima lavorate con la subbia, quindi con la gradina e lo scarpello e si finiscono con la martellina. Per quelle destinate a rimanere in vista, oltre alla martellinatura, talvolta si ricorre all'orsatura ed alla rotatura e più raramente alla lucidatura.

La lavorazione è più limitata nelle pietre meno dure; per queste dalla subbiatura si passa alla scarpel-

latura e quindi alla rotatura, quando abbisogna. Le pietre tenere (tuffi vulcanici, tuffi calcarei, ecc.), si tagliano e si spianano con la piccozza sempre coll'aiuto del regolo e della squadra.

## § 4.

## LA POSA IN OPERA DELLE PIETRE DA TAGLIO.

I massi che si impiegano nella costruzione de muri in pietra da taglio, per essere collocati in opera, richiedono cure e procedimenti speciali sia per la loro manovra nel metterli a prova, come per levarli e collocarli definitivamente, onde non si guastino nel maneggiarli.

Quando le dimensioni delle pietre sono piccole, queste possono essere collocate in opera sollevandole di peso. I massi però generalmente raggiungono un peso talmente grande da rendere difficile la loro manovra senza l'uso di apparecchi adatti per trasportarli al piede dell'opera ed a sollevarli fino all'altezza in cui devonsi collocare stabilmente. Per breve distanza e per piccola altezza tale manovra si com-

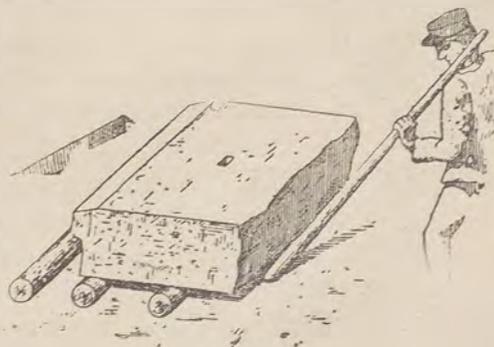


Fig. 531.

pie con convenienza per mezzo di rulli scorrevoli sopra un piano orizzontale o leggermente inclinato (figura 531); ma per distanze ed altezze considerevoli, si ricorre ai *carrì di trasporto* ed agli *elevatori* di cui si farà parola in un capitolo seguente. Intanto accenneremo agli altri apparecchi che valgono ad attaccare le pietre agli elevatori per essere innalzate.

Il più semplice di questi congegni è la *braca*, costituita da una fune senza fine, con la quale si cinge il pezzo e lo si attacca alla macchina destinata a sollevarlo (fig. 2, tav. XLI); nell'avvolgere il pezzo con la fune della braca si ha cura di proteggerne gli spigoli, interponendo tra questi e quella dei manipoli di paglia. La braca, molto usata per la

sua facilità di manovra per pietre non eccedenti un certo peso, presenta l'inconveniente di dover posare il masso, dopo averlo innalzato, in prossimità del luogo in cui devesi mettere in opera, per liberarlo dalla fune di cui è avvolto, acciocchè si possa procedere alla prova ed all'assestamento definitivo, usando a tale scopo rulli e paletti di ferro onde farlo scorrere e sollevare, con grave perdita di tempo, essendo questa manovra generalmente lunga e laboriosa. E nel medesimo inconveniente si incorre innalzando i massi coll'intermezzo di una tavola robusta come è indicato nella fig. 532, mentre effettivamente la braca conduce a un buon risultato, allorchè la fune, anzichè essere continua, è annodata e la si fa passare attraverso una incavatura a ferro di cavallo praticata sopra due faccie opposte destinate a rimanere nascoste fra le commisure verticali (fig. 3, tav. XLI). Disposta così la braca si potrà usufruire della sospensione per provare e collocare definitivamente a posto le pietre, dopo di che si toglie la braca, sciogliendo il nodo e sfilandone la fune.

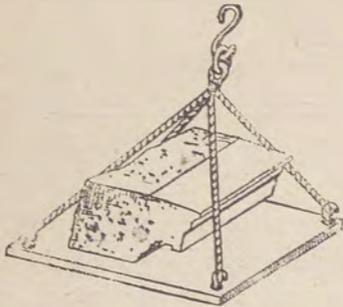


Fig. 532.



Fig. 533.

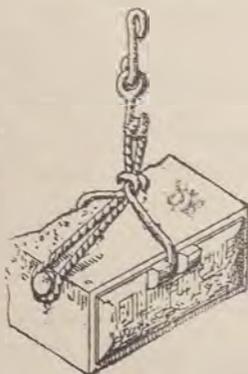


Fig. 534.

combaciare la pietra attigua.

Il più usato apparecchio di sollevamento, che però si impiega utilmente soltanto per le pietre dure, è l'*ulivella*, rappresentata in doppia maniera dalla

figura 2 a tavola XL, di cui l'invenzione sembra doversi al Brunelleschi. L'*ulivella* consta di tre pezzi di acciaio, dei quali due laterali cuneiformi *a* e *b* ed uno intermedio di forma prismatica *c*, che uniti insieme da un bolzone e con una staffa, formano un solido pure cuneiforme, che si fa penetrare in una cavità capace di contenerlo esattamente, che si scava ordinariamente sul centro geometrico della faccia superiore della pietra da innalzare. A questo scopo si introducono nella cavità prima i due pezzi laterali *a* e *b*, dopo l'inter-

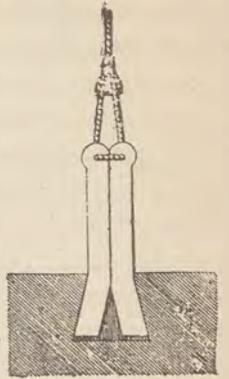


Fig. 535.

medio *c*, che allarga e fa combaciare i due primi con le pareti della cavità, quindi messa a posto la staffa si introduce il bolzone. Coll'*ulivella* si agevola molto il posamento delle pietre, perchè, essendo queste sospese per la faccia superiore, il loro centro di gravità rimane in basso e si possono facilmente provare e riprovare prima di assestarle in modo definitivo. Collocata a posto la pietra si smonta l'*ulivella*, la quale esige che la fattura dei buchi, nei quali si fa penetrare, sia condotta con molta precisione perchè l'incastro riesca perfetto. Per prevenire una possibile disgrazia, anche quando le pietre sono dure, per cui l'incastro con l'*ulivella* è abbastanza sicuro, non si tralascia di imbracare le pietre sospese con l'*ulivella*; la braca si toglie subito che il masso è stato innalzato al di sopra del luogo nel quale deve provarsi ed assestarsi.

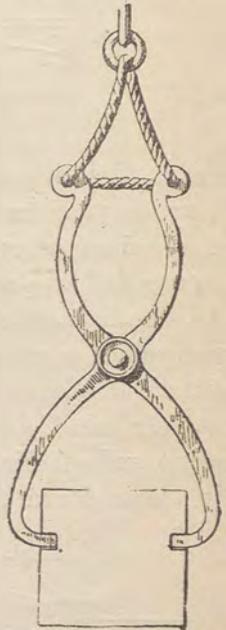


Fig. 536.

Ulivelle più semplici si hanno rappresentate nella fig. 535, dove essa è composta soltanto di due pezzi di acciaio a gomito e nella fig. 1, tavola XXXIX, dove ad un sol pezzo cuneiforme ne è accoppiato uno prismatico il quale è manovrabile con una fune, di maniera che questa ulivella riesce

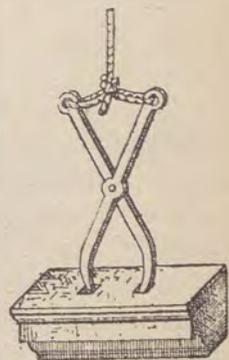


Fig. 537.

comoda anche, quando trattasi di posare pezzi sott'acqua.

Nel Medio Evo i costruttori fecero uso per il sollevamento delle pietre da taglio di una ulivella avente la forma di tenaglia, le cui estremità penetravano entro cavità praticate sopra faccie laterali della pietra (fig. 536) ovvero sopra la faccia superiore (fig. 537); queste ulivelle generalmente riescono



Fig. 538.

voluminose. Poderosa e relativamente piccola invece è quella rappresentata nella fig. 538, che si applica introducendo le due branche nella cavità cuneiforme praticata nel masso, allargandole e facendole combaciare con le pareti della cavità, contro cui si serrano per mezzo di un perno leggermente conico, che si fa penetrare nell'orificio compreso fra le branche. Due ulivelle simili si accoppiano, quando il masso è pesante, ponendole a cavalcioni ad una sbarra di ferro, alla quale si lega la fune di sollevamento, come indica la figura 2, tavola XXXIX.

## § 5.

I COLLEGAMENTI DELLE PIETRE NEI MURI  
IN PIETRA DA TAGLIO.

Le pietre assestate in chiave, come abbiamo visto, costituiscono un saldo legamento della struttura in

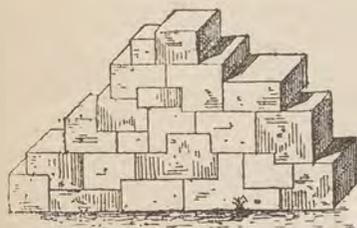


Fig. 539.

pietra da taglio con la muratura interna nei muri rivestiti. Diversi altri legamenti si possono immaginare tra le pietre di un medesimo filare ed altri ancora fra le pietre appartenenti a filari consecutivi, se si vuole bene assicurata la compagine di tutta la struttura murale.



Fig. 540.

I Romani usarono a questo scopo alcune speciali disposizioni delle pietre, fra le quali più notevoli sono l'*assestamento irregolare* (fig. 539), di cui se ne hanno esempi negli archi di Settimio e di Costantino e nel Colosseo in Roma e l'*assestamento indentato*

(fig. 540), caratteristico particolare costruttivo del Teatro di Marcello, pure in Roma. Nell'assestamento irregolare i filari di conci hanno incompleti i letti su cui riposano, essendo interrotti da giunti appartenenti a pietre squadrate a gomito e murate assieme a quelle di forma parallelepipedica. Allorquando il lavoro di squadratura delle pietre è condotto con precisione, la struttura irregolare riesce solidissima e resistente non solo alle pressioni, ma bensì contro le spinte, poichè i filari riescono addentati gli uni cogli altri.

Nell'assestamento indentato ciascuna pietra, di pianta quadrata o rettangolare, ha le due faccie orizzontali lavorate con risalti di pochi centimetri, coi quali si internano le une nelle altre, combaciando perfettamente. Come facilmente si comprende dalla figura, questi risalti costituiscono un solido legamento fra le pietre di due filari consecutivi e fra le pietre del medesimo filare per effetto dell'addentellato dei filari superiore ed inferiore. Una struttura siffatta riesce resistente così alle pressioni come alle spinte laterali.

La medesima solidità di collegamento si consegue facendo uso di *perni*, di *arpesi*, di *grappe* e di *code di rondini* in metallo. Per collegare due pezzi in

maniera che non possano scorrere orizzontalmente l'uno sull'altro, si può internare nelle pietre per 9 a 10 cm., un perno a sezione rettangolare (figura 6, tav. XL), o un perno cilindrico (fig. 541)

od una arpese a coda di rondine (fig. 5, tav. XL); i perni cilindrici si fanno penetrare in una cavità del medesimo diametro; per i perni a sezione rettangolare e per le arpesi a coda di rondine è necessario praticare le cavità più vaste; il collegamento è più perfetto se si impiegano due perni anzichè uno solo. Due pietre del medesimo filare possono collegarsi con *grappe* (fig. 3 e 6 a tav. XL) o con *code di rondini* (fig. 542 e fig. 6, tav. XL); tanto le grappe che le code di rondini e le arpesi hanno le estremità

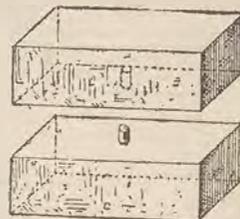


Fig. 541.

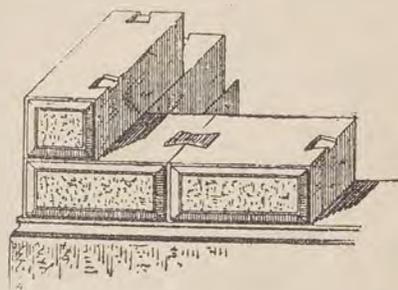


Fig. 542.

svasate, perchè possano rimanere salde nella pietra mediante gesso, solfo, asfalto o piombo e sono fatte di ferro o di rame; talora il ferro si ricopre di zinco o di stagno, se lo si vuole preservare dall'ossidazione. La migliore saldatura è quella fatta con piombo,

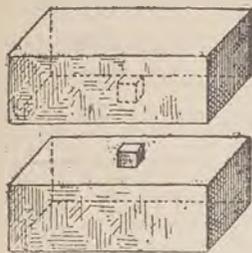


Fig. 543.

perchè questo metallo non attacca gli altri; la saldatura non è durevole, fatta col gesso, se non è costantemente all'asciutto, è fragile col l'asfalto, ed il solfo attacca il ferro. I perni si possono fare anche di pietra molto dura e si murano con cemento, entro cavità appositamente preparate, hanno la forma parallelepipedica (10 a 20 cm. di lato, per

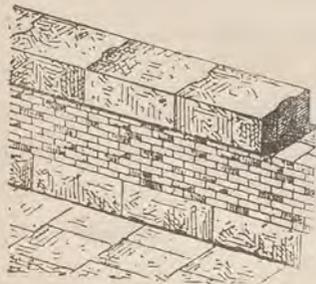


Fig. 544.

30 cm. di lunghezza) e costituiscono propriamente dei risalti (figura 543). Di risalti curvilinei si muniscono le pietre del filare che termina un muro, come si ha nei parapetti e nel margine dei marciapiedi (fig. 544). Nei muri e nei rivestimenti in pietra da taglio ai perni ed alle grappe si uniscono i legamenti e gli addentellati fra le pietre dello stesso

filare, specialmente verso il cantone (fig. 1, tav. XL). Scavando delle scanalature orizzontali e verticali, triangolari o semicilindriche, sulle faccie verticali delle pietre, destinate a rimanere nascoste, ed in maniera che le scanalature in due faccie poste a contatto si corrispondano (fig. 545), si ottengono dei canali, che riempiti di calcestruzzo e di ghiaia, costitui-

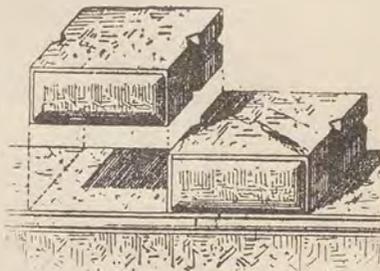


Fig. 545

scono un artificiale addentellato fra le pietre, allorchè il calcestruzzo si è indurito, non meno solido di quello che si ottiene con perni, con arpesi e con grappe, poichè tanto le indentature orizzontali, che quelle verticali contribuiscono ad una irremovibile posa delle pietre, che non potranno nè alzarsi, nè abbassarsi, nè scorrere orizzontalmente. Nella fig. 4, tav. XL, infine, sono indicati gli assestamenti negli angoli rientranti e salienti di due muri di pietra da taglio, che si incontrano ad angolo retto, coi quali si ottiene un efficace legamento dei due muri fra loro.

## CAPITOLO II.

### I MURI DI LATERIZI

#### § I.

##### LA COSTRUZIONE DEI MURI DI COTTO.

I mattoni sono opportuni per la formazione di strutture murali a cagione della loro forma regolare parallelepipedica per cui riescono agevoli nel maneggiarli e ben si prestano per fornire assestamenti svariati, secondo le loro dimensioni e la grossezza dei muri da costruire. Poichè i mattoni, a differenza delle pietre naturali, fanno una presa tenace con le malte, i muri di mattoni riescono molto resistenti e durevoli, sono refrattari al fuoco e per la porosità del materiale agevolano la naturale ventilazione delle fabbriche per cui queste riescono più salubri.

D'ordinario i mattoni hanno una larghezza compresa tra 11 e 14 cm. ed una lunghezza doppia all'incirca; la loro grossezza varia tra i 3 ed i 7,5 cm. Con mattoni perciò si possono costruire muri di pochi centimetri di spessore, impiegando mattoni disposti in coltello, come muri aventi uno spessore eguale o multiplo della larghezza del mattone, laonde i muri di mattoni si dicono d'*una testa*, di *due teste*, di *tre teste*, ecc., secondo che la loro grossezza corrisponde alla larghezza dei mattoni, al doppio, al triplo, ecc. di tale larghezza. I muri, che hanno lo spessore inferiore a quelli di una testa, prendono il nome di *muri di quarto* o *di costa*.

Nella costruzione dei muri di cotto si impiegano mattoni interi e parti di mattoni, ricavati per lo più a mano, spezzando gli interi. Non è però raro il caso,

quando si tratti di costruzioni accurate, che si fabbrichino apposta le parti dei mattoni; così ad es. il *trequarti* (fig. 546), avente la medesima larghezza del mattone, ma una lunghezza corrispondente a  $\frac{3}{4}$  di quella del mattone ed il *mezzo mattone* o *due quarti*, che è di metà lunghezza fig. (547).

Le norme, che regolano la disposizione dei conci nelle murature in pietra da taglio, valgono anche per i mattoni, che si collocano secondo filari con la loro maggior dimensione diretta nel senso orizzontale ed in maniera che le commessure di un filare non corrispondano a quelle del filare consecutivo.

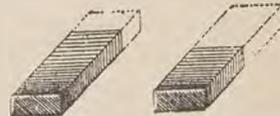


Fig. 546.

Fig. 547.

I mattoni si assestano sopra un letto di malta dello spessore di 5 a 15 mm., sul quale si comprimono e si battono leggermente con la cazzuola, per bene assestarli contro i mattoni vicini.

I mattoni, che si impiegano per la costruzione dei muri laterizi, devono essere nettati dalla polvere e giustamente bagnati, se si vuole che essi facciano una presa tenace con le malte; impiegati asciutti assorbono dalle malte l'acqua, che a queste è necessaria per fare presa.

La formazione di un filare si comincia coll'aggiustare prima i mattoni dei paramenti, poi quelli che costituiscono il nucleo interno, ed al termine di ogni filare, nel distendere il letto di malta sulla sua superficie, si ha cura di riempire con la malta tutti i vani compresi dalle commessure verticali.

Lo spessore dello strato di malta, che si interpone fra due filari di mattoni, si fa variare secondo la qualità della malta, è maggiore quanto più la malta è resistente, dopo la sua presa. A Roma, dove esclusivamente si fa uso di malta di calce e pozzolana, di cui la resistenza finale è poco differente da quella dei mattoni, si mura con spessori di malta raramente inferiori ai 12 mm.

I muri di cotto si possono costruire anche impiegando mattoni usati, provenienti cioè dalla demolizione di fabbriche vecchie; questi muri hanno la medesima resistenza dei muri di mattoni nuovi e per il loro costo poco elevato, si impiegano convenientemente per strutture di fondazione e di piani sotterranei. I muri siffatti prendono il nome di muri *di rottami, di rovinacci o di tevolozza* ed in essi la disposizione dei mattoni ha luogo come pei mattoni nuovi, soltanto si avrà cura di impiegare i rovinacci interi e regolari per la formazione delle pareti ed i rottami nell'interno delle masse murali non senza prima averli bene nettati della malta di cui possono essere coperti.

I muri di quarto o di costa si costruiscono murando i mattoni con la loro minima dimensione disposta nel senso orizzontale e con la dimensione media verticale, in filari aventi le commessure alternative. Questi muri hanno uno spessore eguale a quello dei mattoni, aumentato dello spessore dell'intonaco, perciò sono muri poco stabili e poco resistenti; la loro fermezza è dovuta in gran parte alla coesione delle malte ed il loro uso si estende esclusivamente alla divisione delle stanze.

Si fortificano questi muri per mezzo di telai di legname formati di traverse orizzontali e verticali, a traliccio, le prime legate ai muri laterali, le seconde al pavimento ed al soffitto. Stabilita l'intelaiatura di legname, si eleva la struttura murale fra i rincassi di questa intelaiatura.

Talora si fortificano i muri di costa con una rete di fili accoppiati di ferro fissati orizzontalmente ai muri e verticalmente al soffitto ed al pavimento. I fili di ciascuna coppia distano fra loro, tanto da potere contenere esattamente i mattoni, cioè quanto lo spessore dei mattoni, e ad ogni filare o due si rilegano

con pezzi dello stesso filo disposti orizzontalmente attraverso le commessure, nel senso cioè dello spessore del muro. Però i nostri muratori, impiegando malte a presa rapida, costruiscono questi muricci abbastanza forti, rivestendoli di un grosso intonaco di buona malta, senza ricorrere alle intelaiature di legname o di filo di ferro.

## § 2.

### LA DISPOSIZIONE DEI MATTONI NEI MURI.

Qualunque sia la disposizione che si dà ai mattoni nella formazione dei filari, è necessario seguire alcune norme che valgono per qualsiasi spessore di muro. I mattoni, che costituiscono ciascun filare, si dispongono tutti in grossezza o tutti in chiave in filari alternativi ovvero alternativamente in chiave o in grossezza nel medesimo filare, avendo presente che giova abbondare con i mattoni disposti in chiave

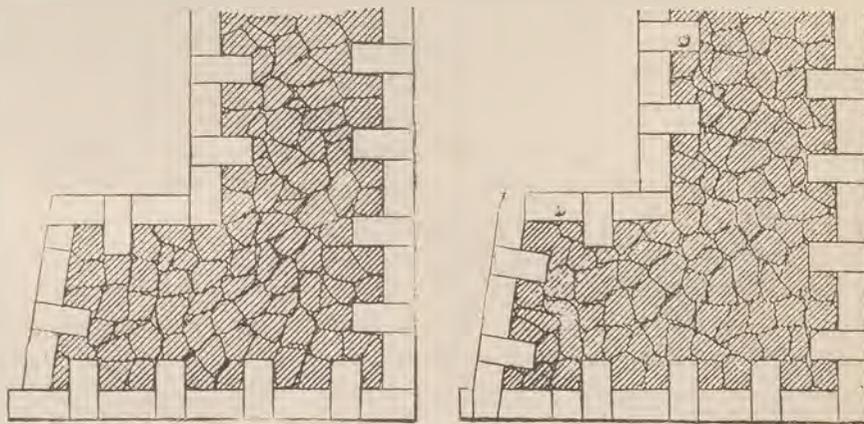


Fig. 548.

per avere un migliore collegamento nella massa murale e che le commessure non si corrispondano sulla medesima verticale in filari consecutivi. I muri devono riuscire composti soltanto di mattoni interi e si adopereranno le parti di mattoni soltanto agli angoli del muro, nei piedritti e nei punti di incontro di due muri, ove è necessario un più esatto concatenamento.

Le disposizioni che assumono i mattoni nella formazione dei filari sono varie. Nella fig. 1, tav. XLI, è dato l'assettamento dei mattoni in un muro dello spessore di una testa, nel quale le commessure verticali di ciascun filare corrispondono nel mezzo dei mattoni del filare consecutivo, essendo i mattoni tutti disposti in grossezza. Nella medesima figura si ha rap-

presentata una prima maniera di assestare i mattoni in un muro dello spessore di due teste, nel quale i mattoni sono disposti tutti in grossezza o tutti in chiave in filari alternativi, e le commessure dei filari con mattoni in grossezza si corrispondono ad ogni quattro

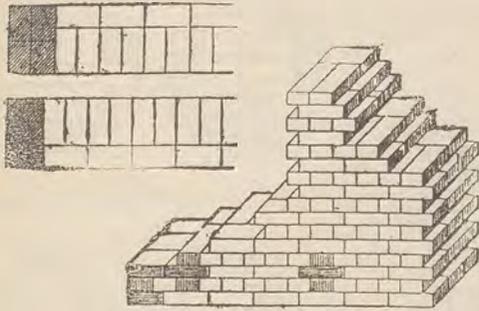


Fig. 549.

filari e corrispondono col mezzo dei mattoni dei filari aventi i mattoni in chiave. Nella fig. 4, tav. XLI, si hanno due altre maniere diverse dalla precedente di assestare i mattoni nei muri di due teste. In uno di questi assestamenti la disposizione è analoga alla precedente, solo che le commessure in tutti i filari con mattoni in grossezza si corrispondono fra loro, pur capitando sul mezzo dei mattoni disposti in chiave dei filari contigui. Nell'altro i mattoni in chiave ed in grossezza si alternano nel medesimo filare.

Questa disposizione torna conveniente nei rivestimenti con mattoni di muri di maggior spessore, di cui il nocciolo interno è fatto con pietre o con calcestruzzo; nella fig. 548 sono rappresentati due corsi sovrapposti del rivestimento di mattoni in un muro siffatto.

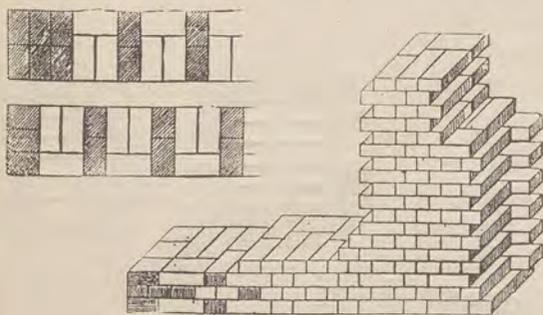


Fig. 550.

Nelle fig. 1 e 4, tav. XLI si hanno inoltre tre maniere differenti di assestare i mattoni nei muri dello spessore di quattro teste. Questi assestamenti sono presso a poco l'applicazione di quelli descritti per i muri dello spessore di due teste.

Pei muri di tre teste valgono gli assestamenti rappresentati nelle fig. 549 e 550, nei quali i mattoni si alternano in chiave ed in grossezza in ogni filare.

Nella fig. 5, tav. XLI, si ha pure rappresentata la disposizione dei mattoni nei muri dello spessore

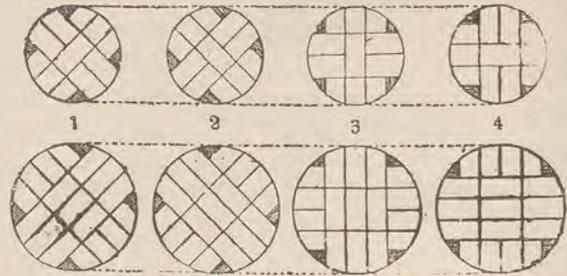


Fig. 551.

di cinque teste. Questo assestamento richiama i precedenti, per cui questi si possono ritenere applicabili anche a muri di maggior spessore. Se non che nei muri molto grossi è provato che si ottiene un maggior collegamento nella struttura murale, adottando per le pareti frontali la disposizione in chiave ed in

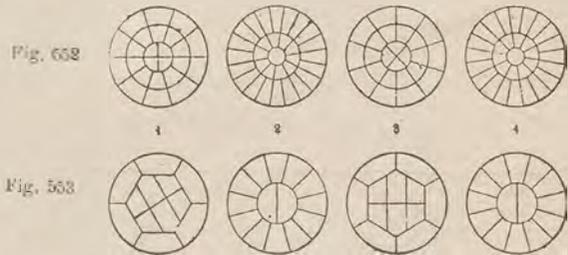


Fig. 552

Fig. 553

grossezza in filari alternativi, e nell'interno due dei soliti filari, uno con i mattoni tutti in chiave ed uno coi mattoni tutti in grossezza, si alternano con due filari aventi i mattoni disposti secondo un angolo di  $60^\circ$  con le pareti del muro e con direzione incrociantesi nei due filari (fig. 5, tav. XLI).

### § 3.

#### LA DISPOSIZIONE DEI MATTONI NEI PILASTRI ISOLATI.

La sezione orizzontale dei pilastri isolati può essere circolare, quadrata, rettangolare o composta comunque con queste figure semplici.

Per la costruzione dei pilastri a sezione circolare d'ordinario si impiegano i mattoni comuni, alcuni dei quali saranno tagliati dal muratore, per ottenere il contorno curvilineo, e potranno assestarsi nella ma-

niera indicata dalla fig. 551, dove si hanno rappresentati quattro corsi sovrapposti di mattoni appartenenti a due pilastri dello spessore di 4 a 6 teste. Le commessure in questi corsi si incrociano secondo angoli di 45 e 90 gradi.

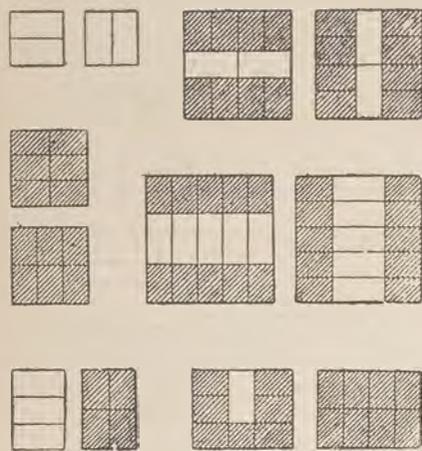
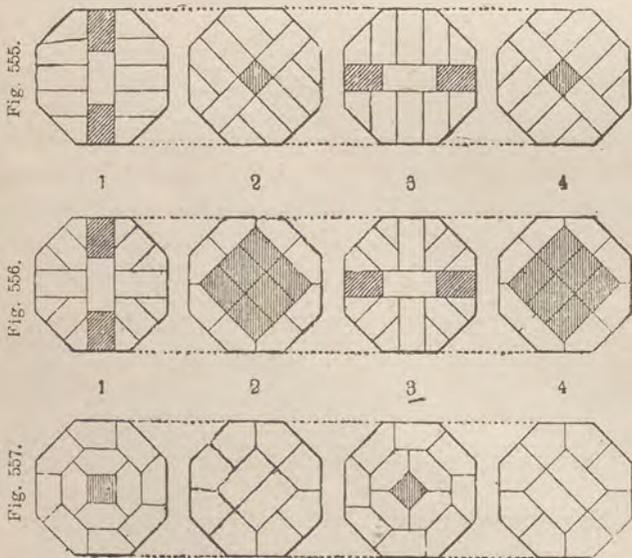


Fig. 554.

La preparazione a mano dei mattoni richiede però un tempo piuttosto lungo, mentre d'altro lato il contorno esterno del pilastro mai riesce così perfetto per la difficoltà che oppone il taglio dei mattoni,

laonde sovente le parti di mattone a contorno curvilineo soglionsi costruire appositamente, ovvero si adotta la disposizione radiale o mista, la quale si ottiene con mattoni speciali appositamente fabbricati, che si assestano nelle maniere indicate dalle fig. 552 e 553, ma che però non hanno il pregio dell'assestamento precedente, di essere formate cioè con mattoni ordinari per la più parte interi.



Nella fig. 554 è data la disposizione dei mattoni nei pilastri a sezione quadrata ed a sezione rettangolare, aventi le dimensioni di 2 a 5 teste; i filari in questi pilastri si formano con mattoni interi e con

parti di mattoni, che nella figura sono rappresentati con tratteggio.

La fig. 555 indica l'assestamento di quattro filari successivi di un pilastro a pianta ottagonale, formati con mattoni ordinari e le fig. 556 e 557 altri due

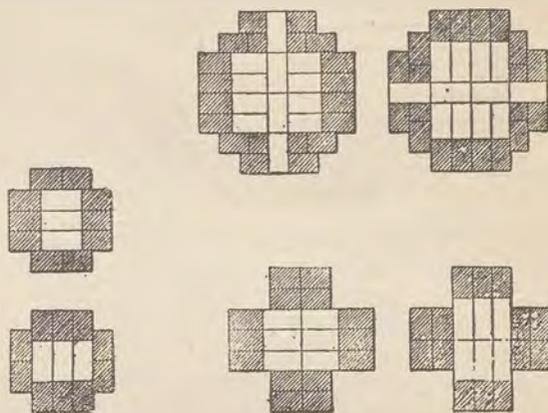


Fig. 558.

assestamenti differenti dello stesso pilastro, ottenuti con mattoni ordinari e con tre pezzi speciali per ciascun assestamento, che si fabbricano appositamente o si predispongono con la martellina nel caso della figura 556, nella quale i tre pezzi sono ciascuno una parte dell'intero mattone.

Per i pilastri aventi sezione crociforme servono gli assestamenti segnati nella fig. 558; questi assestamenti sono formati con mattoni ordinari interi, unitamente a mezzi mattoni ed a tre quarti, e ciascun filare non è che il precedente fatto rotare di 90°. I pilastri composti di pareti mistilinee (fig. 559) hanno i filari formati con mattoni interi, con parti di mattone e con pezzi speciali, conformi al contorno curvilineo, che si fabbricano appositamente, se si vuole che la costruzione riesca perfetta.

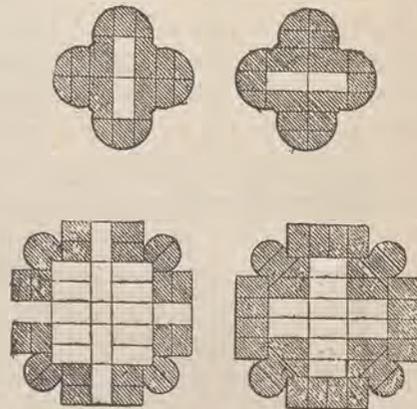


Fig. 559.

Pei muri curvilinei infine valgono le stesse disposizioni dei pilastri circolari, qualora i muri sono pieni; ma quando questi sono limitati da due pareti curvilinee, cioè quando racchiudono uno spazio a

pianta curvilinea, bisognerà adottare la disposizione radiale dei mattoni e questi saranno costruiti, appositamente, se il raggio di curvatura è piccolo e si richiede una perfetta costruzione; ma se il raggio di curvatura è grande, possono servire i mattoni ordinari, i quali individueranno un contorno poligonale

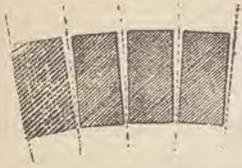


Fig. 560.

a lati piccolissimi, che riusciranno tanto meno sensibili quanto maggiore è il raggio di curvatura del muro. Con questa disposizione però si hanno commesure, che si allargano dall'interno verso la parete esterna del muro (fig. 560) di modo che, quando lo spessore del muro supera due teste di mattoni, per non avere commesure troppo larghe verso la periferia, converrà costruire il muro con filari di mattoni, composti di mattoni ordinari interi e parti di mattone, ove occorra, e disposti secondo anelli indipendenti, come si pratica talvolta per gli archi e per le volte (fig. 561).

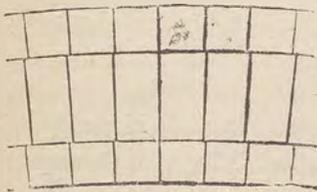
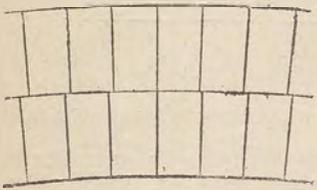


Fig. 561.

## § 4.

LA DISPOSIZIONE DEI MATTONI FORATI NEI MURI PIENI  
E DEI MATTONI PIENI NEI MURI FORATI.

I mattoni forati si applicano nella costruzione dei muri per dare loro una maggior leggerezza o per rivestirne quelle pareti, che si vogliono preservare dall'umidità. Si impiegano egualmente nella costruzione delle volte per scemare, col diminuire del loro peso, la spinta che esse esercitano sui muri laterali; nella costruzione dei solai con travi di ferro, rendendo più leggero il carico gravante sulle travi; la sezione di queste può essere ridotta convenientemente, giovando anche all'economia della fabbrica.

L'uso dei mattoni forati risale a tempi molto remoti; i Romani ne fecero uso anche come condutture

per la distribuzione dell'aria calda negli ambienti. Le rovine del palazzo dei Cesari nel Foro Romano portano le tracce di tali condutture e la cupola di S. Vitale in Ravenna (secolo VI) ha la volta interamente costruita con tubi cavi, assestati in chiave, aventi la lunghezza di m. 0,5 verso la sommità della volta e di m. 0,66 verso l'imposta.

I mattoni vuoti hanno oggidi un prezzo di poco superiore a quello dei mattoni pieni, per la maggior cura che essi richiedono nella loro fabbricazione; in compenso però il loro trasporto riesce più economico per il motivo della loro leggerezza e, riuscendo uniformemente cotti in ogni parte, la loro resistenza si può ritenere non inferiore a quella dei mattoni pieni.

Per tutto quanto riguarda la fabbricazione dei mattoni vuoti, come per ciò che riguarda la loro forma e grandezza, ci riferiamo a quanto di essi è stato detto nel capitolo *I Laterizi dei Materiali impiegati nelle costruzioni*. Anche per la loro disposizione valgono le stesse norme date per i mattoni pieni, allora quando quelli hanno le stesse dimensioni di questi; solo devesi aggiungere che se si vuole che i mattoni disposti in chiave nella formazione dei filari non presentino i buchi sulla parete del muro, è necessario adottare due stampi diversi dello stesso mattone, uno, cioè, avente i buchi nel senso della lunghezza del mattone e l'altro nel senso della larghezza (fig. 562); così negli angoli dei muri e negli angoli, laddove si hanno i riquadri delle porte e delle finestre, per la stessa ragione occorrerà impiegare mattoni forati nel senso del loro spessore (fig. 563). ovvero addirittura mattoni pieni, se si vogliono ottenere pareti totalmente piene nei muri costruiti mediante mattoni forati. Riportiamo nella tav. XLII, figura 1, un esempio di muri di coito rivestiti di mattoni forati, nelle fig. 3 e 4 rispettivamente un muro di 2 e di 3 teste di mattoni forati, aventi i buchi situati nel senso della loro lunghezza nei mattoni

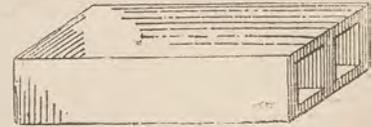


Fig. 562.

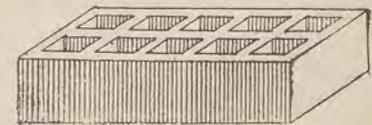


Fig. 563.

collocati in grossezza, e nel senso della loro larghezza nei mattoni collocati in chiave e nella fig. 2 il disegno di un muro vuoto costruito con mattoni forati, indicato per quelle costruzioni nelle quali si richiede

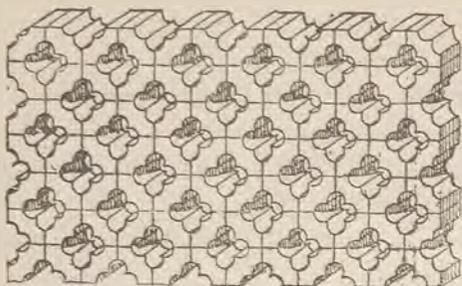


Fig. 564.

un minore disperdimento del calore degli ambienti o una minore trasmissione dei suoni o una aereazione naturale più attiva.

Allora quando le intercapedini di un muro vuoto, anzichè essere dirette nel senso della lunghezza di

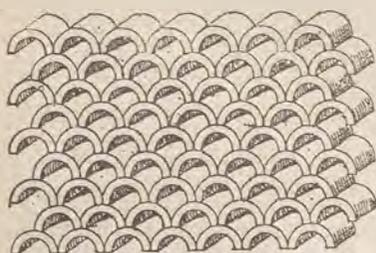


Fig. 565.

questo, come nel caso precedente, hanno una direzione normale alle pareti del muro, si hanno i muri traforati, che sovente si costruiscono nelle fabbriche rustiche od agricole, laddove si vuole una eccessiva ventilazione, o nella formazione dei parapetti di terrazze o di scalee. In queste costruzioni i muri hanno lo spessore di una o di due teste al più ed i mattoni vi sono assestati secondo un disegno più o meno sem-

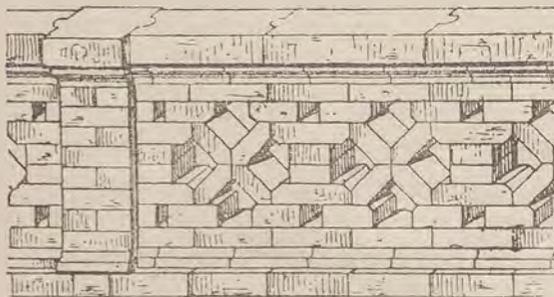


Fig. 566.

plice, per cui questi muri possono riuscire anche decorativi. I mattoni possono essere quelli comuni, come possono avere forme speciali indicate per conseguire un determinato disegno. Nelle fig. 5, 6, 7, tav. XLII,

si hanno alcuni tipi di muri forati costruiti con mattoni comuni, e nelle fig. 8, 9 dei tipi di muri simili costruiti con mattoni di due tinte. Nella fig. 564 è rappresentato un muretto formato con mattoni cro-

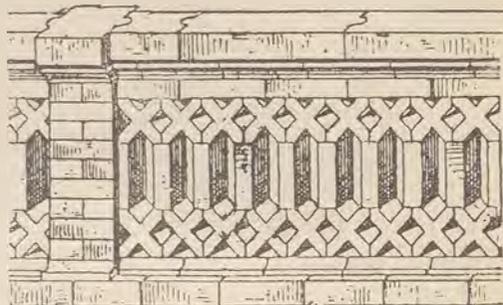


Fig. 567.

ciformi, nella fig. 565 un muretto costruito con mattoni curvi come le tegole, e nelle fig. 1, 2, 3, tavola XLIII, alcuni parapetti a traforo, che si ottengono coll'impiego dei mattoni comuni. Nei parapetti rappresentati dalle fig. 2 e 3 i mattoni hanno gli spigoli smussati; conviene perciò costruirli appositamente, se si vuole conseguire un disegno accurato. Usando mattoni comuni misti con mattoni crociformi, si ottiene il disegno della fig. 566; usando mattoni comuni e mattoni a spigoli smussati si ottiene il disegno della fig. 567.

### § 5.

#### LA DISPOSIZIONE DEI MATTONI NEI MURI INTELAIATI.

I muri di mattoni, che si rinforzano con telai di legname, ordinariamente hanno la grossezza di una testa, raramente si suole loro assegnare lo spessore di due teste, allora quando devono elevarsi a maggiori altezze, poichè essi corrispondono ad una malintesa economia, per il motivo che la loro durata mai può raggiungere quella dei muri pieni, essendo il legname generalmente corruttibile.

La condotta dei muri intelaiati si riduce alla costruzione del muro limitatamente agli scomparti individuati dalle traverse verticali ed orizzontali di legname; in essa si ha principalmente cura di far variare opportunamente lo spessore delle malte, perchè l'ultimo filare di mattoni di ciascun scomparto venga esattamente contenuto tra la traversa orizzontale superiore ed il filare sottostante. I mattoni si assestano come generalmente si pratica pei muri di una e di due teste, impiegando i mezzi mattoni ed i tro-

quarti, laddove occorrono, perchè le commessure verticali nei filari si corrispondano secondo le regole già enunciate.

Nei muri intelaiati dello spessore di una testa l'intelaiatura di legname resta in vista in entrambe le pareti del muro, perchè le traverse di legname hanno due dimensioni all'incirca corrispondenti ad una testa di mattoni. Nei muri di due teste invece la struttura di legname si mette in vista soltanto verso la

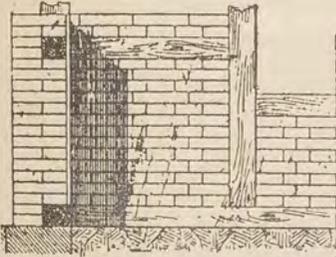


Fig. 568.

parete interna e ciò allo scopo di non impiegare travi di grande sezione, che riuscirebbe superflua, e di preservare il legname dall'azione degli agenti esterni. Conseguentemente questi muri constano di una parete di rivestimento, dello spessore di una testa, collegata ad un ordinario muro intelaiato dello stesso spessore (fig. 568); il collegamento agli angoli della parete esterna si ottiene mediante mat-

toni, che si dispongono in chiave ed in grossezza alternativamente come si rileva dalla figura.

Un muro intelaiato dello spessore di una testa e mezza si può costruire impiegando mattoni aventi l'altezza corrispondente a metà della larghezza, poichè allora sarà possibile costruire filari composti con due corsi di mattoni in grossezza accoppiati ad un corso di mattoni collocati di quarto o di costa, nella

maniera indicata dalla fig. 569. Non potendosi ottenere alcun naturale collegamento della muratura col legname dell'intelaiatura, tale collegamento si ottiene

per via meccanica, adottando una delle disposizioni segnate nella fig. 570 nella quale in *a* il collegamento è ottenuto con due scanalature a sezione triangolare ricavate coll'ascia nei ritti verticali di legname ovvero, per

non diminuire la sezione di questi, riportando sui medesimi due regoli a sezione triangolare, che si fanno penetrare nella muratura, spezzando opportunamente i mattoni posti loro a contatto come

in *b*. Un buon collegamento si può ottenere con quattro listelli di legname inchiodati ai ritti nella maniera indicata in *d* o per mezzo di incavi prismatici che si fanno succedere a regolare distanza nei ritti; questi incavi sono occupati da mattoni appositamente costruiti, come

è segnato in *c*. I muri degli scomparti si possono eseguire conformemente a disegni per soddisfare all'estetica; ciò si ottiene impiegando mattoni variegati o verniciati. Nella tav. XLIII si hanno alcuni disegni di scomparti di muri intelaiati.

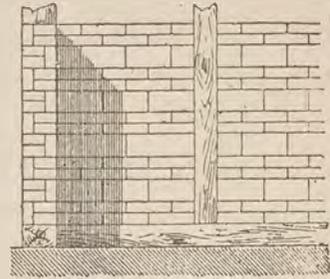


Fig. 569.

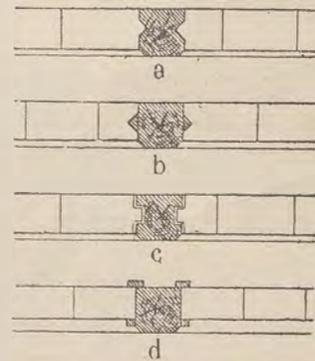


Fig. 570.

### CAPITOLO III.

## I MURI DI CALCESTRUZZO, I MURI DI TERRA ED I MURI DI STRUTTURA MISTA

### § 1.

#### LE GENERALITÀ.

Il calcestruzzo eseguito con una buona malta idraulica acquista col tempo una coesione tale da non riuscire inferiore per resistenza ai più solidi conglomerati naturali, per cui può essere preferito nella costruzione di opere murarie, a seconda delle condizioni speciali del luogo, della facilità di provvedere i materiali che lo compongono e per altre considerazioni. Non mancano esempi di murature eseguite in calcestruzzo; in Germania dopo la costituzione dell'impero, per l'ampliamento della capitale, si sono elevati interi quartieri di case da pigione di parecchi piani, totalmente costruite in calcestruzzo dalle fondamenta al tetto.

I muri di calcestruzzo sono da distinguersi dagli altri, che propriamente si dicono *muri alla rinfusa* o *muri a sacco*, i quali si costruiscono, gettando senza ordine alcuno, malta e pietre di diversa grossezza nello spazio destinato alla struttura murale, quasi sempre di fondazione.

Il calcestruzzo, allorchè viene confezionato, essendo piuttosto fluido, per essere impiegato nella formazione dei muri, richiede l'uso di speciali stampi, i quali siano capaci di sostenerlo finchè, messo in opera, non abbia fatto presa, e di dargli la forma e le dimensioni volute dalla muratura. Per cui giova anche distinguere i muri di calcestruzzo da eseguirsi sott'acqua dagli altri che si eseguono all'asciutto.

Per la costruzione dei muri sommersi valgono tutte le norme già enunciate per la messa in opera del calcestruzzo sott'acqua, tenendo presente che, per assegnare la forma e le dimensioni alla muratura, occorrerà cingere lo spazio destinato alla medesima per mezzo di paratie, allora quando si tratti di dover costruire sopra un suolo sommerso.

### § 2.

#### LA COSTRUZIONE DEI MURI DI CALCESTRUZZO ALL' ASCIUTTO.

Per la costruzione dei muri all'asciutto il calcestruzzo si getta entro stampi, detti *cassoni*, foggianti in maniera da essere facilmente trasportabili e di semplice smontatura, per modo che la costruzione del muro possa procedere per parti consecutive. Le due pareti di questi cassoni sono di tavole di legname resinoso (pioppo, abete, ecc.), grosse 2 a 4 cm., alte 70 a 80 cm. ed assicurate a ritti di tavole, i quali si fanno attraversare da due ordini di regoli, che hanno l'ufficio di distanziare le pareti in corrispondenza allo spessore del muro. A questo scopo i regoli terminano alle due estremità con feritoie larghe abbastanza per essere attraversate da biette di varia larghezza, mercè le quali si ottiene la distanza che si desidera fra le pareti; la fig. 571 dà le tre proiezioni di uno di questi cassoni, così detti *di parete*, perchè destinati all'esecuzione dei tratti di muro rettilineo. Il cassone

poggia con i regoli inferiori sulla struttura di fondazione si allinea secondo le pareti del muro a costruirsi, ed in tale posizione è pronto per ricevere

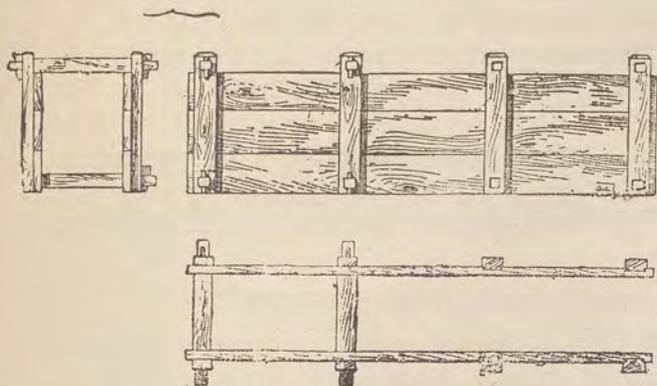


Fig. 571.

il getto per la costruzione del primo filare di muratura. Terminato un getto si scomporrà il cassone per rimontarlo in maniera da coprire i giunti del getto compiuto e si continuerà il lavoro, finchè non sia compiuto un filare, dopo di che si comincia la costruzione del filare consecutivo.

Perchè un cassone riesca maneggevole avrà la lunghezza compresa tra i 3 ed i 4 m.; di modo che per lunghezze di muro eccedenti questo limite o si fa uso di più cassoni disposti e combacianti l'uno sul prolungamento dell'altro, ovvero si fa spostare per tratti nel senso orizzontale un medesimo cassone.

Nell'incontro di due muri occorrerà fare uso di cassoni d'angolo speciale, di forma differente a seconda si tratti dell'incontro di due muri esterni di una fabbrica (fig. 572) o di due muri che si incro-

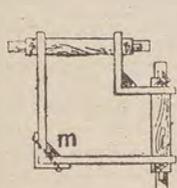


Fig. 572.

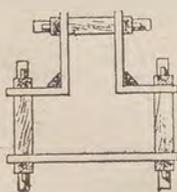


Fig. 573.

ciano nell'interno della medesima (fig. 573). I cassoni d'angolo, i cui spigoli sono rinforzati da una costola triangolare *m* di legname, si uniscono ai cassoni di parete mediante grappe e biette di legno duro. La fig. 574 dà una chiara idea di un sistema di tre

cassoni, uno di parete e due d'angolo, montati per ricevere il getto di calcestruzzo. Interponendo fra le pareti un diaframma si può limitare il getto a piacere e quindi, secondo la forma del diaframma, si possono ottenere le strombature delle porte e delle finestre, la fronte dei piedritti, l'incasso dei camini e le canne da camino, impiegando come anima scorrevole un cilindro di lamiera di zinco o un tamburo di legno.

Per la costruzione dei muri il calcestruzzo può essere così dosato: ghiaia mc. 1, sabbia mc. 0,4, calce idr. e cemento Kg. 100 per uno. Per la costruzione della grande platea di fondazione del palazzo di giustizia in Roma il calcestruzzo si preparò con le seguenti proporzioni: calce in pasta 1, pozzolana 1,7, pietrisco e tegolozza 2,25.

Il getto di calcestruzzo nei cassoni si eseguisce per strati di 15 a 20 cm. di altezza, che si battono con la mazzeranga, fino alla scomparsa delle pietre; ciascuno strato si termina con una faccia inclinata

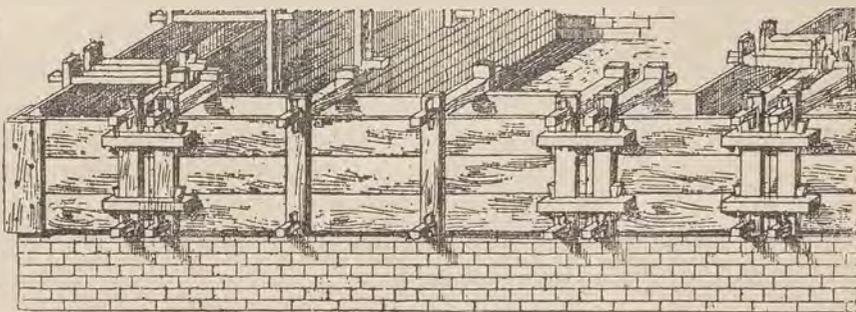


Fig. 574.

allo scopo di meglio collegarsi col consecutivo e prima di deporre il calcestruzzo per la formazione di un nuovo strato si avrà cura di pulire bene le superficie di giunto e di spalmarvi sopra uno strato di malta fresca, quando tali superficie si presentano troppo asciutte.

Qualora i paramenti dei muri debbano rimanere in vista, è necessario avere una superficie liscia e regolare nel pavimento; ciò si ottiene ricoprendo le tavole del cassone con lamiera di zinco, contro la quale, nel gettare il calcestruzzo, si ha la cura di mandare le pietre più minute ed in genera'e le parti di calcestruzzo, che contengono una maggiore quantità di malta, acciocchè la parete del muro riesca perfettamente unita.

I muri si possono costruire anche con conci forati di calcestruzzo. Questi blocchi hanno la larghezza

corrispondente allo spessore del muro e per la forma richiamano i mattoni forati, i loro fori essendo diretti nel senso longitudinale o trasversale. Questi conci si costruiscono gettando il conglomerato, formato con ghiaia minuta, in stampi attraversati da anime di legno in corrispondenza dei fori; le anime si sfilano a getto compiuto ed i conci si lasciano bene asciugare in cantiere prima di metterli in opera. Si maneggiano facilmente a motivo della loro leggerezza e per la loro forma regolare si assestano e si murano, come generalmente si pratica per i conci in pietra da taglio, rinforzando talvolta la loro unione con perni e con grappe di ferro, che si fissano con cemento.

Si fanno conci di cemento anche per costruire tramezzi, epperò con gli spessori di 5 a 10 cm. e, come meglio si dirà in seguito, per la formazione di volte, di voltine per solai, di soffitti, ecc., aventi l'ossatura di ferri a T.

Come le murature di mattoni vuoti, i muri costruiti con conci forati di calcestruzzo riescono igienici, perchè agevolano la ventilazione e preservano l'interno degli ambienti dal caldo d'estate e dal freddo d'inverno, costituendo le loro cavità un'intercapedine isolante contro le variazioni di temperatura.

### § 3.

#### LA COSTRUZIONE DEI MURI IN CEMENTO ARMATO.

Da che è stato divulgato l'impiego del calcestruzzo di cemento armato di sbarre di ferro, è prevalso l'uso di costruire con questo materiale anche i muri che, a motivo della loro speciale ubicazione, sono soggetti a sforzi di presso-flessione. L'armatura di ferro dà ai muri di cemento o di calcestruzzo di cemento una maggiore resistenza alla pressione, ma gli assicura anche una maggiore resistenza alla flessione se le sbarre di ferro sono disposte nei punti della sezione maggiormente soggetti a tensione. Adottando l'armatura di ferro si può notevolmente diminuire lo spessore dei muri di calcestruzzo, il quale perciò nella pratica raramente supera i 20 cm.

Pei muri siffatti le sbarre tonde di ferro del diametro di 1 a 2 cm. si collocano verticalmente lungo le pareti a poca distanza da queste e distanti fra loro di 20 a 30 cm.; la loro disposizione è tale che le sbarre situate lungo una parete corrispondono nel mezzo degli intervalli delle sbarre situate verso la

parete opposta (fig. 575). Un sistema di staffe trasversali, formate con fili o con nastri di ferro, unisce le sbarre tra loro e collega con queste la massa del conglomerato. Tale orditura metallica si può completare con un sistema di sbarre orizzontali disposte nella maniera segnata in figura.



Fig. 575.

Più di sovente si impiega la struttura in cemento armato per la costruzione dei tramezzi, per la separazione delle camere nelle case di abitazione, o per la costruzione dei pilastri isolati.

I tramezzi hanno lo spessore di 3 a 8 cm. e non hanno che una sola armatura mediana costituita da un traliccio metallico composto di due ordini di fili grossi e piccoli. Se il tramezzo poggia sopra una trave del solaio si può legare il reticolato alla trave con la quale il tramezzo viene a costituire tutto un insieme, aumentandone notevolmente la resistenza alla flessione.

Qualora sotto al tramezzo non corrisponda una trave del solaio, allora si adotta la disposizione ad arco dei fili, immaginata dal Wayss, e rappresentata nella fig. 576.

Il peso del tramezzo viene così scaricato o contro i muri laterali o sopra le parti periferiche del solaio, quando quivi si hanno speciali sostegni, e queste sono all'uopo maggiormente rinforzate. I tramezzi di

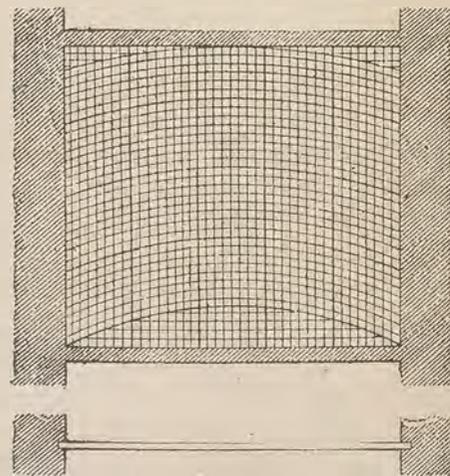


Fig. 576.

questa natura resistono a carichi rilevanti, senza presentare veruna incurvatura, nè subire lesioni.

I pilastri isolati si costruiscono disponendo quattro sbarre di ferro verso i quattro angoli del pilastro (figura 577), le colonne si costruiscono con cinque sbarre di cui una centrale, e se la sezione del pilastro è

rettangolare si possono mettere 6 sbarre; in ogni caso le sbarre si collegano fra di loro con ferri piatti o con staffe di filo o di nastro di ferro. Tale armatura, mentre aumenta la resistenza alla pressione dei pilastri, assicura loro una maggior resistenza contro gli sforzi di flessione, a cui tanto più vanno soggetti,

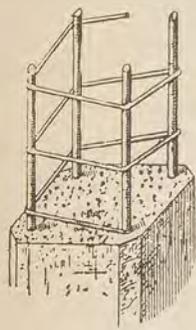


Fig. 577.

quanto più sono lunghi e sottili; talchè i pilastri di cemento armato convenientemente si impiegano in sostituzione delle colonne di ghisa, presentando anche il vantaggio di non cedere in caso di incendio, perchè la struttura in ferro poco si dilata, protetta dal cemento, sotto l'influenza dell'alta temperatura. Simili strutture si fanno poggiare sopra massi di getto di calcestruzzo nel quale si fanno penetrare le estremità delle sbarre componenti l'ossatura metallica del pilastro, nella maniera indicata dalla medesima figura.

#### § 4.

##### LA COSTRUZIONE DEI MURI DI TERRA.

Nella stessa maniera, come si conducono i muri di getto con calcestruzzo, si costruiscono muri di terra, denominati anche *muri formacei*. Si prestano questi muri per costruzioni di poca importanza; laddove si ha la terra adatta, se ne fanno costruzioni rurali in punti elevati ed asciutti, impiegandoli perciò esclusivamente per le parti fuori terra di queste costruzioni. Anzi è necessario stabilire sempre i muri di terra sopra uno zoccolo di ordinaria muratura di pietre o di mattoni, alto non meno di 50 cm., perchè l'umidità del suolo facilmente li danneggia. In tale condizione del resto e ben protetti dalla pioggia, facendo sporgere le falde del tetto che li copre, questi muri sono inalterabili e resistenti al gelo, al vento ed al fuoco.

La terra più adatta per la costruzione dei muri formacei è quella argillosa; generalmente però si prestano tutte le terre grasse, tutte quelle che pagliate si staccano in zolle rapprese, naturalmente umide, e che, compresse con le mani, si lasciano facilmente ridurre in forma di pallottola. In queste terre la sabbia e la ghiaia vi devono essere contenute in poca quantità, la loro esuberante presenza,

essendo nociva alla compressione ed alla coesione che queste terre acquistano dopo la pisonatura. Si costruiscono i muri formacei disponendo per strati di 10 a 15 cm. di altezza la terra dentro gli ordinari cassoni impiegati per la costruzione dei muri di calcestruzzo; gli strati si battono con la mazzaranga, finchè al loro altezza sia ridotta alla metà e si limitano alla loro estremità in maniera da individuare un piano di giunto inclinato al termine

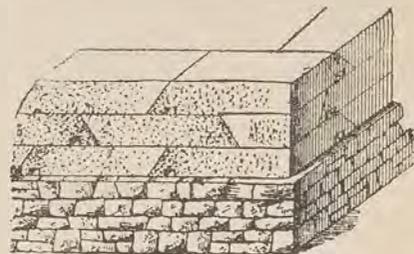


Fig. 578.

di ogni filare. Riempito il cassone, questo si smonta, si trasporta e si rimette a posto per continuare la costruzione della parte di muro che segue. I piani inclinati di giunto, con cui si fanno terminare i filari, si alternano in direzione per ogni filare, in maniera che a lavoro inoltrato si abbia la disposizione dei corsi segnata dalla fig. 578. Speciale cura si deve riporre, allorchè si sovrappone uno strato, nell'umettare convenientemente lo strato precedente, se questo si è notevolmente asciugato, poichè molto giova per collegare bene gli strati fra loro, che l'umidità sia uniforme nella terra che si comprime. Quando due muri si incontrano, perchè si abbia un saldo legame, i filari di ciascun muro si fanno alternativamente penetrare nello spessore dell'altro, come si pratica per i muri in pietra da taglio.

In Sardegna ed in qualche località dell'alta Italia per costruzioni rustiche si fa uso di muri costruiti con conci di terra argillosa impastata con paglia triturrata, che si fanno disseccare prima di metterli in opera. Questi conci regolari si assestano come i conci in pietra da taglio e si murano con malta di argilla, sopra uno zoccolo di muratura di pietrame.

Muri di terra ancora più solidi si fanno disponendo la medesima terra argillosa commista a paglia per strati, come si pratica per gli ordinari muri formacei, ed interponendo fra uno strato e l'altro dei ramicelli poco più corti dello spessore del muro. Questi rami si dispongono sul letto di posa dello strato, inclinati a 45° con le pareti del muro, in direzione alternativa per ogni strato, ed in questa posizione si comprimono leggermente per farli affondare nello strato di terra sul quale poggiano. Engel ha propo-

sto l'uso di un miscuglio di sabbia e calce grassa in proporzione di 8 di sabbia per 1 di calce spenta molto liquida. Tale malta di calce molto magra, se pur così si può chiamare, si prepara come le ordinarie malte di calce, coll'aggiunta di una quantità

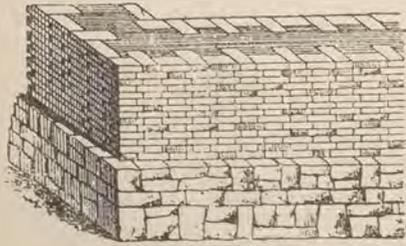


Fig. 579.

di acqua tale da aversi un impasto umido appena quanto la terra scavata di poco. In tale condizione simile miscuglio si impiega con le avvertenze medesime che sono indicate per la costruzione dei muri di terra.

Ad evitare l'uso del cassone incomodo per le sue manovre e per la sua pesantezza, Sachs propose pure di costruire i muri di terra rivestendoli con mattoni di argilla cruda, comprimendo cioè la terra argillosa per strati, come al solito, fra due pareti di mattoni crudi dello spessore di una testa. Il collegamento dei due materiali si ottiene ponendo un mattone in chiave ad intervallo costante fra i mattoni disposti in grossezza nei singoli filari (fig. 579).

I muri siffatti entrano però nella categoria dei muri di struttura mista, nella quale si comprendono tutti quelli in cui si ha una combinazione di due o più strutture semplici. Secondo che queste strutture si alternano nel medesimo muro per filari orizzontali o verticali ovvero il cambiamento di struttura ha luogo nel senso della grossezza del muro e ciò quando si ha una struttura compresa fra due altre o semplicemente addossata a una sola parete fatta con altro materiale, si distinguono due tipi principali di muri con struttura mista, che sono i *muri listati* ed i *muri rivestiti*.

### § 5.

#### I MURI LISTATI.

I muri listati si costruiscono con strati di materiali di natura differente allo scopo di meglio regolare l'assettamento dei materiali più informi ed aumentare la resistenza della costruzione.

I muri listati più comuni sono quelli fatti con muratura di pietrame informe o digrossato, la quale

si alterna con strati di mattoni composti di due o più filari, che si succedono a distanze verticali di 50 cm. ad un metro (fig. 4, tav. XXXIX).

Un muro di poco costo si può avere facendo al-

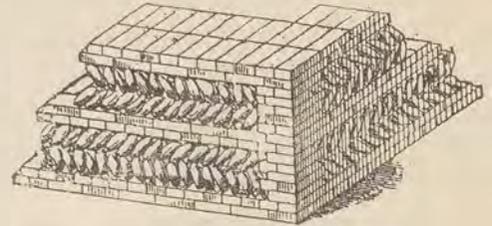


Fig. 580.

ternare con la muratura di mattoni una muratura grezza di ciottoli nei luoghi in cui questi abbondano. Conviene che i ciottoli abbiano una forma piuttosto allungata e la loro disposizione più conveniente è quella inclinata a 45° in senso alternativo in maniera da costituire l'orditura a spina di pesce indicata dalla fig. 580.

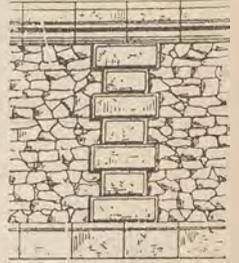
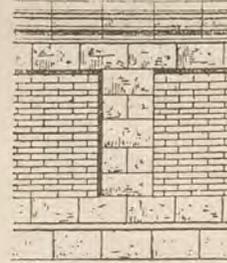
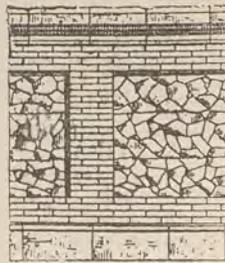


Fig. 581.

L'*opus incertum* (fig. 522) e l'*opus reticularum* (figura 518) dei Romani non sono che due varietà di murature con struttura mista, nelle quali i materiali si alternano per strati orizzontali o nel senso dello spessore del muro.

Talvolta i muri listati si costruiscono a semplice scopo decorativo sia accoppiando strati di struttura di mattoni con filari di pietra conca, sia filari di conci di pietra di differente colore, come si praticò nel medio Evo in molte regioni d'Italia. In ogni caso per la costruzione dei muri listati bisognerà attenersi alle norme date per la costruzione dei muri diversi di cui essi si compongono, curando di cominciare la costruzione di ogni singolo filare di muratura, dopo che è stato ben conguagliato il filare inferiore secondo un piano orizzontale, sul quale si stende un letto abbondante di malta per bene riempire tutte le irregolarità della superficie.

In talune costruzioni, come, ad esempio, negli edifici industriali coperti da vaste tettoie, nello spessore

Del muro sul quale poggiano le incavallature ed in corrispondenza di queste, si collocano quasi sempre i materiali più resistenti, qualora per la parte del muro, compreso fra due incavallature, si voglia costruire una muratura di minor costo e di minore resistenza. In muri siffatti perciò i materiali si succedono per strati disposti nel senso verticale, ed in essi possono alternarsi pilastri di conci di pietra con muratura di mattoni o di pietrame ovvero pilastri di mattoni con muratura di pietrame (fig. 581). Le due strutture si collegano meglio fra loro mediante un addentellato, secondo cui si fa terminare la struttura di materiale più resistente, ovvero mediante fascie orizzontali dello stesso materiale che comprendono la struttura di materiale più andante.

### § 6.

#### I MURI RIVESTITI.

I muri rivestiti si fanno con le pareti di mattoni o di pietra conca ed il nucleo interno di pietrame o di calcestruzzo e, spesso, di mattoni allora quando la parete esterna è rivestita di pietra da taglio.

Il rivestimento in pietra non si fa mai di grande spessore; la sua grossezza varia dai 10 ai 30 cm. secondo che la pietra è di maggiore o di minore resistenza. I rivestimenti in marmo si possono fare spessi sotto i 10 cm., ma non è a consigliarsi uno spessore troppo piccolo, perchè difficilmente queste pietre possono ben collegarsi con la struttura murale interna.

Il collegamento dei conci e delle lastre di pietra con la muratura interna si fa con la malta, ma principalmente mediante disposizioni speciali delle pietre ovvero mediante *grappe* o *ramponi* di ferro o di bronzo, che si addentano nell'interno della muratura.

Nelle fig. 525-528 e 1, tav. XL sono rappresentati i collegamenti con indentature e gradinate, che si adottano pei rivestimenti in pietra da taglio. Con questi sistemi di collegamento le due murature si costruiscono contemporaneamente; a mano a mano che si eleva un filare di conci, si costruisce la muratura di pietrame o il getto del calcestruzzo, fino alla corrispondente altezza del filare di pietra.

Questo procedimento presenta l'inconveniente dell'inevitabile abbassamento disuguale delle due murature per cui molti costruttori preferiscono di eseguire prima il nucleo interno di muratura, che rivestono in seguito con conci e lastre di pietra, allora quando le malte si sono totalmente asciugate.

Le lastre si possono collegare fra loro anche ad incastro (fig. 582) per meglio impedirne le loro sconessioni ed i ramponi con cui si uniscono le lastre ed i conci alla muratura possono essere semplici (figura 4, tav. XLIV) ovvero doppie ad U (fig. 3, tavola XLIV), in ogni caso terminano con le loro estremità ripiegate ovvero foggiate a coda di rondine. Nelle fig. 1 e 2 della medesima tavola sono rappresentati i particolari di un simile rivestimento in pietra da taglio addossato ad una muratura di mattoni.

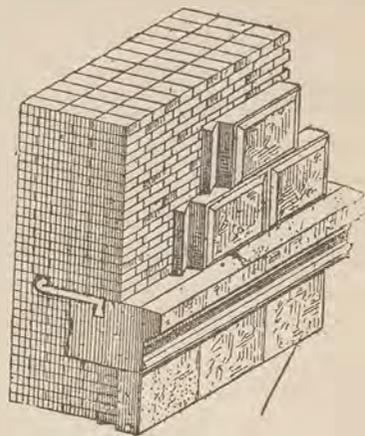


Fig. 582.

Qualora il rivestimento stesso è fatto di mattoni, la muratura interna, essendo per lo più di pietrame o di calcestruzzo, il collegamento delle due strutture si ottiene disponendo i mattoni parte in chiave e parte in grossezza (fig. 548).

I Romani impiegavano a tal uopo mattoni di forma triangolare e li assestavano nella maniera indicata dalla fig. 583 o nell'altra indicata dalla fig. 584, nella quale gli strati di mattoni si alternano con filari di pietra da taglio.

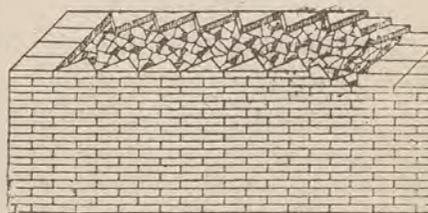


Fig. 583.

Qualora il rivestimento di mattoni è destinato a rimanere in vista o a *cortina*, come suol dirsi, i mattoni sono scelti fra i più regolari e talvolta si arrotondano, perchè le commessure riescano sottili e più liscia la superficie della parete. Le commessure nelle pareti a cortina vanno partitamente stuccate con malta fina ed accuratamente lisce.

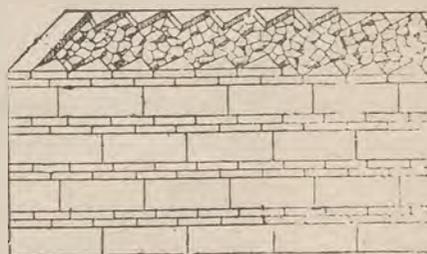


Fig. 584.

## CAPITOLO IV.

### LE NORME CHE REGOLANO LA COSTRUZIONE DEI MURI

#### § 1. DETERMINAZIONE DELLO SPESSORE DEI MURI.

¶ Nel comporre gli ordinari edifici di abitazione lo spessore dei muri sovente non viene stabilito dal calcolo, ma dalla pratica e dalla convenienza. I limiti entro cui possono oscillare gli spessori dei muri sono così riassunti dal Colombo:

1) Per i muri e pei pilastri isolati di altezza  $a$ ,

la grossezza  $h = \frac{1}{8}$  a  $\frac{1}{10}$  di  $a$ .

2) Per gli edifici di abitazione orditi con solai lo spessore dei muri d'ambito da costruirsi con mattoni sarà di 3 teste per l'ultimo piano e si aumenterà di una testa per ciascuno dei piani inferiori. I muri maestri interni avranno pure 3 teste di spessore e si aumenteranno di una testa per ogni due piani sottostanti ed i muri delle scale saranno costantemente non meno di 3 teste per tutta l'altezza dell'edificio. I tramezzi potranno essere spessi 2 teste, una testa e mezza testa secondo i casi.

Se gli edifici hanno volte al posto dei solai, si aumenteranno di una testa gli spessori sopra indicati dei muri d'ambito, dei muri maestri e dei muri delle scale.

3) Per gli edifici industriali, composti di un muro d'ambito e di vasti solai sostenuti da una o 2 file di colonne, per larghezze del corpo di fabbrica di 12 a 15 m., lo spessore del muro di mattoni all'ultimo piano sarà di tre teste e si aumenterà di una testa per ciascun piano sottostante. Per corpi di fab-

brica di maggiore ampiezza si aumenteranno i sopradetti spessori di una testa.

4) Se i muri non sono costruiti in mattoni, ma in pietra da taglio, il loro spessore sarà 0,75 dello spessore che avrebbero, se fossero in mattoni; se in pietrame digrossato 1,25 dello spessore suddetto; se in ciottoli 1,85. I muri di calcestruzzo e di cemento armato non superano 0,5 di tale spessore.

5) Per le fondazioni al livello del suolo si avrà una testa di più dei muri del piano terreno fino alla profondità di m. 1,5, oltre questo limite si aumenterà di una testa circa per ogni m. 1,5 di profondità. L'estensione delle fondazioni si calcola sulla base di 25 a 30 mila Kg. per mq. qualora il terreno sia sufficientemente resistente. )

6) Pei muri di sostegno dei terrapieni lo spessore  $b$  (fig. 585) alla sommità si deduce, secondo che la parte esterna è verticale oppure a scarpa di

$\frac{1}{10}$  ( $s = 0,1 h$ ) o di  $\frac{1}{5}$  ( $s = 0,2 h$ ), e secondo l'altezza

$h$ , del terrapieno sovrastante, dalla seguente tabella che comprende tre casi diversi:

1.<sup>o</sup> caso. Terreno ghiaioso, in equilibrio sotto un angolo massimo sull'orizzonte  $\varphi = 45^\circ$ ;

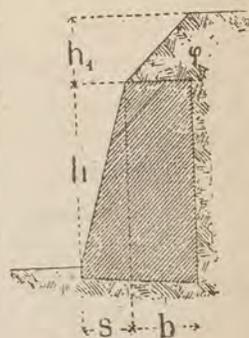


Fig. 585.

2.<sup>o</sup> caso. Terra di consistenza ordinaria in equilibrio sotto un angolo  $\varphi = 33^\circ$  (caso medio);

3.<sup>o</sup> caso. Sabbia sciolta o argilla inzuppata:  $\varphi = 27^\circ$ .

La tabella è calcolata nell'ipotesi di un coefficiente di sicurezza = 2, ritenuti 1600 e 2400 Kg. i pesi specifici del terreno e del muro.

$\frac{h_1}{h}$	Valori di $\frac{b}{h}$								
	1. <sup>o</sup> CASO : $\varphi = 45^\circ$			2. <sup>o</sup> CASO : $\varphi = 33^\circ$			3. <sup>o</sup> CASO : $\varphi = 27^\circ$		
	$s = 0$	$s = 0,1 h$	$s = 0,2 h$	$s = 0$	$s = 0,1 h$	$s = 0,2 h$	$s = 0$	$s = 0,1 h$	$s = 0,1 h$
0	0,273	0,179	0,096	0,361	0,265	0,179	0,408	0,312	0,224
0,1	0,299	0,204	0,120	0,393	0,297	0,209	0,443	0,342	0,257
0,2	0,319	0,224	0,139	0,417	0,321	0,232	0,468	0,371	0,282
0,3	0,335	0,240	0,154	0,436	0,339	0,250	0,487	0,390	0,300
0,4	0,348	0,252	0,166	0,450	0,353	0,264	0,502	0,405	0,315
0,5	0,359	0,263	0,177	0,462	0,365	0,276	0,513	0,416	0,325
0,6	0,367	0,271	0,184	0,472	0,375	0,286	0,522	0,425	0,334
0,7	0,375	0,279	0,192	0,480	0,383	0,293	0,529	0,432	0,341
0,8	0,382	0,286	0,199	0,486	0,390	0,299	0,535	0,438	0,347
0,9	0,388	0,292	0,204	0,492	0,395	0,305	0,540	0,443	0,352
1	0,393	0,297	0,209	0,497	0,400	0,310	0,544	0,447	0,356
1,5	0,411	0,315	0,227	0,513	0,416	0,325	0,558	0,461	0,369
2	0,423	0,326	0,238	0,523	0,426	0,335	0,566	0,469	0,377
2,5	0,430	0,333	0,245	0,529	0,432	0,341	0,571	0,574	0,382
3	0,436	0,339	0,251	0,534	0,437	0,346	0,574	0,477	0,385
4	0,443	0,346	0,257	0,539	0,442	0,351	0,579	0,482	0,390
6	0,451	0,353	0,265	0,545	0,448	0,357	0,583	0,486	0,394
10	0,458	0,361	0,272	0,550	0,453	0,362	0,587	0,490	0,398
$\infty$	0,469	0,372	0,283	0,559	0,462	0,370	0,594	0,497	0,405

Quando  $b$  risulti minore di 0,60, si prenderà sempre  $b = 0,60$ .

Se il muro di sostegno è provvisto di contrafforti esterni sporgenti quanto lo spessore del muro, lo spessore del muro costante si può fare 0,50 di quello calcolato con la tabella precedente per  $s = 0$ , se la larghezza dei contrafforti è di 1 m., e la loro distanza fra gli assi di 4 m.

7) Per i muri di sostegno a secco si adotta uno spessore = 1,5 di quello calcolato con la tabella superiore, se la scarpa è di  $\frac{1}{5}$  ed  $s = 0,2 h$ ; lo spessore = 1,25, se la scarpa è di  $\frac{1}{4}$ . Il minimo spessore in alto sarà di m. 0,60 e per altezze del muro maggiore di 9 m. i muri a secco si fortificano con filari di muratura ovvero si rivestono di una parete di muratura dello spessore di 25 a 30 cm.

§ 2.

LA CONDOTTA DEI LAVORI NELLA ESECUZIONE DEI MURI.

Sono generalmente riconosciute più favorevoli le stagioni intermedie per la costruzione dei muri, perchè d'inverno sotto l'influenza dei geli le pietre umide

facilmente si sfaldano e le malte perdono gran parte della tenacità di cui sono suscettibili; d'estate essendo i materiali troppo aridi, al loro contatto le malte si prosciugano presto, perdono gran parte della loro consistenza e non fanno tutta la loro presa. Laonde, se si è costretti a dovere costruire durante le stagioni poco propizie, per la ristrettezza del tempo o per la grande estensione dei manufatti, è necessario usare parecchie precauzioni, perchè la costruzione non abbia a soffrire alcun danno e fra queste le principali sono quelle di preservare le murature dal gelo, durante la loro costruzione, coprendole con stuoie o con tavole nelle ore troppo fredde dell'inverno e bagnando in giusta misura i materiali in estate, pria del loro impiego, usando in pari tempo malte piuttosto diluite.

Le strutture fondamentali si fanno sempre terminare secondo un piano orizzontale sul quale si procede al tracciamento di muri del piano sotterraneo. In questa operazione servono i fili di ferro tesi tra i cavalletti o i capisaldi esterni, che servono per il tracciamento degli scavi di fondazione. Facendo uso di fili a piombo, si segnano prima gli angoli esterni dei muri d'ambito, gli spigoli dei vani delle porte o delle finestre, che capitano nei medesimi muri, e tutti quei punti che sono riconosciuti singolari perchè, fissati detti punti mediante gli angoli di mattoni murati con malta sulle fondamenta, e tese delle cordicelle fra questi spigoli, si possano delineare le faccie dei muri, i riquadri e le strombature delle porte e delle finestre e con la falsariga del disegno, si possa determinare e completare il tracciamento dei muri d'ambito, stendendo sul piano delle fondamenta un cordolo di mattoni murati con malta (fig. 1, 2 tav. XLV).

Eseguito il tracciamento dei muri d'ambito, si procede a tracciare i muri interni servendosi dei medesimi fili, che servono per gli allineamenti degli scavi relativi di fondazione e per mezzo di fili di piombo si segnano i punti estremi delle faccie di detti muri e quindi, con cordicelle tese fra questi punti, si completa il tracciamento, nel quale si segnano anche i vani delle porte o delle arcate.

Compiuto il tracciato dei muri, si pone mano alla loro costruzione verso gli angoli e nei punti in cui due muris incontrano, elevandoli fino all'altezza d'uomo con morse e indentature per gli attacchi con le murature intermedie. Queste murature si completano dirigendone la costruzione con fili tesi fra le fronti delle

porzioni di muro già costruite per mezzo di chiodi o per mezzo di rigoni di legno fissati agli spigoli dei muri (fig. 2, tav. XLV). La costruzione delle mura-ture procede secondo le norme d'indole generica già indicate per le medesime e fino a che non si sia pervenuti con le stesse a 10 cm. al di sotto del livello del piano terreno, spianandole con un piano orizzontale sul quale, col metodo anzidescritto, si tracciano i muri del piano terreno, lasciando le opportune riseghe, le quali, quando riescono all'interno, vengono ad esser coperte dal pavimento. Così si continua il lavoro piano per piano fino al compimento di tutte le mura-ture.

Per condurre a perfetta esecuzione un muro, secondo la forma e le dimensioni prestabilite, non basta disporre di buoni materiali e di eccellenti malte, ma servono al costruttore alcuni utensili e svariati apparecchi i quali valgono per il posamento e pel conveniente assestamento dei materiali, per il loro trasporto nel cantiere e dal cantiere al piede dell'opera e per il loro innalzamento fino al luogo in cui si impiegano. Questi utensili, gli apparati meccanici ed i ponti di servizio che servono per loro sostegno descriveremo nei paragrafi seguenti.

### § 3.

#### GLI STRUMENTI DEL MURATORE.

Nel paragrafo precedente è stato fatto cenno dei *regoli* o *rigoni*, che sono aste di legno ben diritte, per lo più a sezione quadrata di m. 0,06 a 0,10 di lato, della lunghezza di 2 m., i quali si fissano ver-

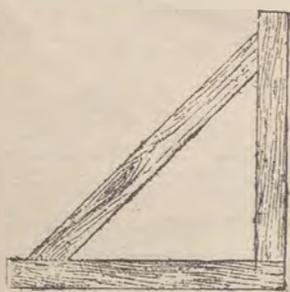


Fig. 586.

tualmente sugli angoli e sulle faccie dei muri, per il sostegno delle cordicelle di canapa che servono di guida al muratore per l'esecuzione diretta e verticale del muro. Le cordicelle hanno un diametro di 3 a 5 mm. e si chiamano *lignole* o semplicemente *cordini da muratore*. I regoli servono anche al muratore per verificare se una superficie ha le generatrici rettilinee, per lo che basterà poggiarli col dorso sulla detta superficie. A tal uopo servono meglio i regoli a sezione rettangolare (0,025×0,10 di sezione).

La *squadra* serve per verificare se due muri si incontrano ad angolo retto o se i conci sono giusta-

mente squadrati. Essa può essere di ferro (fig. 530) o di legno. La squadra di legno consta di due regoli ben diritti, lunghi m. 0,75 circa, collegati ad una estremità fra loro ad angolo retto o rinforzati da una traversa pure di legno (fig. 586).

Se i due regoli sono articolati si ha allora la *falsa squadra*, che può abbracciare qualsiasi angolo (fig. 587) e che perciò serve per la condotta dei muramenti incontrantisi sotto un angolo diverso dall'angolo retto.

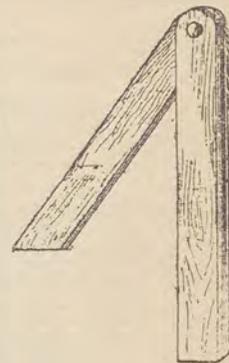


Fig. 587.

Il *piombino* o *filo a piombo* serve per accertarsi della verticalità di una parete. Esso consiste in un filo di canapa, alla cui estremità è assicurato un cono o un cilindretto metallico (fig. 588); mediante detta cordicella si collimano gli spigoli del muro, di cui si vuole verificare la verticalità. Talvolta scorre nel filo una piastra metallica o un disco di legname, aventi il diametro eguale a quello della base del cono o del cilindro metallico che costituisce il piombino. Poggiando la piastra e il disco contro la parete del muro di cui si vuol conoscere la verticalità, secondo che il piombino si appoggia alla parete o la tocca appena o si discosta dalla medesima si deduce che il muro rispettivamente è fatto a scarpa o è verticale o strapiomba.

L'*archipenzolo* è una squadra di cui i regoli sono di eguale lunghezza e tagliati al loro estremo a 45° (fig. 589). È munito l'archipenzolo di un piombino attaccato al vertice dell'angolo individuato dei regoli e di una linea nel mezzo del regolo trasversale, che si chiama *indice di fiducia*. Serve questo livello a piombo per determinare l'orizzontalità di un piano e specialmente per la verifica dell'orizzontalità del filare di muratura. L'archipenzolo può essere composto con due montanti e due traverse, che si uniscono ai montanti ad angolo retto (fig. 590). In tale caso si ha il vantaggio di poterlo applicare al piano stando al di sopra con l'estremità inferiore dei montanti o stando al di sotto col dorso della traversa superiore.

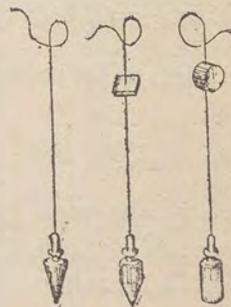


Fig. 588.

Sono inoltre necessari al muratore per murare le pietre:

Il *martello* che serve a rompere od a tagliare le pietre irregolari od i mattoni ed a *batterli* od assestarli a sito (fig. 591). Ha il martello una estremità quadrata e l'altra tagliente col taglio diretto nel senso del manico o normal-

mente a questa direzione. Il taglio poi è tanto meno ampio quanto più dure sono le pietre, che si impiegano nella costruzione.

La *cazzuola* serve al muratore per distendere la malta. Essa è costituita da una lamiera di ferro lunga m. 0,18, larga nel mezzo cm. 6 e provvista di un manico ripiegato (figura 590). Per le malte con gesso la cazzuola si fa di lamiera di ottone,

perchè il gesso ossida energicamente il ferro.

Il *mastello* è il recipiente di legno a sponde verticali od inclinate, in cui il muratore depone la malta per tenerla a sua disposizione (fig. 592). Le sue dimensioni medie sono m.  $0,80 \times 0,50 \times 0,25$ .

Per il tracciamento delle linee di livello nelle fabbriche in costruzione servono al costruttore;

Il *livello ad acqua* (fig. 593) detto anche a vasi comunicanti il quale consta di un tubo di ottone della lunghezza di un metro circa che alle due estre-

mità ripiegate ad angolo retto porta due tubi cilindrici di vetro, di sezione circolare, di eguale diametro interno. Il tubo di ottone del diam. di 25 mm. ha nel mezzo un manico cavo, che serve per fermarlo sopra un tre piede. In questo tipo è possibile solamente la rotazione del sistema intorno all'asse del trepiede, mentre se vi è anche l'articolazione sferica, lo strumento può muoversi comunque si voglia. Versando dell'acqua o altro liquido, per lo più colorato, le due superficie libere *s s* delle colonne, che si innalzano nei due tubi di vetro obbedendo alle leggi idrostatiche, anche nel caso che non sia orizzontale il tubo di ottone, individuano il piano orizzontale di livello, secondo cui si riguarda con una visuale condotta tangenzialmente ai tubi.

La livellazione si eseguisce più comodamente e con maggiore esattezza con la livelletta a *bolla d'aria* (fig. 594).

Questo strumento si compone di un tubo di vetro di cui la superficie interna è generata da un arco di cerchio *xyz* (fig. 595), che ruota attorno la sua corda. Più di raro risulta formata da una porzione di loro circolare (fig. 596). In una livella di tal genere si chiama *asse* la tangente in *x* all'arco *xyz*. Il tubo contiene un liquido molto fluido (alcool, etere solforico, acqua distillata), in modo da lasciare un piccolo spazio occupato da una bolla d'a-

ria, ed è incassata in una montatura fissata sopra di una lamina di ottone detta *base*. Qualora la livelletta sia disposta sopra un piano orizzontale, la bolla d'aria occupa la parte centrale *nn* del tubo, in corrispondenza della quale si hanno nel tubo due linee, dette *linee fiduciali*, che segnano i limiti entro cui deve stare la bolla d'aria, quando la base dell'apparecchio posa sopra un piano orizzontale. Quando, collocata la livella sopra un piano, in due posizioni non paral-

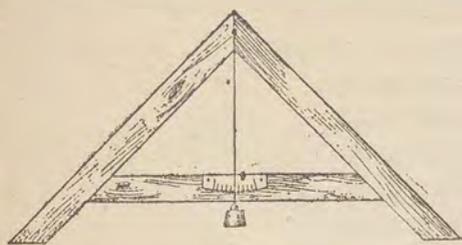


Fig. 589.

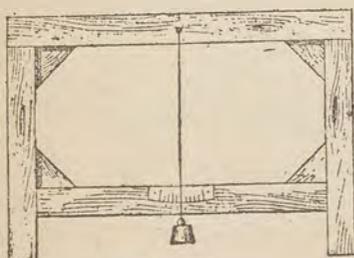


Fig. 590.

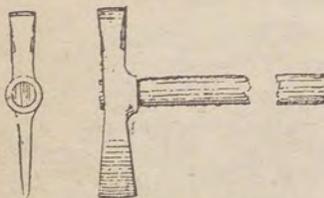
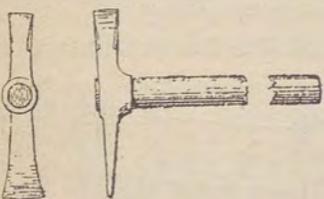


Fig. 591.

le pietre:



Fig. 592.

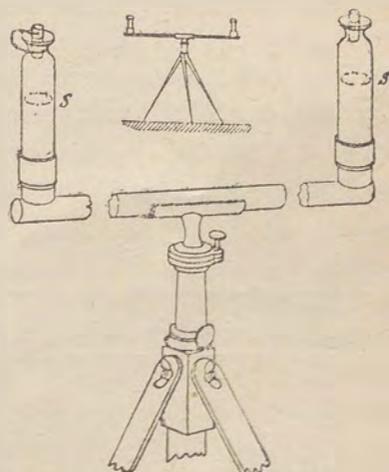


Fig. 593.

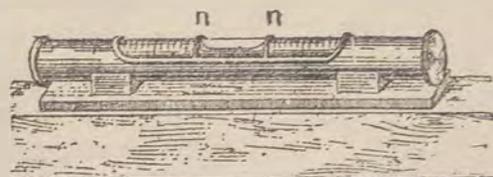


Fig. 594.

la livella sopra un piano, in due posizioni non paral-

lele, la lolla risulta accentrata, si è sicuri che il piano è orizzontale.

Perchè una livella a bolla d'aria sia adatta a guidare visuali orizzontali, si unisce a due traguardi reciproci portati da due alette fisse e ripiegate ad angolo retto sulle estremità di un regolo metallico sostenuto da un sopporto a tre-piede. Sul mezzo del regolo si trova

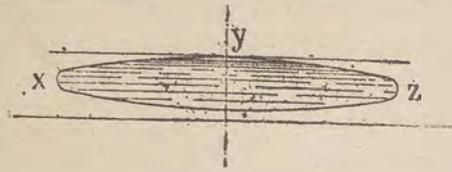


Fig. 595.

la livella a bolla d'aria (fig. 597). È condizione indispensabile nei livelli a traguardi che la linea di mira dei traguardi sia parallela all'asse della livella cioè alla tangente centrale. Allora quando si vogliono molto estendere le visuali la livella a bolla d'aria si unisce ad un cannocchiale. I più semplici livelli a cannocchiale sono quelli con cannocchiale fisso, unito cioè invariabilmente al sostegno, il quale

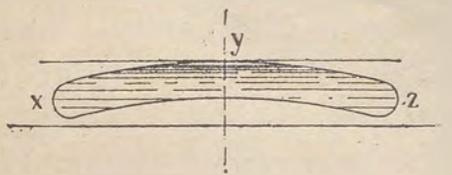


Fig. 596.

è provvisto di una articolazione sferica con 4 viti a contrasto per gli opportuni movimenti dello strumento (figura 598). Nei livelli a cannocchiale girevole la livella, girando il cannocchiale, può assumere le due posizioni  $l$  ed  $l_1$  (fig. 599) e nella seconda posizione si può accentrare la bolla, se la livella è munita di due sistemi di linee fiduciali diametralmente opposte ovvero se la livella è girevole intorno all'asse dei sostegni che l'uniscono

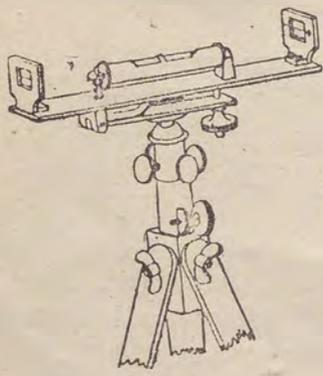


Fig. 597.

al cannocchiale ed in pari tempo è munita di un contrappeso che la mantiene sempre con la graduazione rivolta verso l'alto. Fra i livelli a cannocchiale girevole il livello *Egault* è quello più usato. Nel livello *Egault* il cannocchiale può anche invertirsi sui due sopporti, perciò è invertibile e capovolgibile. Nei livelli di quest' categoria si ha un asse per la rotazione orizzontale dello strumento ed una base triangolare munita di 3 viti girevoli a mano, sulla quale l'apparecchio riposa; la livella può trovarsi sul regolo

al di sotto del cannocchiale (fig. 600), ovvero è montata sopra il cannocchiale (fig. 601). Inoltre l'apparecchio è provvisto di un sostegno a tre-piede. È condizione indispensabile in questi livelli che l'asse delle staffe coincida con l'asse del cannocchiale e perciò anche i raggi delle staffe siano eguali tra loro, che l'asse della livella sia parallela all'asse del cannocchiale e normale all'asse verticale di rotazione dell'apparecchio.

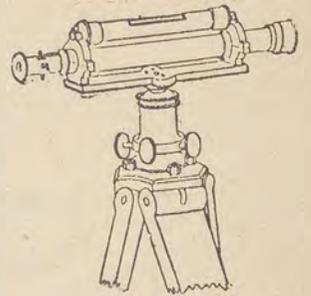


Fig. 598.

Per conoscere la differenza di livello di due punti con una livella a traguardi od a cannocchiale occorrono le *biffe* o *mire*, che possono essere *a scopo* e *parlanti*.

La *mira a scopo* è formata con un regolo a sezione quadrata graduato fino al centimetro, della lunghezza di 4 a 6 m., in uno o in due pezzi, sul quale può scorrere una tavoletta quadrata o circolare detta *scopo*, il cui centro serve di punto di mira (fig. 602).

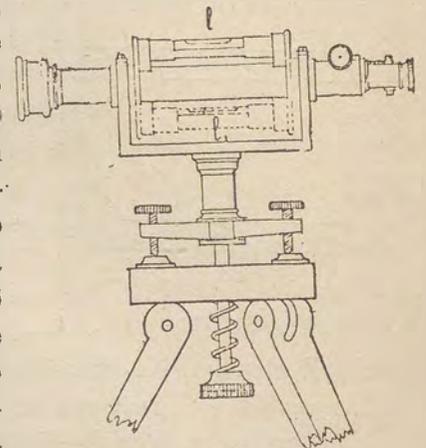


Fig. 599.

Lo scopo porta una divisione del centimetro in mm., per cui la lettura può essere spinta fino al millimetro.

La *mira parlante* consiste in un regolo piatto di 3 a 4,5 m. di lunghezza, diviso nelle due faccie in centim. alternativamente colorati in rosso o in nero (fig. 603). Talora queste righe sono racchiuse in scacchi comprendenti un decimetro, perchè si possa effettuare con minore stento la lettura da lontano (fig. 604). La differenza delle letture esc-

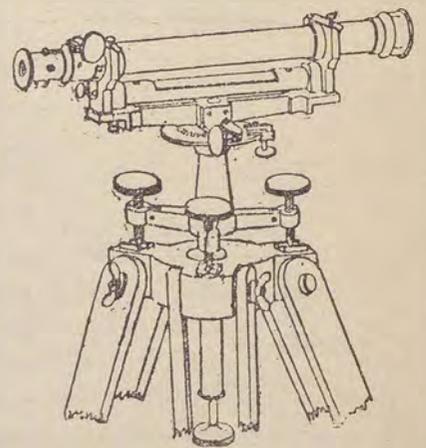


Fig. 600.

guitte, collocando la mira successivamente sopra due punti, ci dà la differenza di livello tra i medesimi.

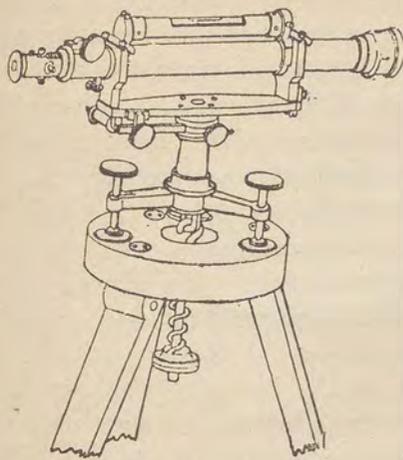


Fig. 601.

Per tracciare un allineamento serve lo *squadro a traguardi*. Questo apparecchio consta di una cassetta cilindrica od ottagonale di metallo, portante sulle pareti due coppie di traguardi, che determinano due piani di mira ortogonali e due altre per piani di mira a 45° coi primi

di traguardi e porta nel suo orlo una divisione sessagesimale e la parte superiore, girevole mediante una vite sull'inferiore, porta un nonio e due traguardi individuanti due piani visuali ortogonali fra loro, di cui uno coincide con lo zero del nonio. Facendo coincidere il piano del traguardo inferiore con un dato allineamento, si potrà con questo strumento tracciare un allineamento che faccia un angolo qualsiasi con quello dato.

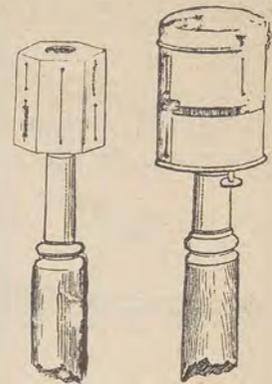
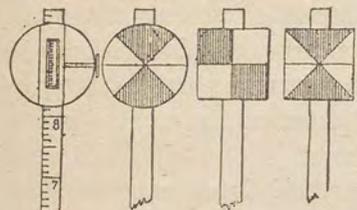


Fig. 605.

Fig. 606.

(fig. 605). Al di sotto porta un manico cavo col quale lo squadro si



fissa a un supporto a bastone o a trepiede. Ogni traguardo principale è reciproco, consta cioè di una

fenditura e di un filo, ond'è necessario che l'asse della fenditura e l'asse del filo stiano su un medesimo piano. Lo squadro si dispone col suo asse verticale, attorno al quale può essere girevole, e tal condizione si verifica allora quando mirando un filo a piombo il piano visuale coincide col filo. È pure condizione necessaria che i piani di mira passino per l'asse dello strumento, se con esso si vuol fare stazione nel punto per il quale si vuol far passare un allineamento.

Per la misura di un angolo orizzontale serve lo *squadro graduato a traguardi*, il quale consiste di un cilindro metallico



Fig. 603.

Fig. 602.



Fig. 604.

di un manico cavo e di trepiede (fig. 606). Il cilindro è diviso in due parti, l'inferiore che ha un sistema

§ 4.

IL TRASPORTO ORIZZONTALE DEI MATERIALI NEI CANTIERI.

Trattando il movimento degli sterri nei cavi di fondazione, sono stati enunciati i mezzi più acconci per il loro trasporto, che generalmente valgono anche per il trasporto dei materiali da costruzione nei cantieri. Le ceste, le gerle, le barelle, le carriuole, la carretta a mano ed a bilico, molti dei carri trainati da animali e buona parte di quelli trainati meccanicamente sopra rotaie, ecc. servono egualmente per il trasporto dei materiali e specialmente per le terre,

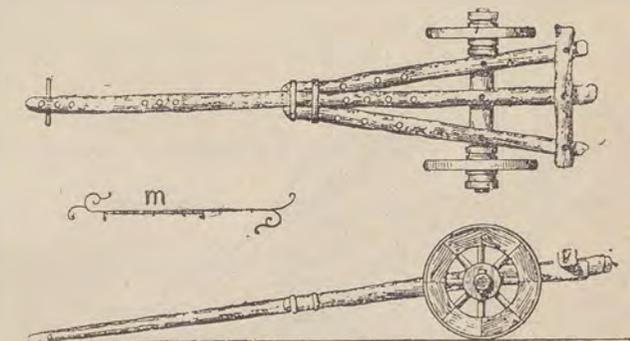


Fig. 607.

la sabbia, la ghiaia, le calci, i mattoni e simili. Per il trasporto dei legnami di grandi dimensioni, delle grosse travi e dei tronchi degli alberi si usano speciali veicoli, che possono essere a 2 ed a 4 ruote, così anche per trasporto delle pietre gregge, dei blocchi e delle lastre di pietre o di marmi.

Per il trasporto delle pietre grosse informi, quale provengono dalle cave, serve la *carretta* da pietre, rappresentata nella fig. 607, composta con due ruote

imperniate ad una sala robusta alla quale si unisce un lungo timone di legname, rafforzato alla sala per mezzo di due travi disposte in maniera da individuare una piattaforma triangolare sulla quale si collocano le pietre. Il carro per il trasporto dei grossi blocchi di marmo attualmente in uso nelle cave di Carrara

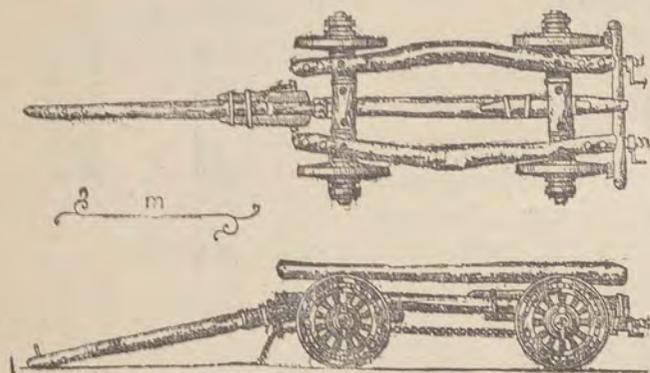


Fig. 608.

(fig. 608) è a 4 ruote accoppiate in due sale, collegate fra loro da due travi di legname, che individuano con le sale la piattaforma. Sono provvisti di freno e di un timone per l'attacco degli animali, per lo più pariglie di buoi in numero sufficiente.

Le lastre di pietre o di marmi, che vengono fuori dalle segherie, si trasportano collocandole di costa l'una accanto all'altra, con la loro faccia verticale, dentro

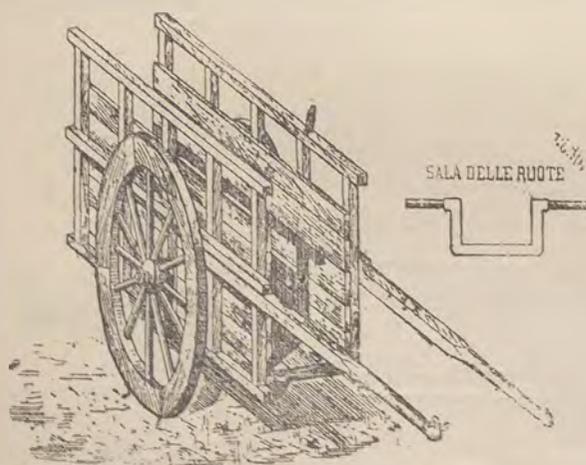


Fig. 609.

carri stretti e profondi (*mambrucche*) a due ruote, la cui sala è situata al di sopra del fondo del carro (fig. 609). Le mambrucche possono essere provviste di un solo lungo timone, situato sotto al fondo della cassa del carro ed allora è trainata a mano, o di due timoni situati ai lati della cassa ed allora serve per essere trainata da animali. Per il trasporto delle

grosse travi e di tronchi di albero si impiegano le *barrucole*, le quali per la forma richiamano la carretta per le pietre, perchè come questa consta di due ruote imperniate a una sala e di un lungo timone innestato solidamente alla sala. I tronchi e le travi si sospendono al timone dalla parte di sotto, per mezzo di funi o di catene, in maniera che il loro centro di gravità stia sulla verticale che passa per il punto di mezzo della sala, perchè facile riesca la trazione del carro. Se i tronchi da trasportare sono molto lunghi e pesanti si accoppieranno insieme due *barrucole*, in maniera da individuare coi tronchi un carro a 4 ruote.

Più agevole in questi casi è il *trincapalle*, che è un carro con due paia di ruote accoppiate con due sale. La sala delle ruote posteriori, di diametro molto più grande delle anteriori, è collegata alla sala delle ruote anteriori mediante una lunga antenna rigidamente fissata alla sala posteriore ed imperniata con una caviglia alla sala anteriore, attorno alla quale può girare. La sala anteriore porta due timoni per l'attacco dei cavalli ed il pezzo o i pezzi da trasportare si appendono alla antenna che unisce le due sale.

Per travature ordinarie di legname serve bene la *galeotta*, che è la carretta a bilico rappresentata dalla fig. 117 nella quale i legnami si depositano sulla piattaforma di travi situati al di sopra della sala delle ruote e se la trazione si deve effettuare sopra binari provvisori il carro piatto della fig. 1 a tav. II.

Per oggetti pesanti, quali sbarre e travi di ferro, colonne di ghisa o di pietra, sale da carri pesanti, pietre, proietti, ecc. gli ufficiali del genio militare impiegano convenientemente i così detti *carri-leva*, perchè meglio corrispondono al rapido trasporto di tali materiali. Costano questi congegni di due ruote collegate ad una sala, sulla quale è fissato un timone che per poco si prolunga dalla parte opposta a quella in cui è il manubrio e che agisce da leva di 1.<sup>o</sup> genere per il sollevamento del pezzo il di cui fulcro è costituito dall'asse delle ruote. La fig. 2, tav. XLVI, rappresenta in due posizioni uno di questi carri-leva trainabili a mano; nella prima il carro col timone innalzato sta per sospendere un tronco d'albero da trasportare, nella seconda il carro carico è nella posizione per essere trainato. L'attacco del pezzo alla leva si fa per mezzo di funi o di catene; nella figura il braccio corto della leva è munito di una ulivella a tenaglia, simile a quella delle fig. 537, le cui branche più lunghe si allargano, per l'azione di una molla

a contrasto fra le medesime, all'atto che esse prendono il pezzo, e si restringono poscia per effetto di un disco ellittico che contrasta con le gambe più corte della tenaglia; questo disco è girato a volontà per mezzo del manubrio col quale termina il timone di cui facilmente si comprende la manovra.

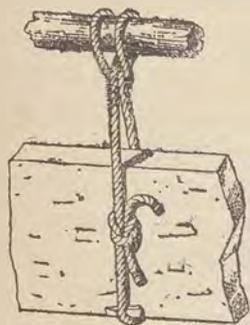


Fig. 610.

Si hanno diversi altri tipi di carri-leva, i quali differiscono più o meno per il meccanismo di sollevamento. Prevalentemente questo congegno è costituito da un verricello, ed il tipo più noto è il carroleva a verricello regolamentare della nostra Artiglieria della portata di 5 tonnellate.

Per brevi distanze orizzontali nel medesimo cantiere e per pezzi di pietre o di marmi intagliati che nel maneggiarli richiedono cure speciali, conviene il trasporto così detto *a bilancia*, che consiste nel fare portare il masso a spalle d'uomini per mezzo di una stanghetta e di una imbracatura del pezzo con funi, se questo non è troppo pesante. La fig. 606 rappresenta ad esempio una lastra di pietra imbracata, appesa alla stanghetta, per essere trasportata da una coppia di manovali. Se i pezzi da trasportare sono lunghi e pesanti (travi e colonne di ferro, travi di legno, ecc.), a seconda del loro peso, si impiegano più coppie di manovali, con altrettante stanghette

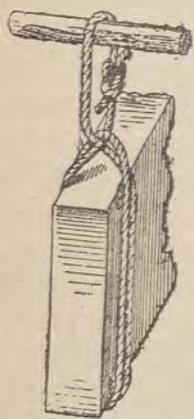


Fig. 611.

provviste di brache le quali si distribuiscono in maniera che il peso venga uniformemente ripartito su tutte le persone che compiono la manovra. A questo scopo giova che le persone addette ad ogni stanghetta abbiano la medesima altezza, e si intende che, per coppie di manovali di differente altezza, occorrerà variare la lunghezza della braca, la quale è fatta con un pezzo di fune annodata ai due capi, talvolta continua, disposta in maniera

da stringere la stanghetta e sostenere semplicemente il pezzo, come indica la fig. 610, ovvero da accavalcarsi semplicemente alla stanghetta e stringere il pezzo come nelle fig. 611-612. I grossi legnami ed i blocchi di pietra pesanti si trasportano per brevi distanze nel cantiere, facendoli scorrere sopra *rulli* o *curri*

di legname o di ferro, sui quali si spinge il pezzo mediante una stanga di legno o di ferro, agente come leva di 3.<sup>o</sup> genere, il cui fulcro sta nel terreno (fig. 531), ovvero quando tal movimento

riesce stentato per il grande peso del pezzo o per l'attrito del suolo, facendo girare i rulli medesimi, i quali a tale scopo sono provvisti all'estremità di fori, nei quali si introduce una sbarra di ferro (fig. 613) per mezzo della quale si fanno girare. I rulli, qualora non sono in ferro, sono di legno forte (rovere, frassino, ecc.), hanno il diametro di 12 a 20 cm. ed hanno le estremità rinforzate con ghiera di ferro. Per agevolare la trazione sui rulli, questi si fanno poggiare convenientemente sopra tavole o travi collocate sul terreno. Ciascun blocco riposerà sopra tre rulli al più, ed il terzo di essi cesserà di agire, allorchè il pezzo spinto avanti posa stabilmente sopra gli altri due. La fig. 614 ci mostra in proiezione orizzontale la disposizione dei rulli e delle tavole o travi, allorchè il blocco deve farsi girare; i rulli concorrono col loro asse al centro dell'arco che dovrà descrivere il blocco nel suo movimento.

Per agevolare la trazione sui rulli, questi si fanno poggiare convenientemente sopra tavole o travi collocate sul terreno. Ciascun blocco riposerà sopra tre rulli al più, ed il terzo di essi cesserà di agire, allorchè il pezzo spinto avanti

posa stabilmente sopra gli altri due. La fig. 614 ci mostra in proiezione orizzontale la disposizione dei rulli e delle tavole o travi, allorchè il blocco deve farsi girare; i rulli concorrono col loro asse al centro dell'arco che dovrà descrivere il blocco nel suo movimento.

I pezzi pesanti, come travi di ferro, colonne di ghisa, pietre gregge ed intagliate, ecc., caricati so-

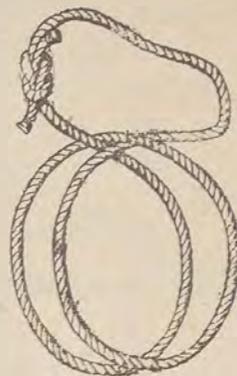


Fig. 612.



Fig. 613.

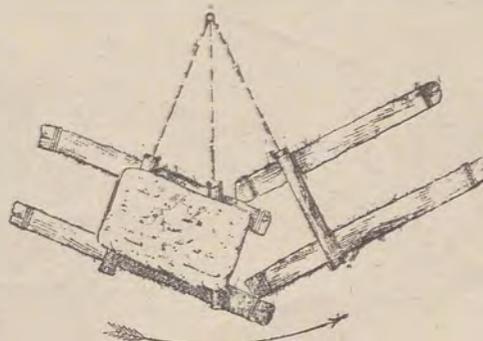


Fig. 614.

pra carri e trasportati nel cantiere, quivi si scaricano facendoli scorrere, per mezzo di rulli o senza, secondo che sono molto o poco pesanti, sopra un piano inclinato accostato al carro come mostra la fig. 615.

Questo piano inclinato è composto di un sufficiente numero di travi squadrate di legname poggiate con un estremo sopra un apposito cavalletto e coll'altro conficcate per poco nel terreno per impedire il loro scorrimento.

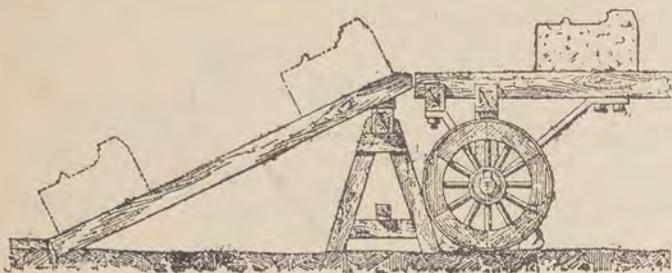


Fig. 615.

Se il pezzo non è molto pesante, si può procedere alla sua scarica facendolo scorrere senz'altro prima sul carro e quindi sul piano inclinato, spingendolo a mano o al più con l'aiuto di una leva di ferro che lo spinge avanti. Se i pezzi sono molto pesanti conviene assicurare l'estremità superiore del piano al carro, nella maniera della fig. 616 e far scorrere il pezzo da scaricare sopra il carro ed il piano inclinato con l'aiuto di una leva di ferro, che lo sospinga e di un rullo, di guisa che il pezzo poggi sempre sul rullo e sul piano di scorrimento. Nella figura è segnata la manovra nei suoi stadi, la quale si deve effettuare con tutte le cautele, perchè il pezzo scenda frenato dall'attrito contro il piano e non precipiti per il pendio, con probabilità di guasto, se è intagliato e fragile, ed in ogni caso di possibile disastro. Si raccomanda perciò di assicurare bene il carro, con pietre incastrate fra le ruote, ed il piano inclinato sul carro o sul cavalletto e sul terreno, occorrendo an-

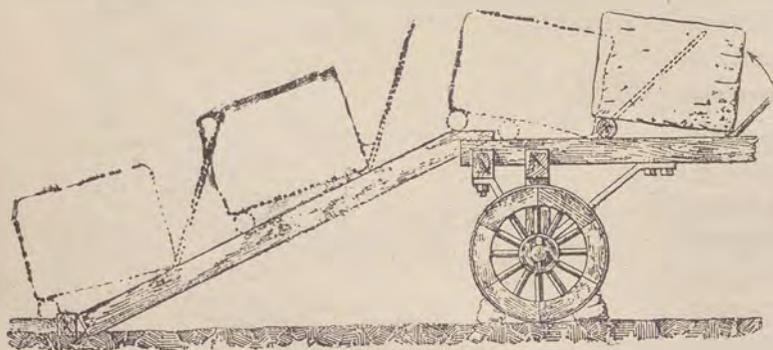


Fig. 616.

che con una traversa inchiodata sul terreno medesimo, come indica la figura stessa, per evitare i loro falsi scorrimenti. Così, se i pezzi sono costituiti da pietre o da marmi intagliati, conviene difenderli con stuoie o con tavole o piattforme mobili, assieme alle quali si scaricano con sicurezza di non guastarli.

## § 5.

## L'INNALZAMENTO DEI MATERIALI NEI CANTIERI.

## LA LEVA ED IL MARTINETTO.

Quei materiali che si impiegano nelle costruzioni murali e che per il loro grande peso e volume non si possono sollevare a braccia d'uomini fino al luogo in cui si mettono in opera, si innalzano per mezzo di apparecchi o di macchine, le quali, secondo l'importanza del lavoro che le medesime compiono, si possono distinguere in due categorie e c'è: in macchine destinate per sollevare pesi esclusivamente a piccole altezze, fra le quali si comprendono la *leva* ed il *cricco* o *martinetto*, e macchine destinate per sollevare pesi ad altezze più considerevoli, fra le quali si classificano il *verricello*, la *carrucola*, il *paranco*, l'*argano*, l'*antenna*, la *capra*, la *gru*, i *montacarichi* e gli *elevatori* in genere, nonchè le *ferrovie fu-*

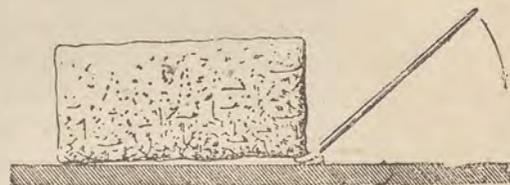


Fig. 617.

*nicolari* delle quali si è fatto cenno trattando del trasporto degli sterri.

Della leva si è veduta un' applicazione nel precedente paragrafo col trasporto orizzontale per breve distanza di un masso di pietra.

La *leva*, chiamata anche *palo*, *palano* o *palanchino*, consiste in un palo di ferro o in una stanga di legno, della lunghezza di 1,5 a 3 m., del diametro di m. 0,04 a 0,06, se è di ferro, e di m. 0,08 a 0,12 se è di legno, avente l'estremità quasi sempre foggata a scalpello o ad unghia, se è di ferro (fig. 1, tav. XLVI), per potersi facilmente insinuare obliquamente tra il terreno ed il masso da sollevare allo scopo di innalzarlo, se viene premuta dall'alto al basso l'estremità superiore della leva (fig. 617).

A questo scopo fra l'estremità inferiore della leva ed il terreno si interpone una pietra o un pezzo di legno, che costituisce il fulcro attorno al quale si fa girare la leva. Serve la leva per sollevare i massi, quando si vogliono innalzare all'altezza necessaria per introdurvi sotto i rulli, che si impiegano per il loro

trasporto. E poichè essa serve anche a sospingere i massi, allorchè riposano sopra rulli, agendo in questo caso da leva di 3.<sup>o</sup> genere, così la leva è un apparecchio che serve a sollevare come a trasportare per brevi distanze i voluminosi e pesanti materiali. Una leva di 1.<sup>o</sup> genere è pure l'*altalena* che anche g'i

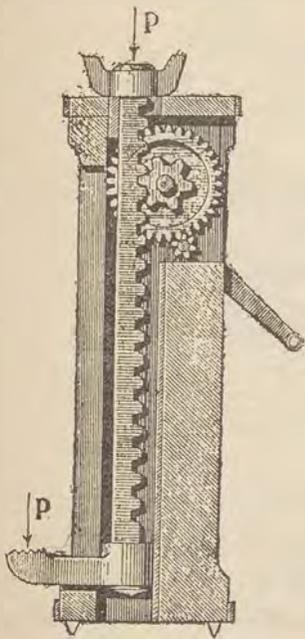


Fig. 618.

enolochi impiegano per sollevare e pesare le botti piene di vino. Consiste questo apparecchio in un cavalletto a tre gambe (figura 3, tav. XLVI), terminante in testa con una forchetta di ferro girevole, che funziona da fulcro di una stanga di legno guernita sul dorso inferiore, verso il punto di appoggio, di una lamiera di ferro munita di scanalature con le quali è permesso di potere stabilire convenientemente il braccio di resistenza della leva, che termina con un uncino di ferro. I vinai imbracano la botte con una fune, con la quale, innalzando il braccio più lungo della leva, la sospendono al gancio di una stadera appesa all'uncino della leva, e facendo pressione dall'alto al basso sulla estremità più lunga della leva, sollevano e pesano la botte. L'*altalena* riesce utile al costruttore per muovere e spostare lateralmente con poca fatica le cataste di materiali pesanti, come travi e lamiere di ferro, tronchi d'albero, travi di legname, ecc.

Per sollevare a piccole altezze con movimento lento e graduato un corpo pesante, serve la *binda* detta anche *crizzo* o *martinetto*, colla quale si sostiene in pari tempo il corpo dopo avvenuto l'innalzamento.

Si hanno diverse specie di martinetti; però i più usati per sollevare da terra oggetti pesanti, come carri, vetture ferroviarie, locomotive, ecc. sono quelli *a dentiera* e quelli *a vite*.

Il *martinetto a dentiera* (fig. 618) consiste in una cassa di legname, alta m. 0,7 a m. 1,3, grossa dai 12 ai 20 cm., convenientemente rinforzata con parti in ferro, ovvero costituita totalmente di lamiera di ferro o di acciaio, entro la quale in apposite scanalature può scorrere una robusta asta di acciaio a dentiera, terminante superiormente con una forchetta, alla quale

si applica il corpo *P* da sollevare, ed inferiormente con una staffa alla quale si può applicare il medesimo corpo, allora quando questo giace in basso molto vicino al terreno. La base di questo apparecchio è munita di punte di ferro le quali, ritenute nel suolo o contro altro corpo, che si sottopone al martinetto come punto di oppoggio, impediscono lo scorrimento del medesimo. Il movimento dell'asta si ottiene mediante una o più ruote dentate ed il martinetto si dice *semplice*, quando tal movimento si ottiene mediante un rocchetto o pignone innestato sull'asse di una manovella, che serve a farlo girare e si dice *composto*, qualora il movimento della manovella si trasmette all'asta con l'intermezzo di più ruote dentate e più pignoni come nel caso della figura 618. L'asse della manovella porta un rocchetto a denti obliqui all'esterno della cassa (fig. 619), contro cui preme, per mezzo di molla o per effetto del proprio peso, un nottolino di ferro *n* che impedisce il movimento all'indietro della manovella e quindi, frenando il movimento di discesa dell'asta della binda trattiene il corpo sollevato. Per abbassare il martinetto basterà sospendere con le dita il nottolino e girare nel senso inverso la manovella.

L'effetto utile di questa macchina è dipendente dalle dimensioni delle varie parti. Quanto maggiore è il braccio della manovella ed il raggio della ruota dentata e minore il raggio dei rocchetti dentati, altrettanto più piccolo sarà lo sforzo, da applicarsi alla manovella, occorrente per sollevare un determinato peso. Con una macchina simile avente le seguenti dimensioni: braccio di leva m. 0,36, raggio della ruota dentata m. 0,11, raggio dei rocchetti m. 0,025 a m. 0,03, si può ritenere, tenendo conto degli attriti, che si potrà sollevare un peso circa 60 volte maggiore dello sforzo esercitato sulla manovella, allorchando il martinetto è composto con una ruota dentata e due pignoni innestati su due assi, ed un peso circa 230 volte maggiore, se il martinetto è montato su tre assi con 2 ruote dentate e tre pignoni.

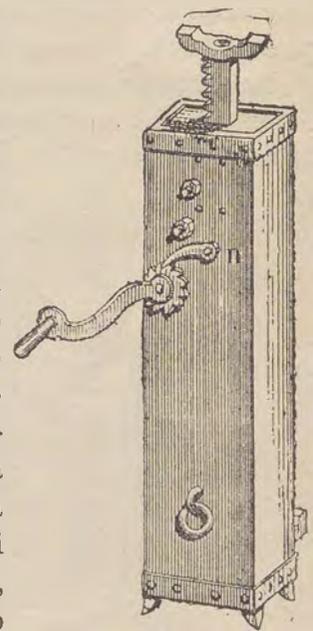


Fig. 619.

Più rispondente è il martinetto a dentiera con vite senza fine (fig. 620), perchè la vite di cui è munito l'asse della manovella ingrana con una ruota a denti elicoidali ed agisce da per sè stessa come freno.

L'asse di questa ruota è munito di un pignone che in-

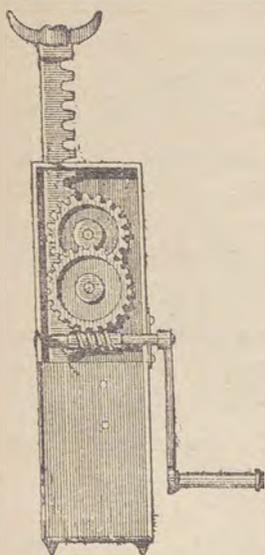


Fig. 620.

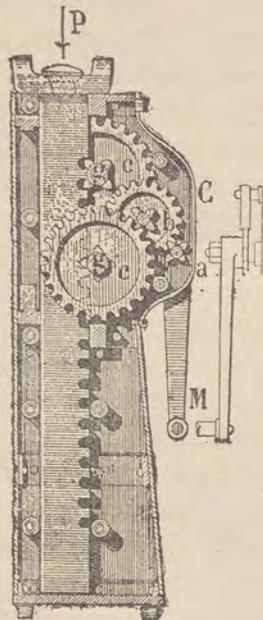


Fig. 621.

grana con una seconda ruota dentata, girevole intorno a un secondo asse, il cui rocchetto ingrana finalmente con l'asta del martinetto.

Un perfezionamento di questi apparecchi è rappresentato dal martinetto a dentiera del sistema *Dickertmann* (fig. 621), il quale differisce da quelli

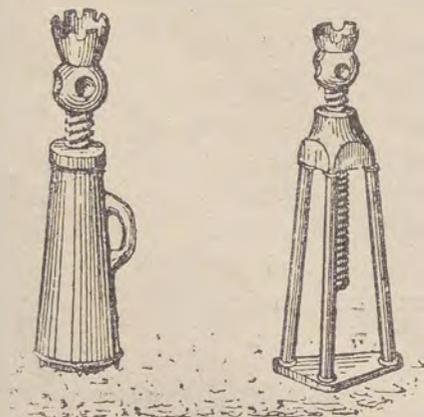


Fig. 622.

fin ora descritti pel fatto che, non uno solo, ma due rocchetti ingrano contemporaneamente sull'asta della binda, in maniera che mentre il dente di un rocchetto imbecca completamente nella dentiera, un dente dell'altro rocchetto comincia ad agire sopra

un altro dente della medesima. Con questa binda perciò si ha il vantaggio di avere il carico distribuito sopra i due rocchetti, e quindi l'apparecchio non solo è più sicuro, ma riesce potente a sollevare carichi fino a 20 tonn. Il rocchetto *a* con 4 denti, montato sull'asse della manovella *M* ingrana con una prima ruota dentata *b*, il cui rocchetto pure a 4 denti ingrana contemporaneamente con i denti di due ruote dentate *cc*, munite di rocchetti a 4 denti *gg*, che ingrano con la dentiera dell'asta. Questa è guidata nel suo movimento da sette cilindri di acciaio, i cui assi servono anche ad assicurare le pareti della cassa che contiene la binda. Un coperchio *C*, girevole intorno una cerniera, serve per potere unger d'olio gli ingranaggi. La manovella all'esterno della cassa è munita di un arresto consistente in un pignone a denti obliqui ed in un nottolino, simile del tutto a quello della fig. 619, per impedire il ritorno indietro dell'asta dentata; però questa binda può anche costruirsi munendo di vite senza fine l'asse della manovella, ingrante con una ruota a denti elicoidali, come nella binda rappresentata dalla fig. 620; in questo caso la vite senza fine costituisce il freno dell'apparecchio.

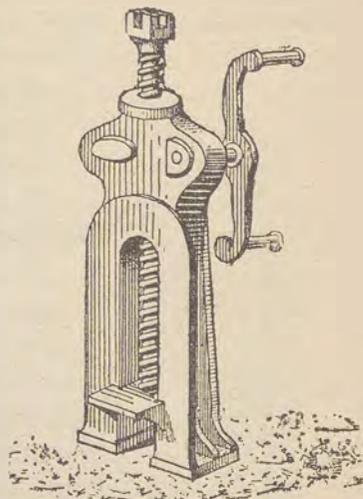


Fig. 623.

Nei martinetti a vite si ha come organo principale una vite robusta a pane rettangolare, che scorre in una madrevite, la quale può essere fissa, come nel martinetto a bottiglia rappresentato dalla fig. 622, ovvero girevole intorno al proprio asse, senza che per questo possa trasportarsi come nel martinetto di

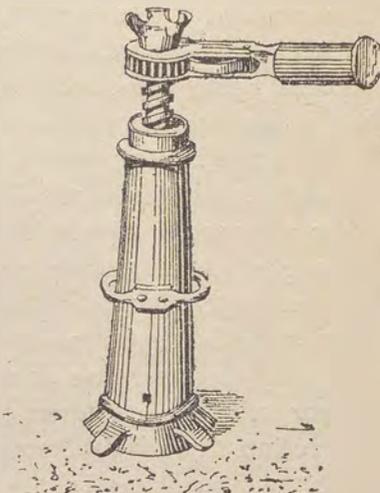


Fig. 624.

*Haley* (fig. 623); nel primo caso la vite assume un movimento di rotazione e di traslazione per mezzo di una leva che si introduce nei fori di cui è munita la testa della vite, nel secondo invece la vite si innalza senza rotare.



Fig. 625.

I martinetti a bottiglia necessariamente portano due teste di cui la superiore tronco-conica, a contorno frastagliato, serve per fissarsi contro l'oggetto da sollevare e gira sulla testa inferiore sferica, che è fissa con la vite e ciò per distruggere il movimento di rotazione della vite, che guasterebbe certamente l'oggetto nel punto di contatto.

Nei martinetti a vite di Haley la vite assume semplicemente un movimento di ascensione per effetto della rotazione della madre vite; questa rotazione si effettua per mezzo di ingranaggio conico, di cui un elemento è fissato sull'asse della doppia manovella

unita all'apparecchio, ovvero conformando il contorno della madre vite secondo un rocchetto a denti obliqui, i quali ingranano con una vite senza fine di cui è munito l'asse della doppia manovella. Nella fig. 624 si ha una variante del martinetto a bottiglia, il quale differisce da quello precedente per la maniera con cui si ottiene il movimento di rotazione della vite. Mentre nel martinetto anzidescritto tal movimento si otteneva con una leva, obbligando il manovale a girare attorno all'apparecchio, ciò che non è sempre possibile, nel martinetto quivi rappresentato tale rotazione si ottiene con una leva a movimento alternato. A tal'uopo la testa della vite è costituita da un rocchetto dentato situato fra le due branche della

forchetta, secondo cui termina la leva, con la possibilità di rotare attorno alla vite. Contro i denti di questo rocchetto preme un nottolino fissato alla leva da una parte, di maniera che, movendo la leva nel senso orizzontale alternativamente, il nottolino obbliga il rocchetto a girare di uno o più denti secondo l'ampiezza del movimento alternativo impresso alla leva, la quale solo in un senso agirà sul rocchetto.

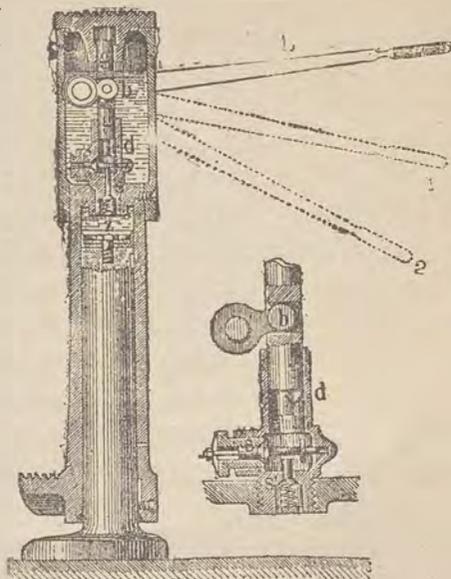


Fig. 627.

Accoppiando un martinetto di questo genere con

un altro simile avente la vite orizzontale, sul quale sia capace di scorrere (fig. 625), si ottiene il *martinetto a vite ed a slitta* col quale è lecito potere imprimere al corpo che si solleva, anche uno spostamento orizzontale, diretto secondo l'asse della slitta, il movimento della quale si ottiene mediante una manovella a leva alternata simile a quella del martinetto soprastante.

La fig. 626 riproduce una *binda idraulica* (tipo inglese) nella quale è applicato il principio del torchio idraulico per sollevare, mediante un tenue sforzo, un grosso peso. Tale apparecchio è essenzialmente costituito di due parti, del recipiente *R* cioè, che forma la testa prismatica del martinetto, dentro cui è stabilito il corpo di pompa

costituente la pressa idraulica, e del supporto cilindrico *c* lungo il quale scorre esattamente il cilindro cavo *C* che terminato a staffa forma il prolungo inferiore della testa del martinetto.

La pompa è costituita dal cilindretto *g* (fig. 627), che si muove, per mezzo della leva esterna *L* e del

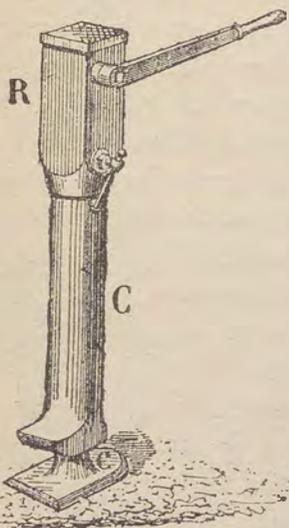


Fig. 626.

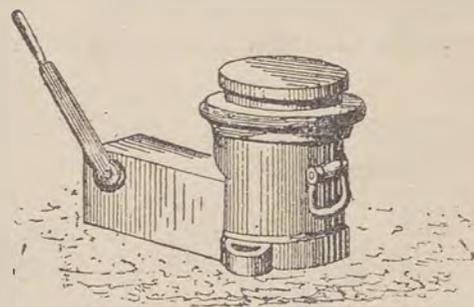


Fig. 628.

vimento si otteneva con una leva, obbligando il manovale a girare attorno all'apparecchio, ciò che non è sempre possibile, nel martinetto quivi rappresentato tale rotazione si ottiene con una leva a movimento alternato. A tal'uopo la testa della vite è costituita da un rocchetto dentato situato fra le due branche della

bocciolo circolare *b*, portato dall'asse della leva, dentro il corpo di pompa *d*, munito di due valvole, l'una *s* aspirante l'acqua del serbatoio, l'altra premente *s'* che permette l'introduzione nello spazio *z* dell'acqua destinata ad operare contro le faccie orizzontali dei due cilindri (pieno e cavo) per cui si produce l'ascensione del martinetto. Lo stantuffo nel suo movimento di discesa, provoca la chiusura della valvola aspirante *s*, abbassandosi però oltre la giusta misura segnata nella fig. 627 con la punteggiata 1, e portato nella posizione della punteggiata 2, per mezzo dell'appendice *x*, di cui è munito il cilindro *g*, va a penetrare entro a un dischetto portato dalla stessa valvola impedendone la chiusura: in tal posizione rimanendo aperte le due valvole *s* ed *s'* l'acqua compressa ritorna nel recipiente e la binda si abbassa restituendosi nella sua posizione normale.

Allo scopo di poter sollevare pesi di qualsiasi mole, questa binda idraulica si costituisce con forma e con dimensioni differenti. Coll'aumentare la sezione della testa del martinetto si moltiplica l'effetto dello sforzo esercitato dal corpo di pompa. La fig. 628 rappresenta un martinetto idraulico costituito con tale principio per sollevare pesi fino a 200 tonnellate.

### § 6.

#### LA CARRUCOLA ED IL PARANCO.

Allorquando si vogliono sollevare corpi pesanti oltre un metro altezza massima che si può raggiungere con un martinetto, od oltre 2 metri, allorchè questo è munito della staffa inferiore, l'opparecchio più semplice, che però si presta soltanto per materiali

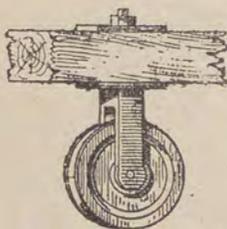


Fig. 629.

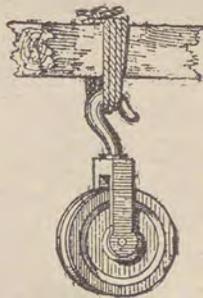


Fig. 630.

poco voluminosi e non molto pesanti, è la *carrucola*. Questa è costituita da un disco di legname o di ferro girevole attorno un asse, per lo più fisso, portato da una staffa di ferro (raramente di legno) sospesa a una trave nella miniera della fig. 629 o

nell'altra della fig. 630 a mezzo, cioè, di uncino e fasciatura di fune.

La superficie cilindrica del disco presenta un canale nel quale si accavalca la fune o la catena destinata a sostenere con un estremo di peso da sollevare, mentre all'altro estremo si applica lo sforzo come mostra la fig. 631, la quale indica anche la sua manovra all'atto di sollevare un cesto di ferro da materiali.

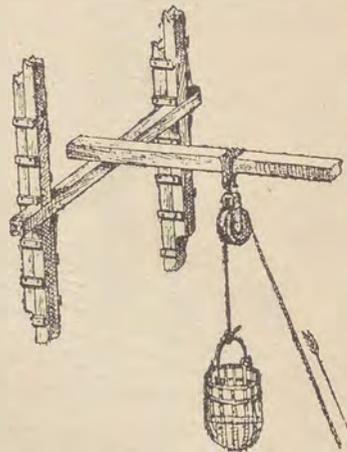


Fig. 631.

Con questo apparecchio evidentemente occorre impiegare uno sforzo eguale al peso da sollevare, non tenendo conto delle resistenze passive; con esso perciò non si consegue che il cambiamento di direzione dello sforzo, i manovali quindi non possono impiegare la carrucola che per pesi limitati e generalmente non accedenti i 100 Kg. Tenendo conto delle resistenze passive dovute all'attrito del perno ed alla rigidità della fune, lo sforzo necessario per sollevare un determinato peso è dato del peso moltiplicato per un coefficiente variabile tra 1,06 e 1,25, secondo che più o meno grandi sono il diametro della fune e l'angolo che i due tratti di fune comprendono fra loro; variabile tra 1,038 e 1,043 nel caso in cui il luogo della fune si abbia una catena.

Raramente si applica la *carrucola mobile* (figura 632) per sollevare pesi, perchè è incomoda, a meno che non si cambi la direzione della fune e quindi dello sforzo, mediante una carrucola fissa, come mostra la fig. 633. L'accoppiamento di due carrucole simili costituisce il *paranco* più elementare. Due o più carrucole innestate in una medesima staffa costituiscono la *taglia*, la quale al pari della carrucola semplice può essere *fissa* o *mobile*. Nella *taglia* le girelle hanno il medesimo asse e sono separate da un diaframma, che può essere di legno o di metallo. In genere il paranco è l'accoppiamento di una *taglia* fissa con una carrucola mobile o di due *taglie*, l'una fissa e l'altra mobile. La fune del paranco è fissa ad un estremo, mentre all'altro estremo si applica

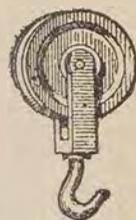


Fig. 632.

lo sforzo. L'estremità della fune può fissarsi ad un punto qualsiasi  $\chi$ , come nel caso della fig. 633, ma meglio corrispondono i paranchi in cui la fune è fissata ad un occhiolo che pende dalla taglia fissa come è indicato dalla fig. 634, che rappresenta un ordinario paranco a due taglie contenenti ciascuna tre girelle; il carico viene sostenuto dalla taglia inferiore mobile.

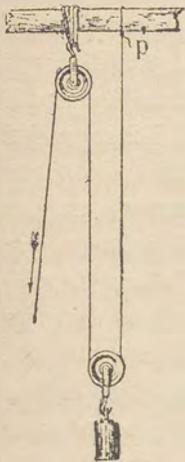


Fig. 633.

In questi apparecchi lo sforzo, necessario per sollevare un determinato peso, è dato dal peso medesimo diviso per il numero delle girelle che sono contenute nelle due taglie; se però si vuol tenere conto delle resistenze passive dovute all'attrito dei perni ed alla rigidità della fune, lo sforzo così ottenuto deve essere moltiplicato per i coefficienti 1,28, 1,44, 1,60 rispettivamente, se le taglie sono a 2, 3 o 4 girelle, quindi effettivamente, con questi paranchi, con un dato sforzo si può innalzare nei tre casi un peso 3, 12 volte più grande, 4, 16 e 5.

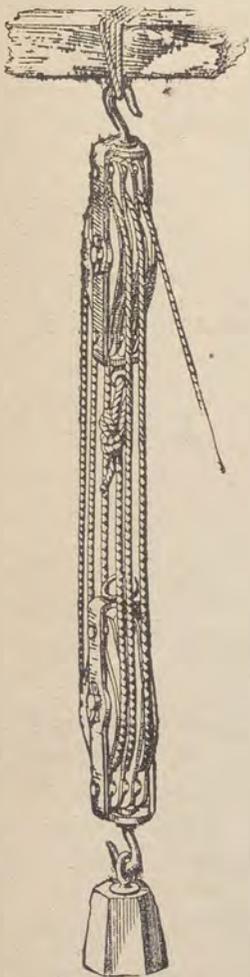


Fig. 634

Nelle tav. XLVI e XLVII sono rappresentate alcune delle carrucole e delle taglie più usate, e cioè: la *carrucola semplice mobile con doppio gancio* (figura 2, tav. XLVII), la *carrucola con staffa a guancie* (fig. 1, tav. id.) nella quale la staffa è conformata in maniera da offrire una guida alla fune o alla catena, la taglia a *due girelle* (fig. 4, tav. XLVI), a *tre* (fig. 5, tav. id.) e a *quattro* (fig. 6, tav. id.) per funi, la taglia a *tre girelle per catene* (fig. 3, tavola XLVII) ed il *bozzello* (fig. 7, tav. id.) che è una taglia a cassa e rotelle di legno. Nelle girelle per funi la gola è foggata ad U, in

quelle per catene la gola ha un contorno tale da potere contenere le maglie della catena per diritto (fig. 635) o

in diagonale (fig. 636); nel primo caso si ha una scanalatura grande per contenere le maglie di piatto ed una più stretta per le maglie di costa, nel secondo caso si hanno due scanalature eguali separate da un tondino. Quando si vuole evitare lo strisciamento della catena sulle girelle, si intaglia la gola di queste con scanalature intermittenti (figura 637), di maniera che le maglie della catena si adattano entro cavità che le contengono esattamente.



Fig. 635.

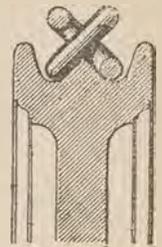


Fig. 636.

Le funi di canapa o di fili di ferro e le catene sono un organo indispensabile per il funzionamento del paranco e della carrucola. Le funi, che si impiegano in questi apparecchi d'ordinario hanno diametri variabili fra 10 e 30 mm. e sono costituite da tre o più fili ritorti insieme (*funicoli*); il diametro si riduce di  $\frac{7}{16}$  per le funi di fili di ferro di eguale resistenza.

La sezione delle funi di canapa si calcola in base al carico di 1 Kg. per mmq., essendo 7 a 10 Kg., il carico di rottura delle funi.

Il diametro delle girelle, sulle quali si accavalca la fune di canapa, si fa per lo meno eguale a 7 volte il diametro della fune e non meno di 15 volte, se la fune si avvolge ripetutamente attorno una girella o un tamburo.

Le funi di fili di ferro si calcolano in base al carico di 4 a 5 Kg. per mmq. di sezione considerata come piena; le funi di fili d'acciaio in base ad 8 a 10 Kg. per mmq., se il carico è temporaneo; la sezione si accresce di  $\frac{1}{3}$  per carichi permanenti.

Il diametro delle girelle sulle quali si accavalca la fune di fili di ferro si fa per lo meno eguale a 50 volte di diametro della fune.

Le funi si congiungono o si annodano con le loro estremità sia per formare una fune unica o una fune continua, sia per attaccarsi ad un uncino o ad un anello. Tali congiunzioni prendono il nome di *cappio*, *nodo* ed *impiombatura*.

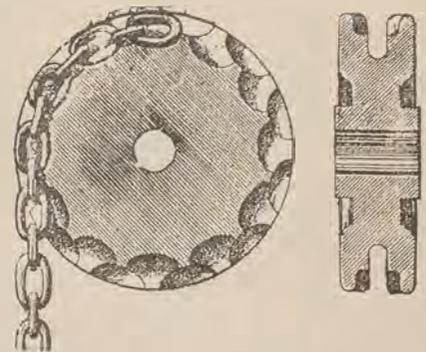


Fig. 637.

Il *cappio* è l'intrecciatura che si fa con l'estremità di una fune per fissarla ad un uncino o ad un anello; il *nodo* è la medesima intrecciatura, che da per risultato l'allacciatura di due o più funi insieme; l'*impiombatura* è la congiunzione che si pratica lungo un tratto delle due funi; essa differisce dal nodo pel fatto che produce meno sensibili ingrossamenti della fune.

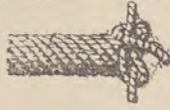


Fig. 638.



Fig. 639.

Pria di essere impiegate in qualsiasi manovra, per evitare lo sciogliersi dei funicoli, i capi delle funi si annodano nella maniera indicata dalla fig. 638 (*nodo a piede di pollo*), ovvero si fasciano con spago (figura 639). La fig. 640 ci mostra i *cappii* più comuni; i cappii, indicati dalla fig. 641, servono principalmente per legare una fune ad una trave. I nodi più semplici sono quelli della fig. 642, quelli indicati dalla fig. 643 servono principalmente per accorciare le funi senza romperle o

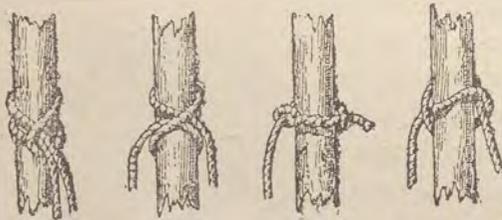


Fig. 641.

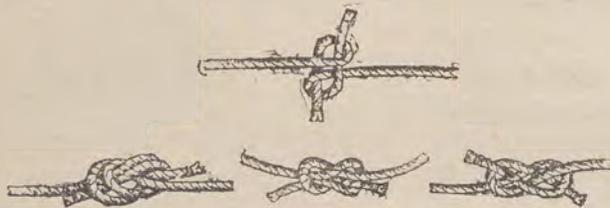


Fig. 642.

per stabilire degli ingrossamenti utili nella formazione di scale con funi.

L'*impiombatura* si eseguisce sciogliendo l'estremità delle funi e collegarsi nei loro funicoli per una lunghezza di 15 a 50 volte il proprio diametro; dopo eseguita una fasciatura provvisoria delle funi con spago nel punto in cui ha termine tale sconnessione,

si dispongono le medesime coi loro funicoli intrecciati nella maniera indicata dalla fig. 644. Riferendoci anche alla fig. 645, l'allacciamento si comincia facendo passare ciascun funicolo di una fune sull'adiacente dell'altra fune e quindi sotto il consecutivo, cioè il funicolo 1 sopra l'1<sup>1</sup> e quindi sotto il 4<sup>1</sup>, il 2 sopra il 2<sup>1</sup> e quindi sotto l'1<sup>1</sup> e così, ecc., finchè non sia compiuto un giro. Si compie allora il medesimo giro coi funicoli dell'altra fune, e quindi un secondo giro sulla prima e così di seguito si opera successivamente sulle due funi, fino a che tutti i funicoli sono scomparsi fra le spire delle funi.

Le catene si impiegano, come le funi, nella carrucola e più specialmente nel paranco. Esse possono essere a maglie *semplici* ovvero a maglie *rinforzate* con una traversa. Si le une che le altre possono avere le maglie di forma ellittica ovvero di forma allungata composta con segmenti circolari e rettilinei (figura 646). La forma delle maglie risulta anche dalle loro proporzioni espresse



Fig. 643.



Fig. 644.

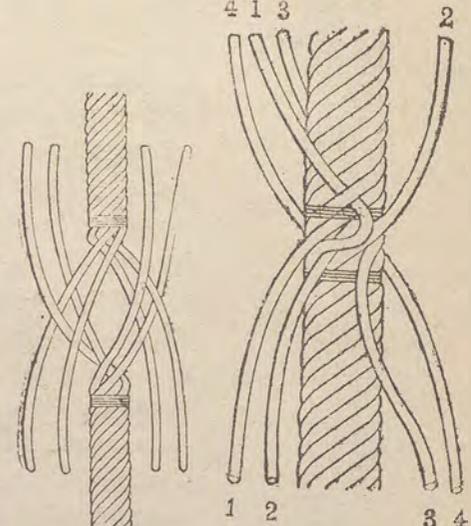


Fig. 645.

in diametri del ferro che le costituisce, contenute nel seguente specchio:

	Lunghezza esterna in diam.	Larghezza esterna in diam.
Maglia ellittica senza rinforzo	4,6	3,5
» a segm. circol. senza rinforzo	4,4	3,3
Maglia con rinforzo	{ 5,0	{ 3,75
	{ 6,0	{ 3,6

Per catene a maglie semplici si fa il diametro  $d = 0,0844 \sqrt{p}$ ; per le catene a maglie rinforzate  $d = 0,0776 \sqrt{p}$ , essendo  $p$  il carico di sicurezza che, per le maglie di ferro, si ritiene da 5 a 7 Kg. per mmq.

Una catena si può unire ad un uncino od occhiolo fisso, ovvero due catene si possono congiungere fra loro nelle estremità per mezzo di raccordi, che possono avere forme e dimensioni differenti, di cui le più comuni sono quelle indicate dalla fig. 647. I raccordi 1 e 2 servono per unire le estremità di due catene fra loro, il 3 ed il 5 servono per unire una catena a due o più catene minori, il 4, il 5 e 6 sono quelli con cui si unisce l'estremità di una catena con un uncino od occhiolo; il 6 ha di speciale che i due

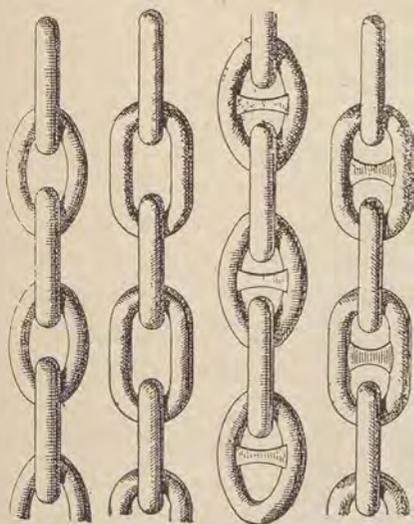


Fig. 646.

anelli, che lo costituiscono, possono girare attorno un pernio, onde il nome di *raccordo snodato*; il 7 unisce 4 catene fra loro.

Il diametro delle puleggie e dei tamburi sui quali si avvolgono le catene non deve essere mai minore a 20 volte il diametro del ferro che costituisce le maglie.

Dopo che Weston costruì la sua carrucola differenziale, il paranco, come è stato descritto, subì una radicale modificazione, che valse a renderlo più semplice, più potente e molto spedita la sua manovra. Il *paranco differenziale* consta di una carrucola inferiore mobile e di una taglia a due girelle fuse in un sol pezzo, che costituisce la carrucola differenziale propriamente detta (fig. 648). Le due girelle di questa hanno il diametro di poco differente e la gola provvista di cavità, nelle quali si adattano esattamente le maglie di una catena senza fine, poichè il paranco differenziale esclude l'impiego delle funi. Questa catena, dopo che si accavalca alla carrucola inferiore mobile, coi due rami ascendenti si avvolge rispettivamente ed in senso inverso sulle due girelle della taglia, come chiaro appare anche dalla figura 4, tav. XLVII, dove si ha la vista di insieme

di un simile paranco. Ed allora, applicando la potenza nel ramo di catena discendente dalla girella più grande, ha luogo il sollevamento della carrucola mobile e quindi del carico; e questo sollevamento sarà tanto più lento e con minor sforzo, quanto minore è la differenza fra le periferie delle gole delle due girelle. Il raggio della carrucola mobile si fa quasi sempre eguale al raggio della girella più piccola della carrucola differenziale; e per il fatto che la catena si incastra nelle gole delle girelle, cessando l'azione della potenza, il paranco si arresta senza ridiscendere, e però il carico rimane sospeso.

Nel paranco anzidescritto, che è il più semplice dei paranchi di Weston, il movimento alla carrucola differenziale è impresso dalla catena istessa di sollevamento. In altri tipi invece tal manovra si effettua diversamente. Nella fig. 5, tav. XLVII è rappresentato il medesimo paranco, in cui l'asse della carrucola differenziale è munito di un volante di maggior diametro, avente la gola scanalata per ricevere una seconda catena senza fine, detta *catena di ma-*

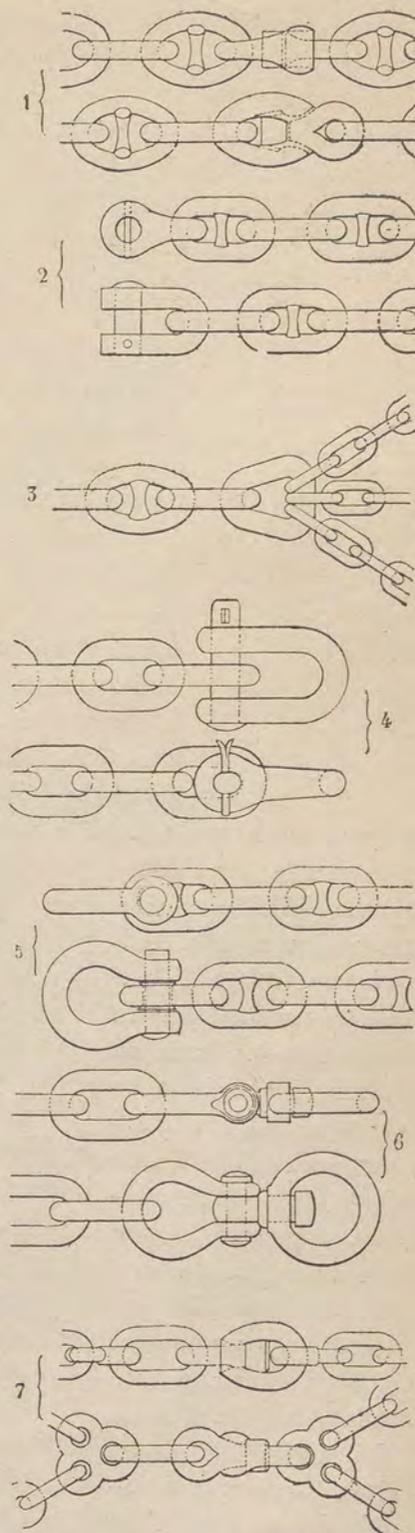


Fig. 647.

novra, con la quale si mette in movimento la girella differenziale, la quale ha il vantaggio di richiedere, rispetto alla precedente, uno sforzo minore tanto

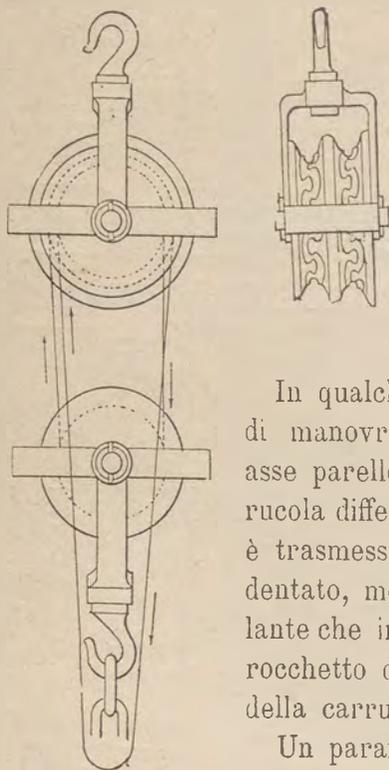


Fig. 618.

quanto più grande è il diametro del volantino: epperò con questotipo di paranco differenziale si possono sollevare corpi di maggior peso che non col tipo semplice e con una velocità di sollevamento minore. In qualche altro tipo il volante di manovra è montato sopra un asse parallelo all'asse della carrucola differenziale ed il movimento è trasmesso mediante un pignone dentato, montato sull'asse del volante che ingrana coi denti di un rocchetto di cui è provvisto l'asse della carrucola. Un paranco differenziale, molto usato dai costruttori oggidi, è quello di Moore di cui si ha l'insieme rappresentato nella fig. 6, a tav. XLVII, e le sezioni trasversale e longitudinale della carrucola nella figura 649. Una robusta staffa a *T*, munita di uncino per la sospensione, porta un albero di acciaio *a*, intorno al quale, coll'intermezzo del manicotto rigido *a'*, gira la carrucola composta di due dischi cavi, *m, n'* aventi la periferia interna dentata con un numero di denti, che in un disco è maggiore di una unità. Nei denti dei due dischi, che possono rotare indipendentemente l'un dall'altro, ingrana un rocchetto dentato *r*, montato sull'albero *a* del paranco in maniera non rigida, essendo messo in movimento per mezzo dell'eccentrico *o*. Il medesimo albero porta

all'esterno un volantino di manovra provvisto di catena senza fine con guide. Nella sezione longitudinale sono segnati con linea punteggiata i denti del disco *m* e con linea continua i denti del disco *n* e del rocchetto *r*. Ciascuno dei due dischi *m* ed *n* è fuso di un sol pezzo con una girella per catena; le due girelle hanno lo stesso diametro.

Il carico si sospende all'uncino di un bilancino *b* ai cui estremi si attacca la catena continua di sospensione che coi due rami ascendenti *s* e *t* si avvolge sulle due girelle in senso opposto. Manovrando il volante gira l'eccentrico *o* e con esso si obbliga ciascun dente del rocchetto *r* a penetrare fra le coppie di denti dei dischi *m* ed *n*, non senza impiegare un certo sforzo per la differenza del passo delle indentature dei dischi, per effetto del quale questi sono costretti a girare in senso opposto di una quantità corrispondente a tale differenza. Ad una manovra continuata del volante perciò corrisponderà un movimento identico in senso opposto dei due dischi, epperò anche delle girelle; allora i due rami ascendenti *s* e *t* della catena di sospensione si accorciano, innalzando il bilancino *b* e con esso il corpo che vi è attaccato.

Si fabbricano diversi modelli di questi paranchi valevoli a sollevare pesi di  $1/2$  a 10 tonnellate.

Diamo finalmente nella fig. 650 la vista di un altro tipo di paranco a catena che racchiude diversi pregi. Il paranco è uno degli ordinari aventi l'estremità della catena assicurata alla staffa. Il movimento della carrucola si ottiene mediante una vite senza fine, portata dall'asse del volantino di manovra, la quale ingrana con i denti obliqui di un rocchetto dentato portato dall'asse della carrucola. In questo paranco ad ogni giro completo del volante di manovra la carrucola si sposterà di un dente; si avrà perciò un lentissimo movimento ascendente del corpo, il quale, col cessare della potenza,

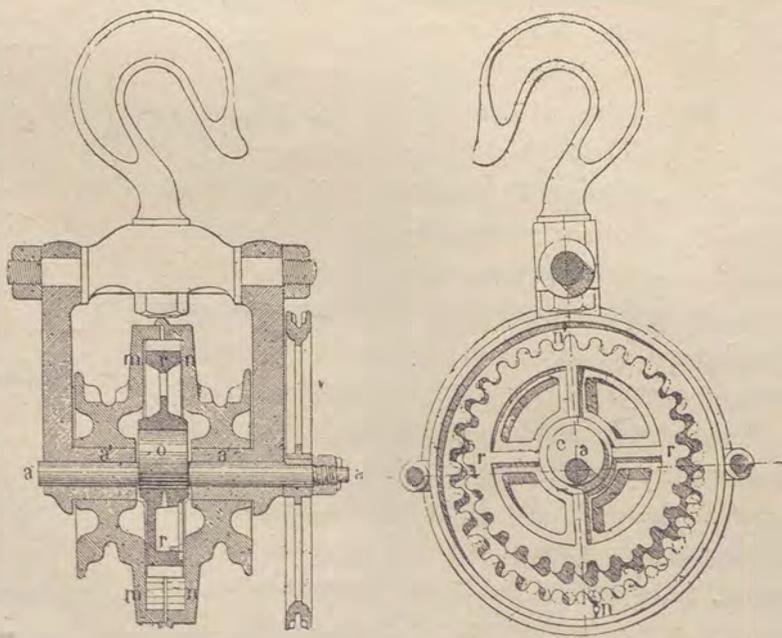


Fig. 619.

all'esterno un volantino di manovra provvisto di catena senza fine con guide. Nella sezione longitudinale sono segnati con linea punteggiata i denti del disco *m* e con linea continua i denti del disco *n* e del rocchetto *r*. Ciascuno dei due dischi *m* ed *n* è fuso di un sol pezzo con una girella per catena; le due girelle hanno lo stesso diametro. Il carico si sospende all'uncino di un bilancino *b* ai cui estremi si attacca la catena continua di sospensione che coi due rami ascendenti *s* e *t* si avvolge sulle due girelle in senso opposto. Manovrando il volante gira l'eccentrico *o* e con esso si obbliga ciascun dente del rocchetto *r* a penetrare fra le coppie di denti dei dischi *m* ed *n*, non senza impiegare un certo sforzo per la differenza del passo delle indentature dei dischi, per effetto del quale questi sono costretti a girare in senso opposto di una quantità corrispondente a tale differenza. Ad una manovra continuata del volante perciò corrisponderà un movimento identico in senso opposto dei due dischi, epperò anche delle girelle; allora i due rami ascendenti *s* e *t* della catena di sospensione si accorciano, innalzando il bilancino *b* e con esso il corpo che vi è attaccato. Si fabbricano diversi modelli di questi paranchi valevoli a sollevare pesi di  $1/2$  a 10 tonnellate. Diamo finalmente nella fig. 650 la vista di un altro tipo di paranco a catena che racchiude diversi pregi. Il paranco è uno degli ordinari aventi l'estremità della catena assicurata alla staffa. Il movimento della carrucola si ottiene mediante una vite senza fine, portata dall'asse del volantino di manovra, la quale ingrana con i denti obliqui di un rocchetto dentato portato dall'asse della carrucola. In questo paranco ad ogni giro completo del volante di manovra la carrucola si sposterà di un dente; si avrà perciò un lentissimo movimento ascendente del corpo, il quale, col cessare della potenza,

rimarrà sospeso, agendo da freno la vite senza fine portata all'asse del volante.

La manovra del paranco differenziale ha luogo in maniera identica a quella indicata per la carrucola. La taglia differenziale si fissa col suo uncino mediante una robusta ed accurata fasciatura di funi ad una traversa di legno, spesso composta con due o più travi sovrapposte, secondo l'entità del peso da sollevare, e sopportata dalle colonne del ponte di

servizio della fabbrica. Qualora il pezzo sollevato deve anche trasportarsi nel senso orizzontale per disporlo verticalmente nel luogo di posa, si fa scorrere la traversa con rulli scorrevoli sopra due altre trasverse parallele alla prima, sopportate parimente dal ponte di servizio, come rilevasi dalla fig. 651, dove è rappresentato il sollevamento e la posa in opera di una colonna sulla sua base mediante un paranco differenziale.

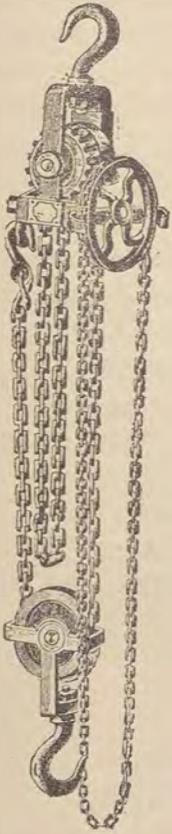


Fig. 650.

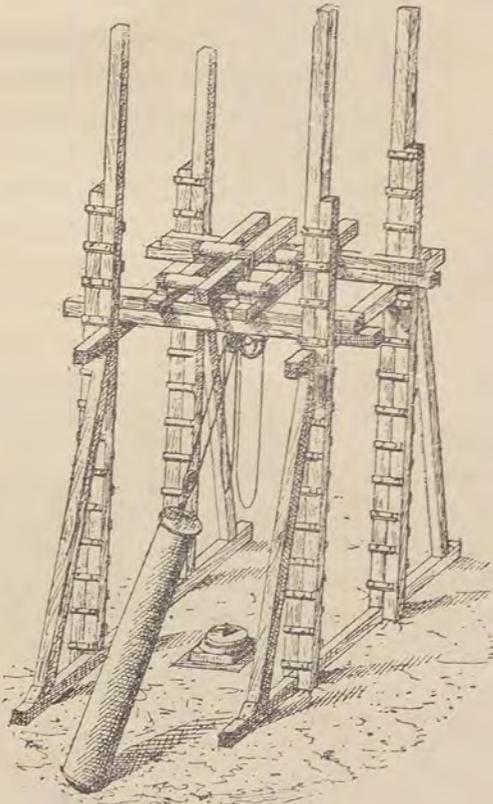


Fig. 651.

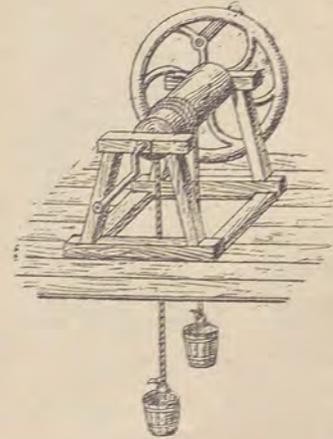


Fig. 652.

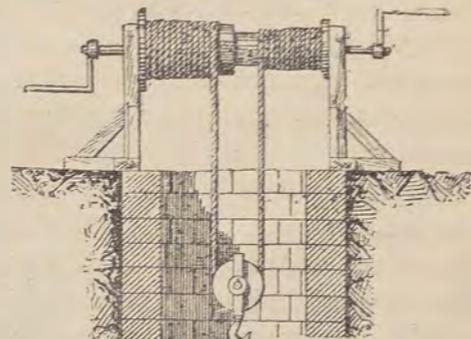


Fig. 653.

### § 7.

#### L'ARGANO.

L'argano, come il verricello, è costituito essenzialmente di un tamburo, girevole intorno al proprio asse, sul quale si avvolge una fune od una catena per il tiro od il sollevamento del peso. Anzi il verricello e la burbera, di cui si è tenuto parola nel sollevamento e trasporto degli sterri, non costituiscono che la forma più semplice e più elementare dell'argano, laonde, per le fabbriche comuni, ed allora quando si tratta di sollevare pesi non eccezionali, questi apparecchi sono quelli che più di sovente si impiegano per l'innalzamento diretto dei materiali da costruzione, come mattoni, pietre, malte, ecc.: a

tale scopo il verricello, e più convenientemente la burbera, si collocano sul ponte di servizio della fabbrica in corrispondenza di una apertura appositamente lasciata nel pavimento di tavole del medesimo (figura 652).

Chiamasi *verricello cinese o differenziale* quello avente il tamburo costituito di due tratti di raggio differente, sui quali in senso opposto si avvolge la fune di sollevamento (fig. 653) come la catena nella taglia differenziale di Weston, con la differenza che nel verricello occorre avvolgere la fune per un certo numero di giri per determinare un attrito sufficiente per il sollevamento della carrucola, alla quale è unito il peso. Come nel paranco lo sforzo necessario sarà tanto minore, quanto minore è la differenza dei raggi

del tamburo, laonde col verricello differenziale riesce possibile sollevare pesi di qualsiasi entità, ma solo per altezze limitate (non oltre 4 m.), per l'eccessiva lunghezza che bisogna dare alla fune.

A differenza del verricello l'argano può ser-

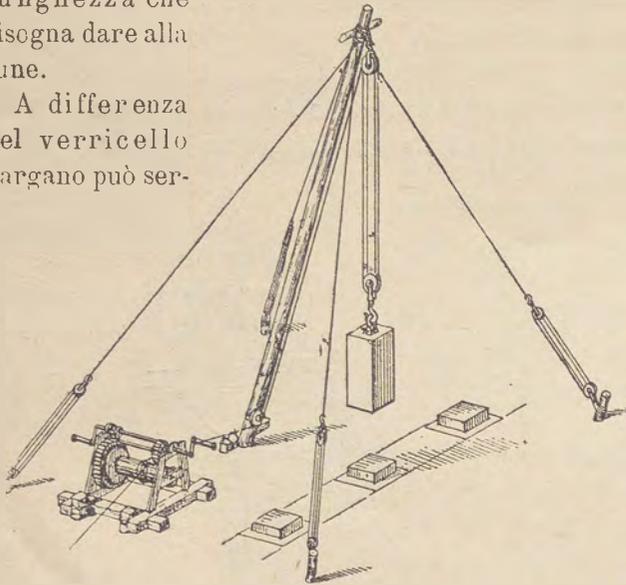


Fig. 654.

vire non solo per l'innalzamento diretto di un peso, ma anche, qualora è bene ancorato, per il tiro orizzontale o comunque inclinato di un corpo e, coll'intermezzo di una o più carrucole o di un paranco, al sollevamento indiretto di un peso coll'impiego di uno sforzo ancora più piccolo.

L'argano può essere a tamburo verticale od orizzontale; nella fig. 4, tav. XLVIII, è rappresentato l'argano ad asse verticale, che tuttavia spesso si vede impiegato nei cantieri per l'innalzamento di colonne, di obelischi, di travi pesanti, ecc., e che si manovra per mezzo di 4 manovelle, dette *aspe*. Esso è costruito totalmente in legno e consta del tamburo verticale conico *C* girevole attorno un pernio in *c* e contro un incavo cilindrico della traversa *t* dell'intelaiatura composta della piattaforma di travi, con la quale l'argano posa sul terreno, e di due montanti verticali che sostengono la traversa *t*, alla quale il tamburo è pure assicurato per mezzo di un collare di ferro *o*. La testa dell'argano a sezione quadrata porta due fori, nei quali si introducono le manovelle. La sua manovra è rappresentata dalla

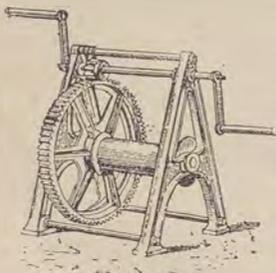


Fig. 655.

Fig. 654, dove esso è accoppiato ad una antenna per l'innalzamento di un concio per pilastro e nella quale l'argano si vede ancorato mediante fasciature di fune a dei pali conficcati nel terreno.

La fune si avvolge sul tamburo per un numero di giri sufficiente per determinare l'attrito corrispondente allo sforzo da superare ed in maniera che il tratto di fune traente si avvolga in alto, mentre dal basso si svolge il tratto di fune libera.

Però gli argani che si usano oggidi sono totalmente, o quasi, costruiti in metallo (ferro, ghisa, acciaio) e sono ad asse orizzontale, che si fa rotare per mezzo di manovelle a mano, ovvero meccanicamente. L'asse nel quale sono calettate le manovelle comunica il suo movimento all'asse del tamburo mediante un sistema di ruote dentate, che in alcuni argani è semplice, costituito cioè di un solo rocchetto portato dall'asse delle manovelle, che ingrana con una grande ruota dentata portata dall'asse del tamburo; in altri è doppio o triplo, allorchè si vuole superare uno sforzo maggiore, e cioè composto di due o di tre coppie di ruote dentate. Nella fig. 655

è rappresentato un argano del primo sistema, nella figura 1, tav. XLVIII, un'altro, che si può manovrare tanto col sistema semplice, come col sistema doppio di ruote dentate.

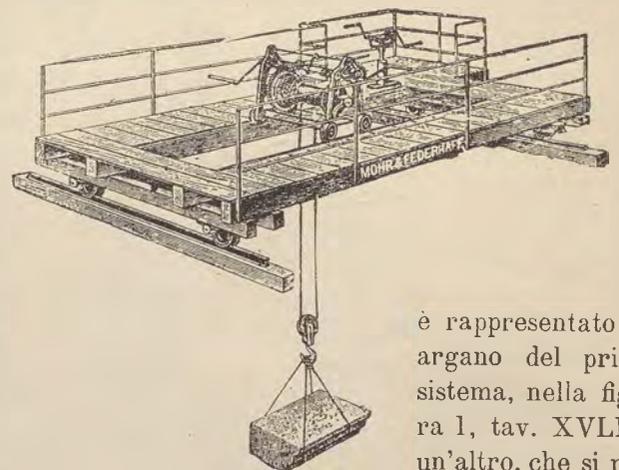


Fig. 655

Quest'argano è costituito essenzialmente di due montanti tenuti a distanza da tre traverse rigide *o*, del verricello *C* sul quale è calettata o è fusa di un sol pezzo la grande ruota dentata, che si fa ingrannare direttamente con il rocchetto di sinistra *r*, di cui è munito l'asse delle manovelle *vv*, allora quando si ha da vincere uno sforzo poco notevole. Per il sollevamento di pesi di grande entità, l'asse *vv* delle manovelle, essendo scorrevole orizzontalmente sui suoi

due fori, nei quali si introducono le manovelle. La sua manovra è rappresentata dalla

porti, si fa imboccare il rocchetto di destra  $r'$  con una prima grande ruota dentata  $d$  calettata sopra un asse parallelo a quello del tamburo, ed allora la grande ruota dentata fusa col tamburo ingrana col rocchetto  $r'$  callettato sull'asse predetto; mentre il rocchetto  $r$  di sinistra dell'asse delle manovelle gira a vuoto.

L'asse della grande ruota dentata  $d$  porta nel suo prolungo di destra un disco a denti inclinati  $e$ , coi quali contrasta un nottolino  $n$ , che impedisce il ritorno indietro dell'argano. La manovella  $m$  serve per frenare o regolare il movimento dell'argano, allorchè il peso sollevato è in discesa; a tal uopo essa fa agire un freno a nastro che, come meglio si rileva dall'argano della fig. 658, si avvolge sopra una puleggia  $p$  fusa e calettata in quel caso col tamburo del verricello ed in questo con la grande ruota dentata  $d$ .

Evidentemente in siffatti argani lo sforzo agente cresce col crescere dei raggi delle manovelle e delle

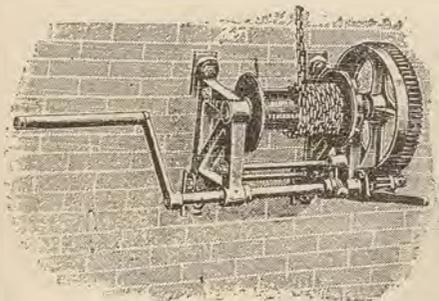


Fig. 657.

grandi ruote dentate e col numero di queste. Se l'argano ha le dimensioni ordinarie (m. 0,4 pel raggio delle manovelle e delle grandi ruote dentate, m. 0,075 pel raggio dei rocchetti dentati), si potrà sollevare un peso 20 a 25 volte maggiore dello sforzo impiegato, se l'argano agisce con un sistema semplice di ruote dentate, e 50 a 60 volte se l'argano agisce con un sistema doppio di ruote dentate.

Allo scopo poi di facilitarne il trasporto gli argani in ferro sovente sono montati sopra due assi con quattro ruote per scorrere sul terreno o sopra binari. Montando uno di questi argani sopra un ponte mobile nel senso normale al movimento di traslazione dell'argano, come sarebbe quello (tipo Mohr e Federhaff) rappresentato dalla fig. 656, si potranno sollevare direttamente i pezzi pesanti e collocarli giustamente nel posto in cui devono murarsi, in virtù dei due movimenti ortogonali di cui essi riescono su-

scettibili. La fig. 657 ci rappresenta un argano con sistema semplice di ingranaggi ancorato ad una parete; esso riesce adatto nei magazzini di merci come montacarico. Quello della fig. 3, tav. XLVIII, è un argano identico mosso da una vite senza fine che

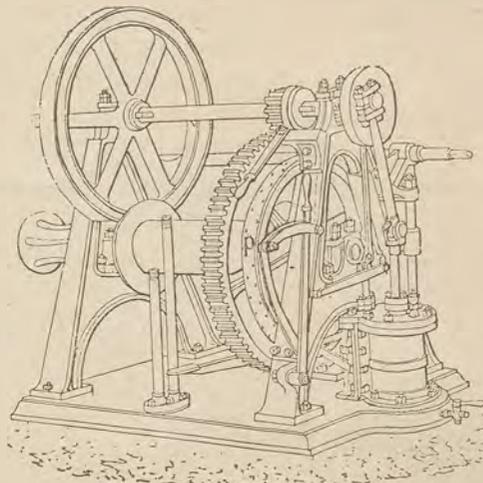


Fig. 658.

serve anche a frenarlo. Si hanno finalmente argani mossi direttamente dalla forza del vapore mediante cilindro motore con biella e manovella, o indirettamente mediante cinghia o fune di trasmissione. Negli argani della prima categoria il generatore di vapore può essere unito all'argano ovvero reso indipendente, comunicando col motore mediante una conduttura. Nella fig. 658 è rappresentato un argano a vapore nel quale l'albero motore munito di volante trasmette, mediante un rocchetto dentato, al tamburo del ver-

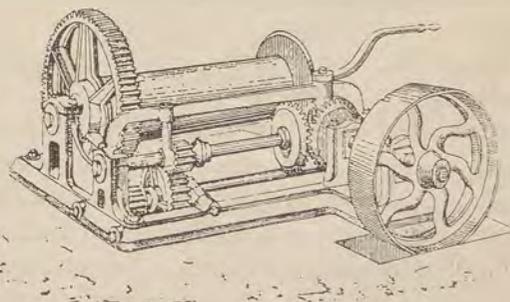


Fig. 659.

ricello il movimento che esso riceve direttamente da una biella con manovelle a disco, messa in azione da un cilindro verticale unito ai sopporti dell'apparecchio.

La fig. 2, tav. XLVIII ci mostra un argano a vapore montato sopra un carretto, sul quale è collocata anche la caldaia generatrice del vapore. L'argano rappresentato nella fig. 659 invece è posto in

azione mediante una cinghia, che si avvolge sopra una puleggia calettata con un albero, che comunica il suo movimento di rotazione a quello motore dell'argano mediante un ingranaggio conico.

In qualche tipo di argano a vapore il tamburo porta un prolungo dalla parte esterna di uno o di entrambi i sopporti, a profilo concavo, detto *testa d'argano*, sul quale in determinati casi si avvolge la fune. Il tamburo ordinariamente è a superficie esterna liscia, quando deve ricevere una fune; si fa a superficie scanalata elicoidale quando deve ricevere una catena. Il suo diametro non si fa mai minore di 8 volte il diam. della fune e di 20 volte il diam. del ferro, che costituisce le maglie della catena.

### § 8.

#### L'ANTENNA, LA CAPRA E LA GRÙ.

Gli apparecchi di sollevamento hanno bisogno di essere fissati ad un punto situato in alto, perchè si possa coi medesimi effettuare l'innalzamento dei materiali. Tale punto viene fornito ordinariamente dalle traverse portate dalle armature dei ponti di servizio della fabbrica.

Qualora però non si possa o non convenga fare uso delle armature di questi ponti, si allestiscono speciali castelli di legname, sostituiti talvolta da apparecchi metallici, ai quali si fissano le carrucole e le taglie dei paranchi destinati al sollevamento dei materiali. Questi castelli od apparecchi speciali sono l'*antenna*, la *capra* e la *grù* in genere.

L'*antenna* (fig. 654) consta di una lunga e robusta trave disposta verticalmente o quasi, con l'estremità inferiore piantata nel terreno di guisa che non possa facilmente scorrere, sostenendo coll'altro estremo la carrucola o la taglia del paranco sollevatore, ed in tale posizione è trattenuta da 3 o 4 funi, detti *venti*, legate per un estremo all'estremità superiore della trave e per l'altro a dei paletti opportunamente conficcati nel terreno. L'*antenna* porta al suo piede una carrucola di rimando, mediante la quale la fune traente del paranco viene diretta ad un ordinario argano di legno o di metallo, situato in prossimità dell'*antenna*, che ne effettua il tiro.

Ai venti medesimi talvolta si applica un piccolo paranco per meglio tenderli o scioglierli, secondo il bisogno, allora quando si vuole anche spostare orizzontalmente il peso sollevato. A tale scopo spesso

l'estremità inferiore dell'*antenna* si fa girare entro una cavità praticata in un concio di pietra conficcato nel terreno, come indica la fig. 660 nella quale è anche rappresentata la manovra dell'*antenna* (*tipo americano*). Quando l'*antenna* è fissa verticalmente, alla sua estremità superiore è collegata una traversa di legno (*falcone*) rinforzata da un settore, verso la estremità della quale si sospende la taglia (figura 661); talora il *falcone* è costituito da una mensola in ferro (figura 662) e, comunque

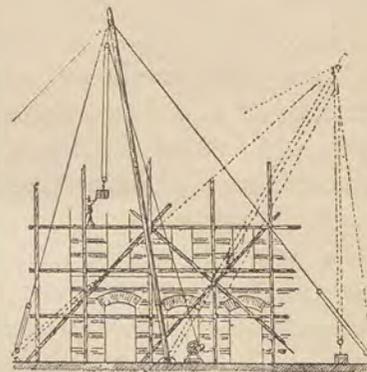


Fig. 660.

esso sia, la carrucola di rimando e l'argano occupano la stessa posizione che nell'*antenna* obliqua. L'*antenna* può essere costituita da due fusti di legno fortemente uniti superiormente ad angolo acuto, mediante legatura di funi o da una chiavarda di ferro; essa in tal caso prende il nome di *biga*, si mantiene a posto mediante i venti e porta in cima il paranco ed al piede la carrucola di rimando.

La *biga* può essere sostenuta da una terza trave

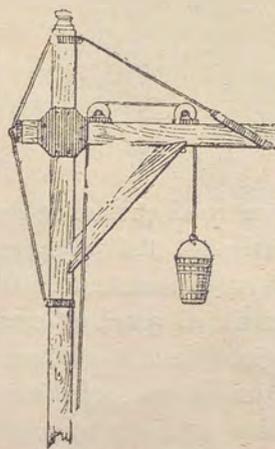


Fig. 651.

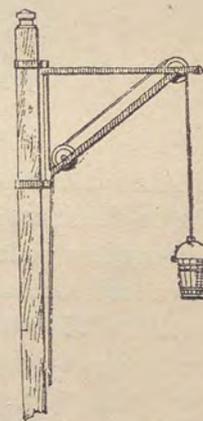


Fig. 652.

che si unisce alle altre due in cima; tale armatura è chiamata *capra*. Nella *capra* le due travi collegate, per lo più rigidamente, ad angolo acuto, mediante una o più traverse, si chiamano propriamente *gambe* della *capra*, e *piè* chiamasi la terza trave, che contrasta e sostiene le gambe. Tutte e tre sono collegate in cima da una caviglia di ferro che ne attraversa le teste, come è indicato nella fig. 663 o da una robusta legatura di fune, ovvero sono unite da

spéciali collegamenti in ferro, che sostengono anche la carrucola o il paranco. Le loro estremità inferiori sono provviste di punte di ferro con le quali la capra si ferma nel terreno, evitando lo scorrimento.

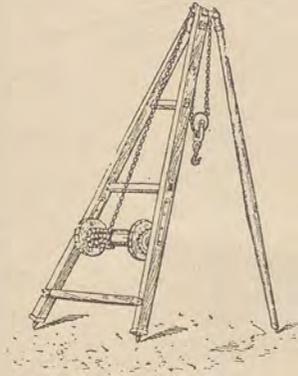


Fig. 663.

Per effettuare il tiro con la fune o con la catena, la capra porta fra le gambe un verricello (figura 663) semplice o differenziale ovvero ad ingranaggi, che si mette in azione per mezzo di manovelle.

Nè è escluso l'impiego dell'argano accoppiato alla capra; in tal caso si rende necessaria la carrucola di rimando da fissare al piede della capra.

La capra è molto usata in Artiglieria per il sollevamento dei pezzi da fuoco; ogni nazione ne ha una regolamentare. Essa riesce utile per il sollevamento dei blocchi pesanti di pietra e si può collocare, occorrendo, anche sui ponti di servizio della fabbrica.

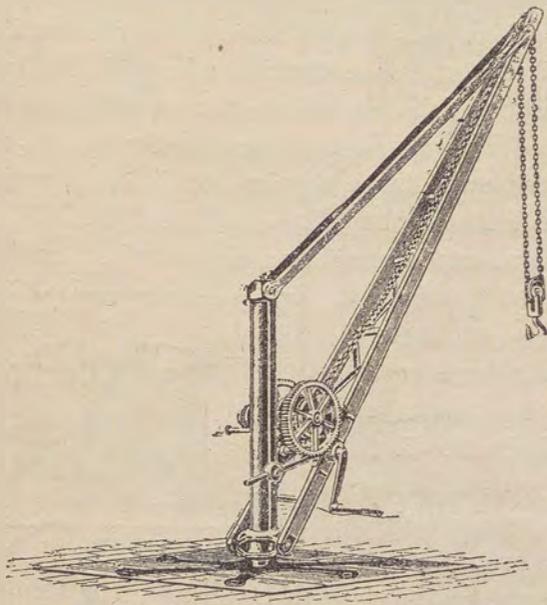


Fig. 661

Le grù sono quegli apparecchi, che servono a sollevare grandi pesi e, poichè hanno la proprietà di far percorrere ai medesimi dei movimenti orizzontali, servono al costruttore per sollevare e collocare

giustamente nel sito, in cui vanno murati, i grossi blocchi di pietra.

Oltre al movimento ascensionale le grù possono dare ai corpi sollevati un movimento solamente circolare orizzontale o due movimenti rettilinei orizzontali, fra loro ortogonali, ovvero un doppio movimento misto circolare e di traslazione orizzontale, per cui il corpo sollevato può condursi in qualsivoglia direzione; egli è evidente come, dipendentemente da queste proprietà, questi apparecchi si possono dividere in tre distinte categorie.

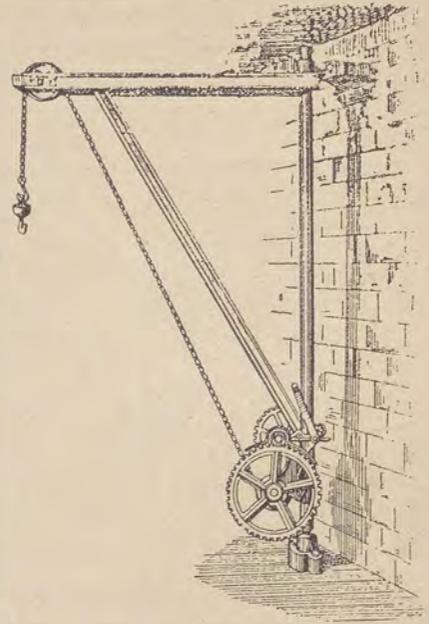


Fig. 665.

Le grù più semplici sono quelle della prima categoria, cioè a movimento circolare orizzontale, consistenti in una colonna o fusto verticalmente rigido fissato sul suo piede, che coll'estremità superiore so-

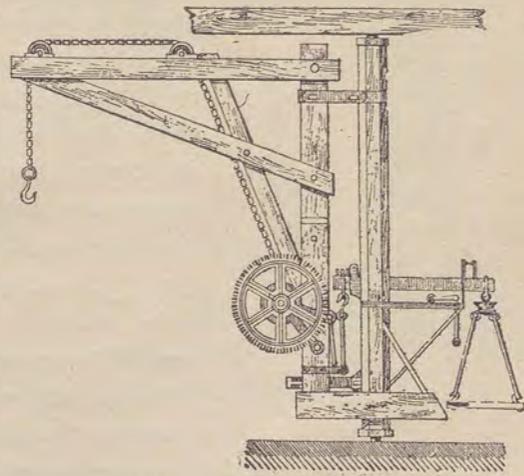


Fig. 666.

stiene, coll'intermezzo di un tirante, una antenna o volata obliqua, girevole attorno la colonna. L'antenna porta in cima la carrucola o il paranco; la fune o la catena di sollevamento è ricevuta da un ver-

ricello o da un argano situato tra la colonna e la volata, come mostra la grù in ferro fissa rappresentata dalla figura 664.

Talvolta la volata ed il fusto formano un sistema solo girevole intorno due perni verticali o due cuscinetti situati alle due estremità del fusto, come nel tipo di grù in ferro fissa rappresentato dalla fig. 665 e nell'altro in legno dalla fig. 666. Nei magazzini di merce sovente queste grù si fissano alle pareti dei muri e servono per montacarichi (fig. 667).

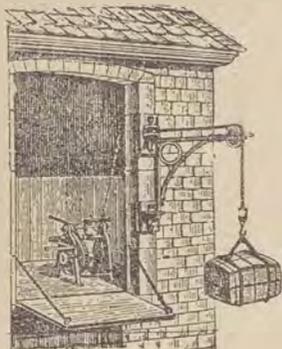


Fig. 667.

Conveniente per costruttori è l'elevatore fisso a doppia volata fornito dalla Ditta C. Naef di Milano (figura 668). Questa doppia grù agisce con un solo verricello ed alternativamente con l'una e con l'altra volata: cioè, mentre una fune sale col recipiente pieno, l'altra discende col recipiente vuoto, realizzando una notevole economia di tempo e di personale. Come le grù fisse, questo elevatore si monta sui palchi del ponte di servizio, spostandolo di piano in piano col progredire della fabbrica; a tale scopo esso è scomponibile in vari pezzi facilmente portatili.

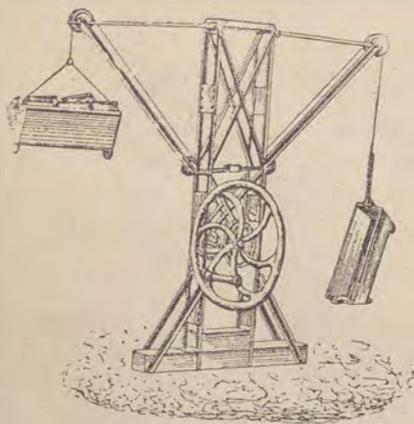


Fig. 668.

Notevole fra le grù di questo genere è la *grù-capra*, cosiddetta *americana*, anche perchè in America di frequente, per il suo grande raggio di azione, sostituisce i ponti di servizio esterni con grande economia di tempo ed di spesa. Costano queste grù di una lunga colonna di legno verticale stabilmente infissa nel suo piede, costituito quasi sempre da un castello verticale pure di legno, e di una volata formata con una trave di legno, lungo fino a 15 m. ed articolata sul piede della colonna verticale, dalla quale è sostenuta mediante tirante di fune con paranco per variarne l'inclinazione secondo il biso-

gno (fig. 669). L'estremità superiore della colonna è consolidata da una cerniera alla quale mettono capo 3 a 4 venti ancorati ai pali conficcati nel terreno: anche l'estremità superiore della volata porta delle funi con le quali la medesima viene diretta nei movimenti che si vogliono dare ai materiali sollevati mediante argano o verricello e relativo paranco, assicurato alla estremità della volata. Tali movimenti si aiutano anche con un secondo paranco assicurato alla testa della colonna verticale, come indica la figura.

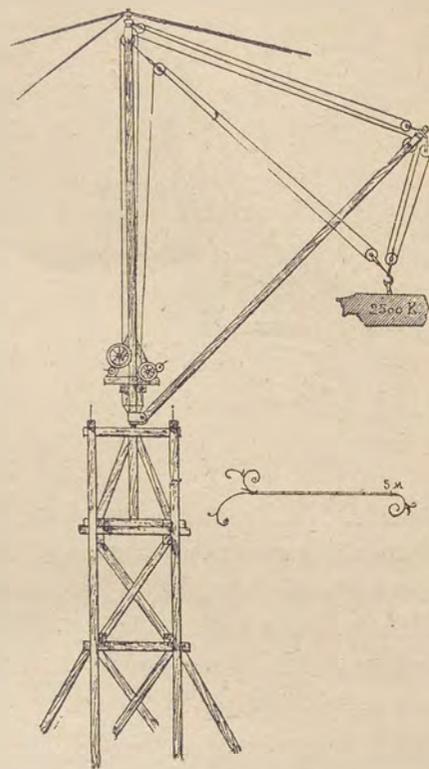


Fig. 669.

Una sola di queste grù montata nella parte centrale dell'area fabbricata basta a provvedere i materiali per tutta la costruzione; basterà che i punti più distanti della medesima stiano entro il raggio di azione delle grù, nel caso diverso si disporranno tante di queste grù, fino a coprire con il loro raggio di azione l'intera area fabbricata (fig. 670).

La grù capra americana si costruisce anche in ferro ed è degna di menzione quella che fu adottata per la costruzione del tribunale di Salt-Lake S. U. A., nella quale tanto la colonna verticale che la volata erano costituite

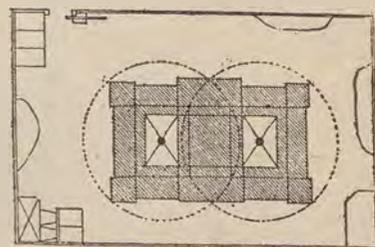


Fig. 670.

da una trave tubulare della forma di un sigaro (figura 671), lunga circa 24 m., in diversi pezzi di ferro vuoto di facile montatura e trasporto.

Con le grù fisse evidentemente si possono sollevare anche corpi che non si trovano nella verticale passante per il paranco, purchè la fune arrivi fino a loro. In questo caso i corpi vengono trascinati dalla

fune, fino a che questa non si riduca verticale. Questa falsa manovra però è da proscriversi con le grù fisse a semplice movimento circolare, perchè si esercita sulla testa della volata uno sforzo obliquo, che col tempo finisce per guastare l'albero della grù.

Le grù della seconda categoria sono dotate di due movimenti rettilinei ortogonali, sono sprovviste di volata e consistono di due parti principali e cioè: a) di un carrello montato su quattro ruote scorrevoli sopra un binario che può essere sostenuto da una solida armatura; questo carrello prende il nome di *pontone scorrevole* e

può essere costruito in legno, come nel pontone rappresentato dalla fig. 656, ovvero in ferro come negli altri delle fig. 672 e 673. b) di un carrello più piccolo su due o su quattro ruote scorrevoli rispettiva-

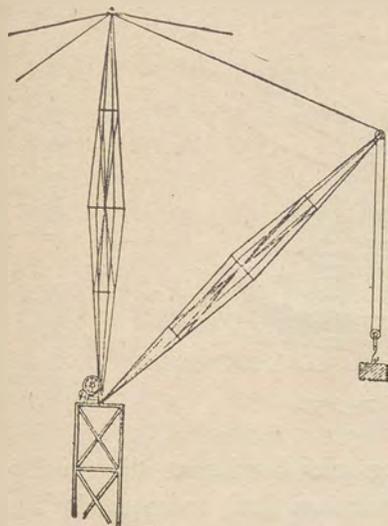


Fig. 671.

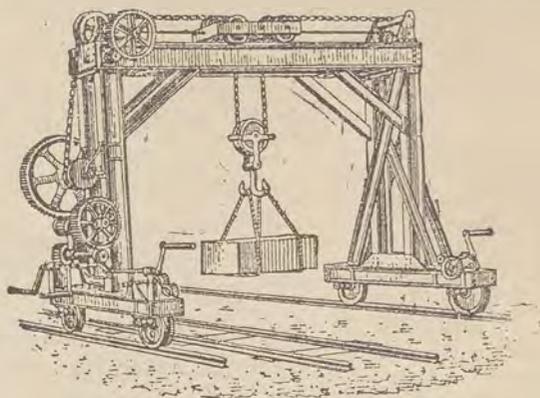


Fig. 672.

mente sopra 1 o 2 rotaie portate dal primo carrello, in direzione normale al binario di quest'ultimo; questo carrello porta l'argano o il verricello, sul quale si avvolge la fune o la catena di sospensione, ovvero porta semplicemente la carrucola od il paranco di

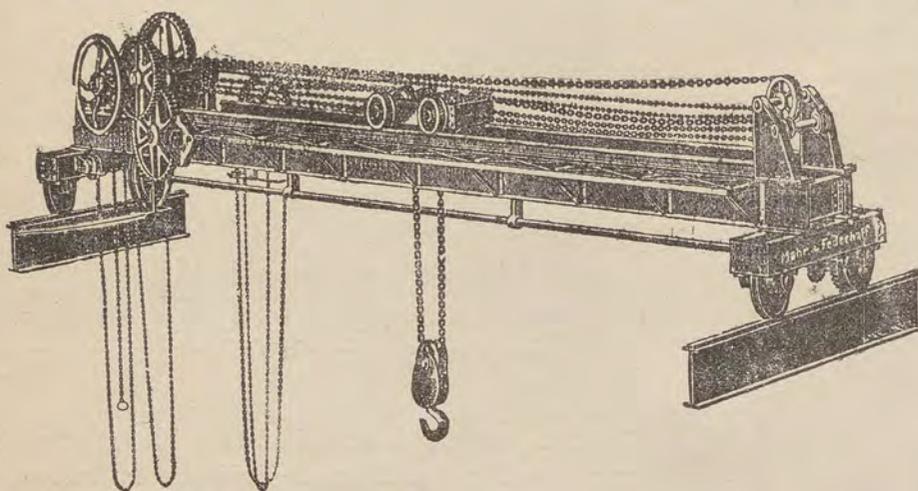


Fig. 673.

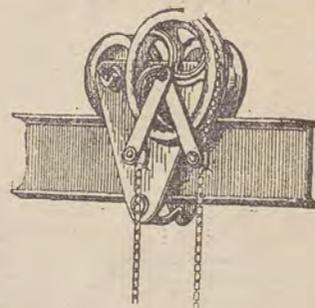


Fig. 674.

sollevamento (fig. 674), ed allora il verricello è posto nel primo carrello, come nel pontone della fig. 672. Il movimento di avanzamento dei carrelli si ottiene mediante ingranaggi e manovelle ovvero mediante volantini e catene di manovra, che trasmettono il movimento alle ruote dei carrelli. Dalle semplici figure è facile immaginare quale deve essere la manovra dei pontoni scorrevoli per il sollevamento e la collocazione a giusto sito dei blocchi di pietra. La forza

motrice d'ordinario è quella manuale; nei grandi cantieri però si ricorre facilmente al vapore od all'elettricità.

Le grù della terza categoria comprendono quelle *locomobili*. Costano queste grù di un carro su 4 ruote scorrevoli sopra rotaie, il quale sopporta una ordinaria grù fissa a movimento circolare orizzontale.

Si hanno grù-locomobili che si trasportano a mano, spingendoli; esse sono comunissima nei cantieri di co-

struzione anche più modesti ed il tipo più semplice è quello indicato dalla fig. 675, in cui la grù porta un *contrappeso* costituito da una cassa metallica *c*, nella quale si ripongono dei pesi in misura da fare equilibrio al peso del corpo sollevato dalla grù. Le grù di questo genere e di maggior mole sono montate sopra vagoni e vengono trascinate da locomotive, ond'è che si chiamano propriamente *vagoni-grù* quelle di cui si fa uso nei grandi cantieri (fig. 676). Il carro dei vagoni-grù è munito di 4 tenaglie *t* a vite, perchè il vagone possa fermarsi sulle rotaie, allora quando si mette in azione la grù, inoltre la cassa dei

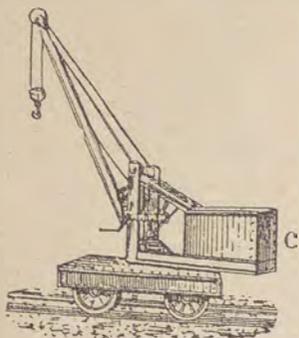


Fig. 675.

pesi è scorrevole sopra due code portate dal castello della grù perchè se ne possa variare il momento a seconda del carico da sollevare. La manovra dell'argano nelle grù locomobili sovraccennate si fa a mano, come a mano si fanno girare le grù intorno al proprio asse. Si costruiscono però delle grù nelle quali tali movimenti si ottengono con la forza del vapore o per mezzo di energia idraulica od elettrica.

Nelle grù locomobili a vapore la caldaia generatrice del vapore è situata sopra una piattaforma gi-

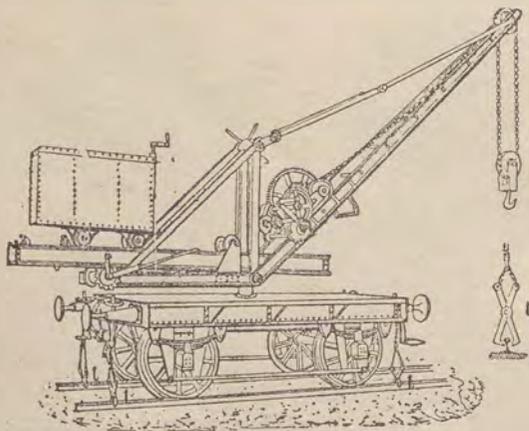


Fig. 676.

reole, unitamente alla grù, sul carro ed il motore è unito ai montanti dell'argano (fig. 677). In tali grù il movimento di rotazione si ottiene mediante ingranaggi. Nella fig. 678 è rappresentato il tipo più moderno di grù-locomobile elettrica a portico costruita dalla casa Mohr per le calate dei porti.

La portata di tutte le grù è variabile secondo le dimensioni delle varie parti che le costituiscono. Per

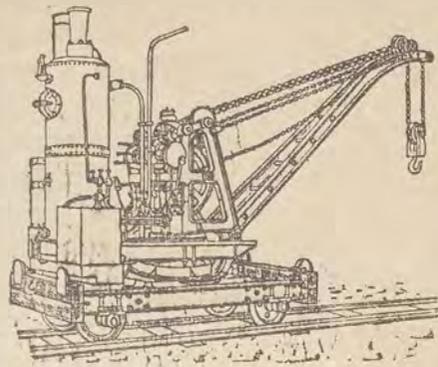


Fig. 677.

ogni tipo le case costruttrici forniscono diversi modelli di portata variabile nei casi ordinari da 1 a

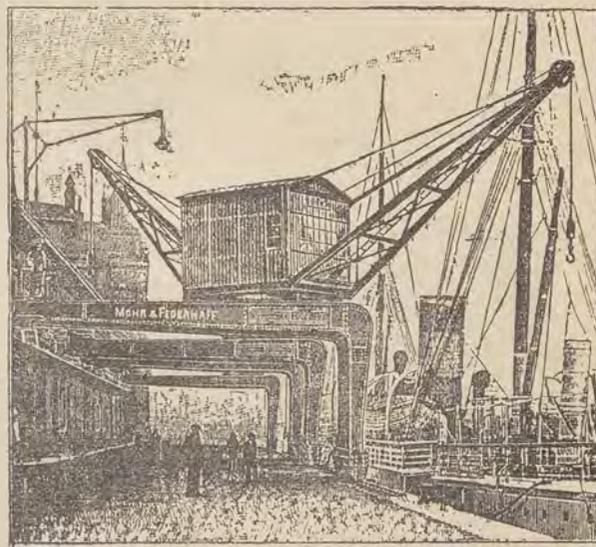


Fig. 678.

10 tonn. per le grù fisse, da 500 a 1000 Kg. per le grù murali, da 1 a 20 tonn. per i pontoni scorrevoli e da 1 a 15 tonn. per le grù locomobili.

## § 9.

### I PONTI DI SERVIZIO.

Allo scopo di permettere agli operai di potersi elevare e lavorare mano mano che si innalzano i muri, si costruiscono quei palchi di tavole che d'ordinario si stabiliscono all'ingiro della fabbrica o nel suo interno, anche per depositarvi i materiali neces-

sari per la costruzione. Tali armature di legname avendo carattere provvisorio, si costruiscono di sovente assai leggiere; però non è superfluo il raccomandare di porre ogni cura nella loro costruzione, perchè è dalla intelligente loro connessione che dipende la sicurezza degli operai che vi attendono a costruire i muri.

A seconda dell'altezza e dell'importanza della fabbrica si distinguono due specie di ponti di servizio e cioè *ponti di servizio eseguiti dal muratore*, che sono i più semplici ed i più generalmente adottati, i quali si convengono per le costruzioni ordinarie di non considerevole altezza, in cui si impiegano materiali non molto voluminosi, nè pesanti, e *ponti di servizio eseguiti dal carpentiere* quelli più stabili e resistenti a forti carichi accidentali, così, ad esempio, quelli sui quali si devono installare binari di servizio, apparecchi di sollevamento per materiali pesanti, ecc. e destinati a rimanere in piedi per diversi anni come accade quando si costruiscono edifici pubblici e monumentali.

I ponti di servizio si richiedono non solo per eseguire le costruzioni nuove, ma anche per effettuare le riparazioni in costruzioni esistenti, a sostegno delle quali, quando minacciano rovina per proprio deperimento, ovvero a causa delle medesime operazioni di restauro che vi si praticano, si sogliono sovente impiegare speciali puntellature di legname che, più propriamente si chiamano *castelli*.

I ponti di servizio si costruiscono diversamente secondo le località ed i legnami di cui si dispone. Quelli eseguiti dal muratore sono caratteristici per la loro semplicità e per l'impiego di legnami greggi per lo più di abete o di castagno, a sezione circolare ed appena scortecciati; quelli costruiti dal carpentiere esigono invece legnami squadrati, intagliati e spesso collegati da perni e chiavarde metalliche. Gli uni e gli altri si muniscono di scale a pioli o di piani inclinati, detti *andatoie*, per salire ai diversi piani. Le andatoie consistono in piani di tavole, inclinati per circa  $25^{\circ}$  e convenientemente sostenuti, attraversati orizzontalmente da listelli di legname inchiodati sopra le tavole a distanza di 30 cm. circa (fig. 1 e 2 tavola XLIX).

I ponti di servizio costruiti con legnami greggi si distinguono in *ponti di servizio con cavalletti* e *ponti di servizio ordinari con candele*.

La maniera più semplice di costruire un ponte di servizio è quella che si ottiene con gli ordinari ca-

valletti da muratore (fig. 679). Disposti questi cavalletti in fila, parallelamente a sè stessi, vi si colloca sopra un suolo di tavole adatte a sopportare gli operai ed i materiali da costruzione. Si dispongono questi ponti da una sola parte del muro, preferibilmente dalla parte interna, perchè così si ha il vantaggio di non ingombrare la strada e di potere disimpegnare fino all'altezza della costruzione del solaio o delle volte.

Se coi cavalletti sopraccennati non si giunge a tale altezza, si può costruire sul primo un secondo palco di tavole, più ristretto, facendo uso di pilastri di mattoni o di altri materiali a secco, ovvero si può costruire un nuovo palco di tavole, identico al primo, sopra una seconda fila di cavalletti collocati l'uno sopra l'altro ai primi e ciò allora quando non si disponga di cavalletti a scala del genere indicato dalla fig. 680,



Fig. 679.

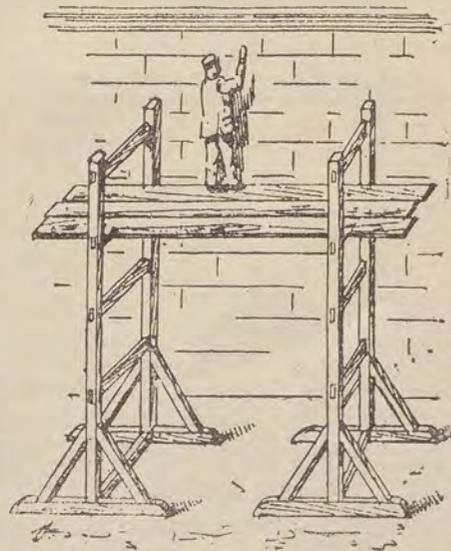


Fig. 680.

i quali permettono di potere facilmente arrivare ad una maggiore altezza. I cavalletti possono anche disporsi in fila parallelamente ai muri ad una distanza di m. 1,5 a 2 da questi, poggiando allora delle traverse sui cavalletti e sul davanzale delle finestre, si stende sopra di queste il palco di tavole. Tra il davanzale e l'estremità delle traverse si interporranno

dei pilastrini di mattoni a secco, quando le traverse, così disposte non riescissero orizzontali.

Gli ordinari ponti di servizio (fig. 681) si compongono di *antenne* d'abete (*abetelle*) disposte verticalmente spesso appaiate, ad una distanza di m. 1,5-2 dal muro a costruirsi e spaziate tra loro di m. 2-3; di *lungherine*, *correnti* o *filagne*, che collegano orizzontalmente le antenne fra di loro e di *traverse* disposte fra le lungherine ed il muro che si va sopraelevando, sulle quali si colloca il palco di tavole de-

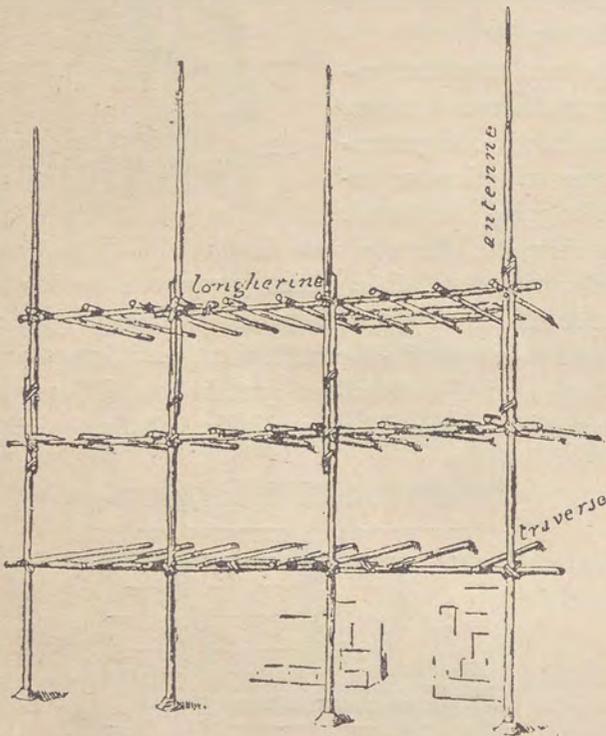


Fig. 681.

stinato a sostenere gli operai e gli apparecchi per il sollevamento ed il trasporto dei materiali.

Le *antenne* d'abete, semplicemente scortecciate, hanno la lunghezza tra i 5 e i 15 m., il diametro di m. 0,15-0,25 misurato nell'estremità più grossa e terminano in punta all'altra estremità, per cui regolarmente si caricano non oltre il punto in cui il diametro diventa minore di 8 cm. Per costruzioni molto alte le antenne si allungano congiungendole *marginè a marginè* con fasciature di corda o di nastro di ferro (fig. 682, *a*) o con *fasciature e gattello* (fig. 682, *b*) ovvero quando le antenne sono appaiate, disponendone una sul prolungamento della più corta (fig. 682 *c*), e stringendo entrambi con fasciature al fusto più lungo; a tale scopo dove i due fusti si toccano, si squadrano leggermente per avere un migliore con-

tatto fra di loro e quindi un collegamento più saldo. Le antenne si poggiano nel terreno internandone le estremità più grosse per 30-80 cm.; allora quando devono sopportare pesi rilevanti sotto il loro piede si

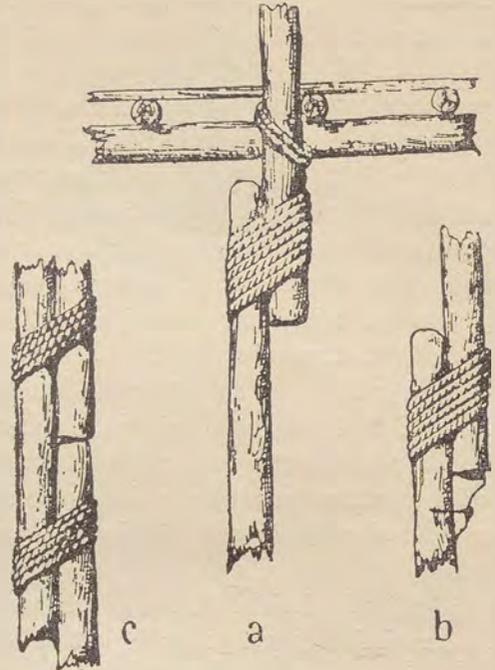


Fig. 682.

dispone una soglia di legname o di pietra ovvero si avvilluppano al piede con un cono di muratura.

Alle antenne si collegano le *lungherine* a quelle altezze ritenute più convenienti per il lavoro dei manovali; il loro collegamento si fa per mezzo di sem-

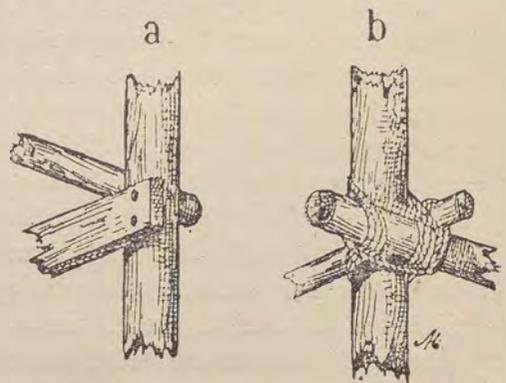


Fig. 683.

plici fasciature di corda o di nastro di ferro (fig. 683, *b*) ovvero per mezzo di speciali gattelli di cui si hanno diversi esempi nella fig. 684, 1-6. Nella fig. 683, *a* la lungherina è di tavola inchiodata con robusti chiodi; nella fig. 684, 1 è una mensola di ferro, mantenuta a contrasto con catene, che sostiene la lungherina;

nella fig. 2 è un gancio che provvisto di punte si fissa all'antenna; nella fig. 3 è una staffa di lamiera di ferro, avente un diametro eguale a quello dell'antenna, provvista di tre fori destinati a ricevere un bolzone col quale contrasta l'orlo inferiore della staffa, allorchè è caricata; nella fig. 4 sostiene la lungherina una mensola di ferro provvista di tre punte con le quali si fissa all'antenna e vi è assicurata per mezzo di catena che si lega ad un uncino pure infilzato nel-

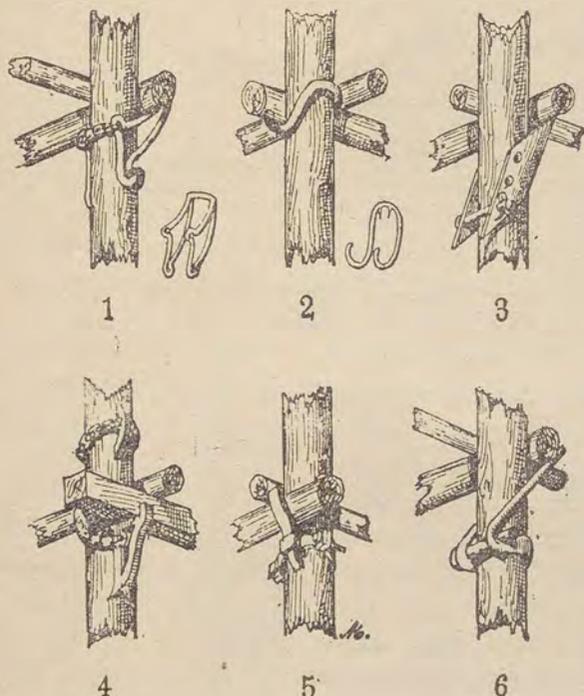


Fig. 634.

l'antenna; nella fig. 5 è una mensola tenuta ferma da una cerchiatura con viti e nella fig. 6 è la mensola di Biringier chiara dalla sola figura.

Anche il collegamento a catena di Bouillant si presta bene per l'unione di antenne e di lungherine con antenne (fig. 1-3 tav. L). Ha il vantaggio della facile montatura e di potersi serrare per mezzo della vite di tensione tutte le volte si rende necessario dietro oscillazione dei vari pezzi.

Le traverse sono travi di minori dimensioni della lunghezza di m. 2 a 2,5 e del diametro di m. 0,1-0,15, che si fanno poggiare con una estremità sulle lungherine, con l'altra dentro buchi profondi m. 0,20 che appositamente si lasciano nel muro mano mano che questo si va sopraelevando. Talvolta si fa a meno di questi buchi, necessariamente poi quando si costruisce in pietra da taglio, e si poggiano le traverse con la loro estremità sui davanzali delle finestre.

Ponti di servizio più semplici si costruiscono facendo a meno delle lungherine, collegando direttamente le traverse con le antenne (fig. 685), in tal caso è necessità situare le antenne più vicine fra loro. Convengono questi ponti per fabbriche di minore importanza e poco alte, perchè allora si fa uso di legnami di minori dimensioni e più maneggevoli.

Per fabbriche molto alte e quindi per muri molto spessi si fanno ponti di servizio più complessi, disponendoli da una parte e dall'altra del muro a costruirsi. In tal caso le traverse, poggiate con un estremo sulle lungherine del ponte esterno, attraversano lo spessore del muro per collegarsi con l'altra estremità alle lungherine del ponte interno (fig. 2, 3, tav. LI), profit-

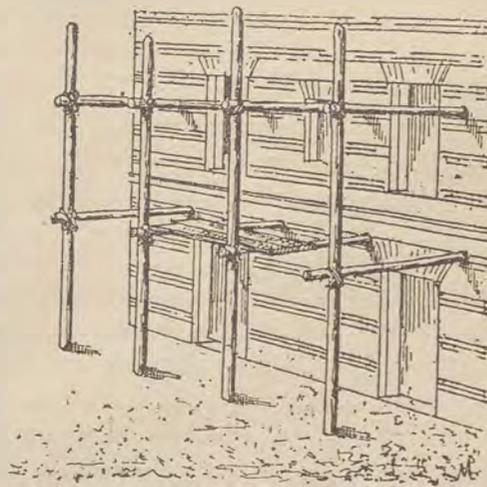


Fig. 685.

tando, quando si può, delle aperture delle porte e delle finestre per lasciare passare le traverse.

Finalmente in ponti siffatti le lungherine si possono rinforzare con saettoni (fig. 1, tav. LII) allorchando le antenne sono piuttosto distanti fra loro per cui le prime non riescono resistenti al carico che vi può gravare, e tutta la parete esterna del ponte si può consolidare con tiranti *t* diagonali e con saettoni *s* trasversali che uniscono le pareti fra loro (fig. 1 tavola XLIX e fig. 2, tav. LI). In ogni caso nello stabilire il palco di tavole sulle traverse si avrà somma cura di evitare la loro disposizione a bilancia con una estremità, cioè, in falso (fig. 2, tav. LII), tale disposizione essendo la causa più frequente degli accidenti, ad attenuare i quali è buona regola non disfare mai il palco di tavole situato immediatamente al di sotto di quello in cui si lavora.

Allorchando sul palco del ponte si vuole impiantare un binario di servizio per il trasporto degli ap-

parecchi di sollevamento e dei materiali, si dispone il binario sopra correnti di legname situate sopra le traverse; gli apparecchi di sollevamento sono ordinariamente dotati di doppio movimento, quello sul binario cioè e del movimento ortogonale a questo o circolare che permette il collocamento in opera dei materiali sollevati.

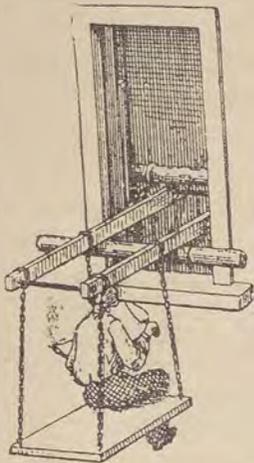


Fig. 686.

I ponti di servizio possono essere anche *pensili* ed *a sbalzo*. Si chiamano pensili quei palchetti sospesi mediante tiranti o funi legate con una estremità al parapetto del ponticello e con l'altra a travi sporgenti a sbalzo dall'alto dell'edificio, per lo più con l'intermezzo di puleggie di rinvio. Questi ponticelli di struttura leggera sono ampi metri  $0,9 \times 1$  a 4 (fig. 6, tavola LII) e servono unicamente per eseguire piccole riparazioni a qualunque altezza del fabbricato; le travi a sbalzo di loro sostegno si cacciano fuori per lo più dal cornicione di coronamento del fabbricato e si mantengono in stabile posizione contrastandoli nella estremità opposta

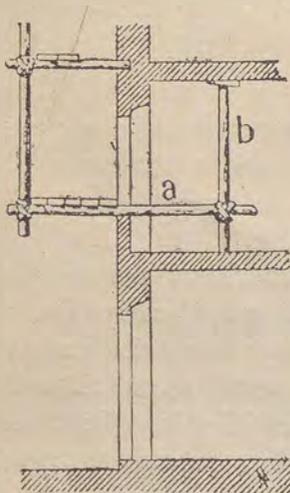


Fig. 687.

direttamente o per mezzo di travi ausiliarie con la travatura del tetto; talvolta queste travi si cacciano fuori dalle aperture delle finestre come nel ponticello, tipo Ferrari, della fig. 686 o si sospende direttamente il ponticello alla ringhiera di un terrazzino (fig. 5, tav. LII), tal'altra, quando non è possibile fare uso dello stesso edificio per sostegno del ponte, questo si sospende a scale a mano od aeree (fig. 7, tav. LII).

I ponti a sbalzo o volanti servono propriamente per riparazioni di poca importanza di singole parti di un fabbricato. Si utilizza spesso nella costruzione di questi ponti il principio della mensola o quello della bilancia che si applica in maniera differente secondo che si può o no poggiare al suolo il piede di alcune parti che le compongono. Nella fig. 687 è rappresentato

un ponte a sbalzo a bilancia sostenuto da travi di legno *a* orizzontali poggiate sul parapetto delle finestre e mantenute in questa posizione da travi verticali *b* tenute a contrasto tra il pavimento ed il soffitto di un edificio costruito ovvero ancorate alla volta od alle travi del solaio di un edificio in costruzione (fig. 688).

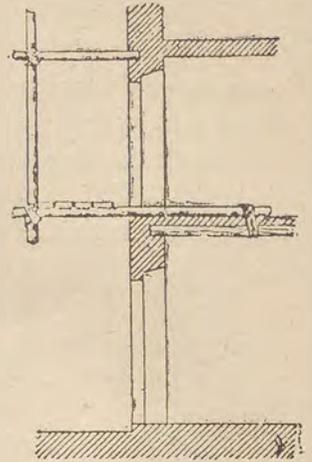


Fig. 688.

Il collegamento delle traverse *a* con i ritzi *b* può farsi con semplice fasciatura ovvero interponendo le traverse tra due mozziconi di ritzi nella maniera indicata dalla fig. 689.

Ponticelli a sbalzo pure molto usati sono quelli a mensola indicati nella figura 690; in questi le traverse che sostengono il palco del ponte sono fermate per una estremità in buchi praticati nel muro, per l'altro da saettoni inclinati *b*, i cui piedi sono fermati nel suolo o nel muro medesimo. Anche questi ponti si possono prolungare in alto; in ogni caso è necessario fissare bene nel muro le estremità delle traverse, occorrendo con piastre di ferro, per impedire la rotazione del ponte, ovvero si può bilanciare il momento mediante puntelli interrati al piede come indica la fig. 1 tav. LI.

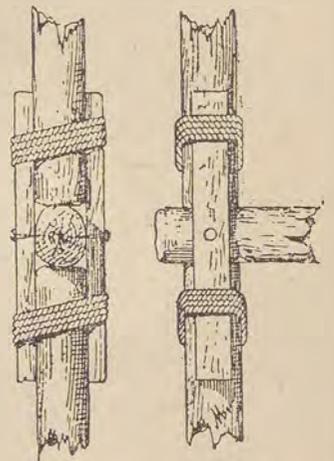


Fig. 689.

Un ponte a sbalzo ingegnoso quanto sicuro è quello rappresentato nella fig. 6 tav. L; *A B* rappresenta lo spessore del muro trapassato dal legno *C* immorsato fortemente dalla parte interna del muro mediante la legatura *D*. Due morse verticali *E* aggrappano la traversa *C* e si estendono a contatto della parete esterna. Sopra queste morse sono intestati due saettoni, i quali rinforzano la tra-

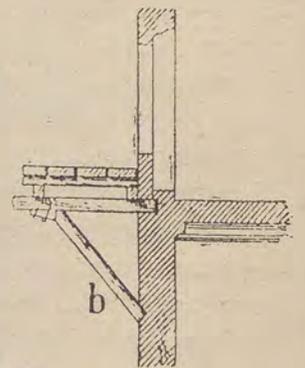


Fig. 690.

versa *C* in maniera salda per poter reggere solidamente l'antenna ed il sostegno *S* con le traverse che si introducono nel muro.

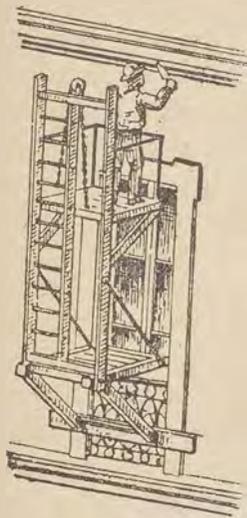


Fig. 691.

I ponticelli a sbalzo dell'ingegnere Ferrari di Milano, rappresentati nelle figg. 691-93, sono raccomandabili per la loro sicurezza, allorquando si abbiano da eseguire piccole riparazioni all'esterno di una fabbrica e perchè possono essere rimossi e trasferirsi con facilità da una finestra all'altra, alle quali si raccomandano con l'aiuto di pezzi che contrastano con la parete interna del muro. Anche i ponti a sbalzo si possono raccomandare alla scala

a mano od a quella aerea (figura 2, 3, 7, tavola LII) allorquando non si può fare uso dell'edificio per sospendere il ponte.

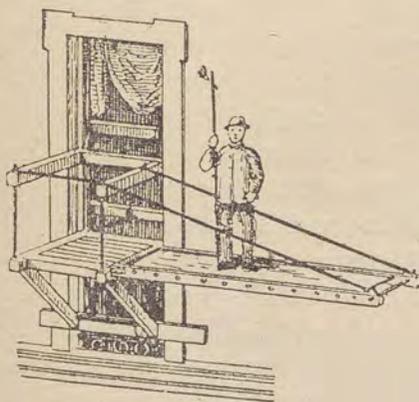


Fig. 692.

Trattandosi di riparazioni interne come per restauro dei soffitti ad esempio, si può stabilire facilmente un ponte nella maniera indicata dalla fig. 694, facendo sostenere il palco per mezzo di ritri poggianti, per poco inclinati alla verticale, sul pavimento e sulla parete; i correnti legati ai ritri si sostengono nel loro mezzo con uno o più ritri verticali qualora l'ampiezza del ponte lo richiede.

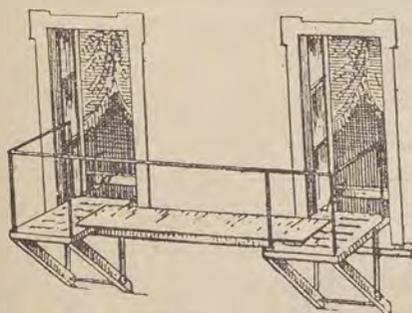


Fig. 693.

I ponti di servizio ordinari, come si è detto, si costruiscono dai muratori con

legni greggi a sezione circolare appena scortecciati. Per fabbriche di grande importanza, di cui la costru-

zione dura per diversi anni, convengono i ponti costruiti con legni squadrati più o meno grossolanamente, che il carpentiere eseguisce spesso sopra disegni dell'architetto.

In questi ponti le candeie si compongono con una,

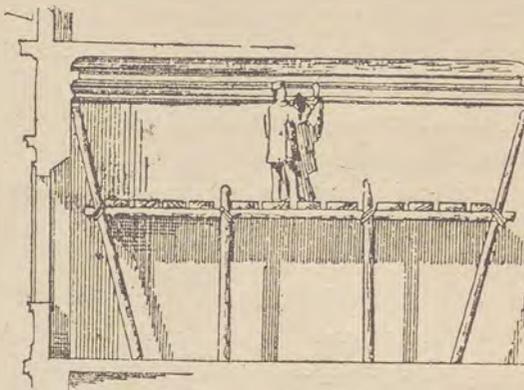


Fig. 694.

due, quattro, ecc. travi accoppiate secondo l'altezza della costruzione ed il genere dei collegamenti adottati.

L'unione dei pezzi costituenti le candeie si fanno con fasciatura di nastro di ferro (fig. 695, 1) o con

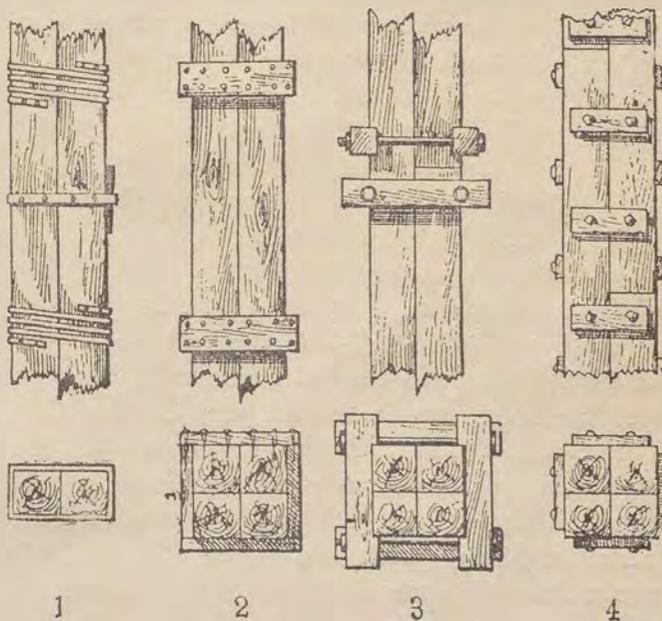


Fig. 695.

tavole chiodate, come è indicato nella fig. 695, 2 dove è raffigurata un'antenna composta con un fascio di quattro travi squadrate o con traverse e chiavarde (fig. 695, 3) ovvero mediante ganasce equidistanti (m. 0,5 circa) bene inchiodate (fig. 695, 4). Per l'unione dei pezzi orizzontali con le candeie si può talvolta usare qualcuno dei collegamenti indicati nei ponti composti di travi rotonde, come ad esempio la catena

di Bouillant, la mensola di cui al n. 4 della fig. 684, ecc.; ma per lo più tali collegamenti consistono in perni o chiavarde o in speciali ordigni, come il colletto di Heidrich usato molto in Germania allora quando le candele del ponte sono fatte con due travi accoppiate. In tal caso questo colletto, composto di due pezzi eguali riuniti per mezzo di viti (fig. 4, tav. L), stringe esattamente le due antenne distanziate per la grossezza della lungherina, la quale riposa sul colletto medesimo. Il colletto poi aderisce alle antenne per mezzo degli uncini *u* e può servire anche per congiunzioni di antenne, allorchè è foggiato nella maniera indicata dalla fig. 5 tav. L. L'allungamento delle



Fig. 606.

candele semplici si pratica anche con gattello e fasciature o chiavarde (fig. 696) e nelle candele composte con due o più travi disponendo i pezzi da collegare l'uno sul prolungamento dell'altro e facendo in modo che non si abbia più di una interruzione nello stesso piano orizzontale, anzi è buona regola che tali interruzioni si tengano distanziate il più che sia possibile (fig. 695, 4).

In ogni caso tutti i ponti, comunque siano costruiti devono avere il parapetto dell'altezza di un metro circa per provvedere alla sicurezza degli operai addetti al lavoro ed impedire la caduta dei rottami di materiali, per cui quasi sempre i parapetti si fanno di tavole chiodate di costa o distanziate dalla parte interna del ponte, o nella maniera più semplice indicata dalla fig. 4, tav. LI.

Nella tav. LIII fig. 1-3 è rappresentato il ponte di servizio composto con travi squadrate, riportato dal Breymann, che ha servito per i restauri della Chiesa della Trinità a Parigi. Questo ponte può dirsi esemplare per la sua arditezza congiunta ad una grande semplicità. Per non arrecare guasti alla facciata principale, questa non venne utilizzata nella costruzione del ponte di servizio ed il ponte si eresse direttamente dal suolo, come se si fosse trattato della costruzione di un edificio nuovo e solo una parte delle candele all'altezza della torre si appoggiarono al fabbricato.

Le candele composte con un solo stile grosso al piede m.  $0,25 \times 0,25$  e lungo m. 34 ha le commessure longitudinali lunghe m. 0,75, fasciate con lamine di ferro ed assicurate con chiavarde. Orizzontalmente le candele sono assicurate da traverse doppie, collegate come indica la fig. 3 della medesima tavola e da lun-

gherine semplici con chiavarde (fig. 5). Lunghe saette inclinate del medesimo spessore degli stili assicurano le candele e sono inchiodate con queste (fig. 4) con le lungherine. Il ponte eseguito per la torre venne collegato con immorsature indicate col quadrato interno segnato in pianta (fig. 3). Oltre alle scale proprie della torre per accedere al ponte si fece uso di scale a piuoli e di scale di legno munite di parapetto e saldamente fissate al ponte di servizio.

Notevoli per grandiosità e robustezza sono i ponti di servizio che han servito per la recente costruzione del Palazzo di Giustizia in Roma. Questo ponte di cui nella tav. LIV si ha la vista di una parte, si sviluppava intorno le facciate del palazzo per oltre 800 m. ed era costruito con tavole, traverse e lungherine sopportate da due ordini di candele parallele alle pareti del palazzo rivestito esternamente in travertino. Ciascuna candela si componeva di 4, 6 o 9 stili quadrati riuniti e tenuti saldamente a posto con ganasce equidistanti ben chiodate. Sopra ciascun palco di tavole del ponte era installato un binario di servizio per gli apparecchi di trasporto e di sollevamento dei materiali. Un robusto elevatore situato nel centro della fronte principale serviva al sollevamento dei vagoncini carichi di materiali ed alla discesa dei vagoni vuoti. I grossi blocchi in pietra da taglio erano alzati dall'elevatore che li affidava a grue scorrevoli sui binari di servizio, per mezzo delle quali i conci erano trasportati a sito d'opera per la prova e l'assetto definitivo. In prossimità dell'elevatore, agli angoli del ponte ed ovunque si avea un cambiamento di direzione del binario, era installato uno scambio girevole che permetteva dovunque il trasporto dei materiali. L'accesso ai vari piani del ponte, limitato solamente a quello degli operai e costruttori, si faceva perciò per mezzo di scale di legname solidamente unite al ponte, il quale sarebbe rimasto in opera per tutto il tempo della costruzione del palazzo, durata oltre 12 anni, se non si fosse cambiata a metà costruzione l'Impresa costruttrice, per cui il ponte fu disfatto e ricostruito nella maniera rappresentata dalla tavola.

Talvolta per ultimare una parte di una fabbrica si costruiscono ponti di servizio indipendenti da quelli impiegati per la costruzione delle fronti e delle altre parti dell'edificio. Avviene ciò quando si costruisce una cupola, una torre, un qualsiasi corpo isolato sovrastante o addossato ad una fabbrica. In tal caso il ponte di servizio assume una speciale disposizione conforme alle dimensioni ed al profilo della parte di

fabbrica da ultimarsi. Citiamo ad esempio il ponte eseguito per i restauri nella cupola del Pantheon a Parigi dopo il 1870, chiaramente rappresentato in pianta ed in sezione nella fig. 697.

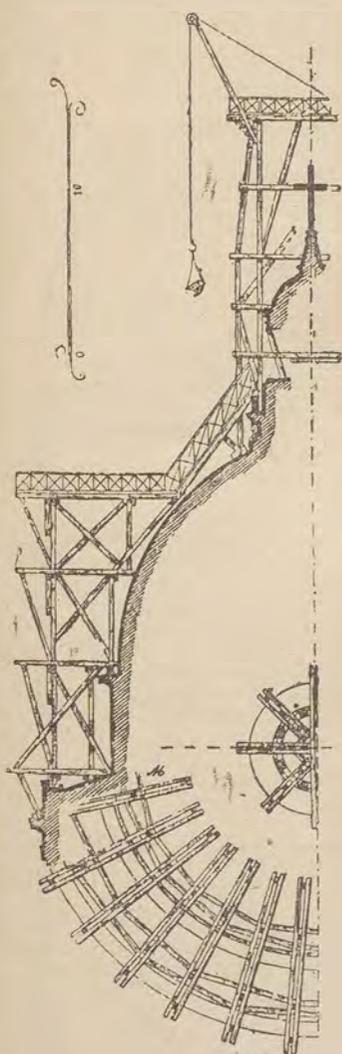


Fig. 697.

Per la ricostruzione delle cuspidi dei campanili della cattedrale di Chalon (1821) fu impiegata una armatura avente dieci piani di impalcature, che in proposito merita menzione. Questa incastellatura (fig. 698) venne posata sull'estremità di ciascun campanile alto 30 m.

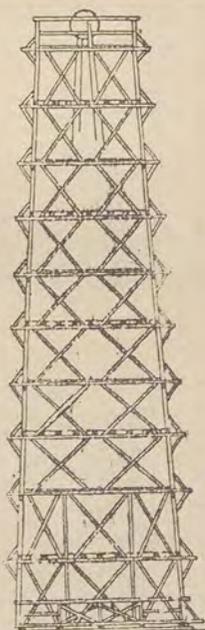


Fig. 698.

ed assicurata contro gli spostamenti laterali mediante robusti collegamenti diagonali. Tale armatura fu costruita in maniera che, dopo aver costruito la cuspide di uno dei campanili, venne tolta ed utilizzata per la costruzione dell'altra.

I ponti di servizio fissi si impiegano per le nuove costruzioni; i ponti mobili servono segnatamente per i lavori di restauro. Questi ponti si distinguono in *ponti a funi volanti* ed in ponti propriamente *scorrevoli* o *rotabili*. Fra i primi si comprendono i ponti pensili assicurati per mezzo di funi e puleggie di rinvio (figura 6, tavola LII) a travi collegate coll'ossatura del tetto ovvero sporgenti dalle aperture delle finestre.

Questi ponticelli possono scorrere nel senso verticale lungo la fronte della fabbrica a ripararsi.

Un ponticello pensile mobile anche nel senso laterale è il ponte a bilancino, molto usato per gli imbianchini, che si vede indicato nella fig. 699.

In questo ponticello le puleggie di sospensione sono attaccate ad un travicello fiancheggiato da rotelle scorrevoli sopra rotaie di ferro sorrette da apposite staffe sospese alle travi sporgenti del tetto.

I *ponti scorrevoli* consistono in armature di cui tutti i membri sono stabilmente connessi e che con facilità si possono trasportare anche per mezzo di ruote o di rulli sopra rotaie o piattaforme prestabilite di legname o di materiali.

Tutte le armature pensili e molte di quelle a sbalzo sono anche ponti mobili e tali possono ancora considerarsi i ponti a cavalletti, perchè riescono facilmente trasportabili. I cavalletti sui quali si stende il palco di tavole possono avere forme diverse da quelle avanti citate; notevoli sono quelli rappresentati nella fig. 700, i quali vennero impiegati per la costruzione dei campanili del Duomo di Hildesheim.

Questi cavalletti si poterono spostare facilmente nei due sensi verticale ed orizzontale mano mano che la costruzione della fabbrica progrediva e per renderli perfettamente stabili bastava assicurarne mediante cavi il braccio di posa. Così possono pur considerarsi fra i ponti mobili i ponticelli a sbalzo e quelli sospesi assicurati ai piedi delle scale od alle ringhiere dei terrazzini.

Pei restauri del cornicione di coronamento nell'in-

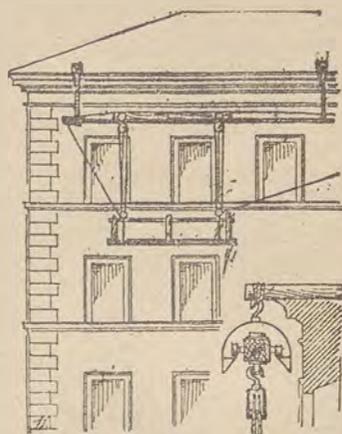


Fig. 699.

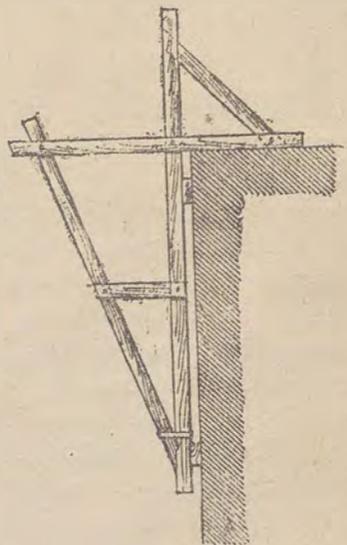


Fig. 700.

terno della Basilica Vaticana, si impiega tuttavia il cavalletto carriuolo, che si vede rappresentato nella fig. 701. ideato dal maestro Nicola Zabaglia, celebre nella costruzione di ponti. Questo cavalletto spostabile si appoggia sopra una trave fissata longitudinalmente sopra la cornice e sopra questa si ferma mediante viti. La parte pensile del cavalletto è munita di due rotelle ad asse verticale le quali scorrono sul piano del fregio e facilitano lo spostamento del cavalletto.

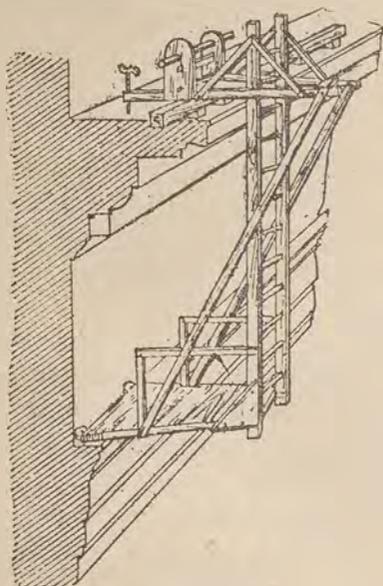


Fig. 701.

Nella fig. 702 è rappresentato un ponte scorrevole mediante ruote, riportato dal Breymann, chiaro dalla semplice figura, il quale è adatto per le riparazioni delle vólte a botte. Questo ponte richiede che le quattro ruote, sulle quali esso trovasi montato, scorrono entro apposite guide per evitare che le sue parti sporgenti urtino contro le pareti su cui imposta la vólta.

Nell'anno 1773, dovendosi restaurare la vólta della grande navata della Basilica Vaticana, venne impiegato un ponte speciale scorrevole sopra una impalcatura sporgente dal cornicione della navata (fig. 703). Il dorso semicircolare delle centine di questa armatura terminava con diversi piani di impalcatura alle quali si accedeva mediante scale a piuoli. Nella figura 704 è rappresentata l'impalcatura scorrevole che ha servito per le gallerie dell'esposizione di Vienna e nell'altre (figg. 1-3, tav. LV) il ponte mobile che ha servito per la costruzione della tettoia della Stazione di Orléans. La prima di queste armature non richiede ulteriore illustrazione, bastando la figura per essere compresa; la seconda è notevole perchè fu posata sopra due carrelli ad otto ruote, scorrevoli ciascuno sopra un binario, permettendo così di utilizzare sei degli otto binari per il transito dei treni che non venne perciò interrotto durante la costruzione. In mezzo la impalcatura si posava mediante un altro carrello a 4 ruote sopra un'unica rotaia centrale innocua al movimento nella stazione.

Pei restauri dei prospetti valgono invece i ponti *a castello* mobili sopra ruote di cui si ha un esempio nel tipo comune di ponte girovago (fig. 705) composto di una parte inferiore stabile e fissa sopra un carrello a quattro ruote, che si può prolungare per mezzo di quattro ritti angolari, per lo più costituiti

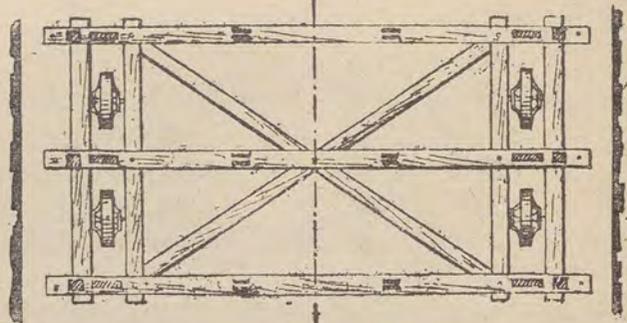
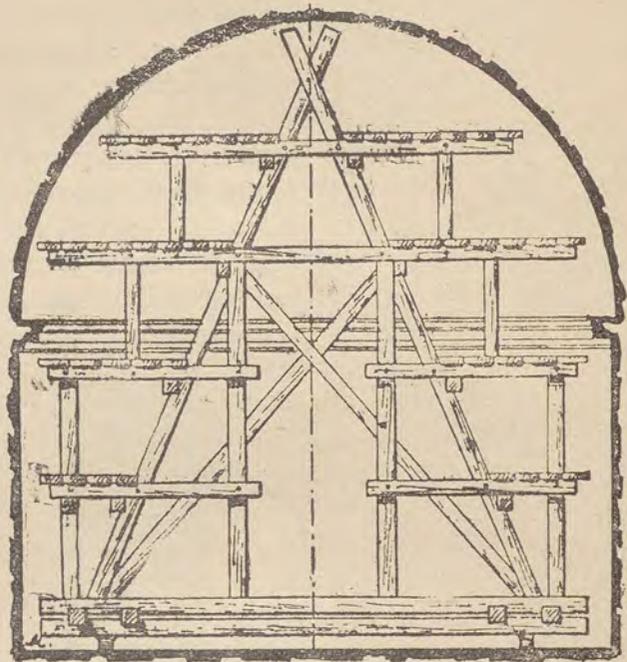


Fig. 702.

da abetelle, e stabilirvi, secondo il bisogno, uno o più ripiani di tavole ai quali si accede per mezzo di scale a piuoli.

Il ponte aereo a coulisse del noto meccanico milanese Paolo Porta è senza dubbio il tipo più pregevole di ponte a castello mobile (fig. 2, tav. LVI). Costrutto sul genere di quello ideato dal Frattini ed esposto a Parigi nell'anno 1878, questo ponte si compone di varie gabbie rientranti l'una nell'altra; le

quali si possono sviluppare ed innalzare per la semplice azione di due manovelle e di ruote di ingranaggi). Ciascuna gabbia può contenere un ripiano

marchevoli sono però le *scale aeree* del Porta, le

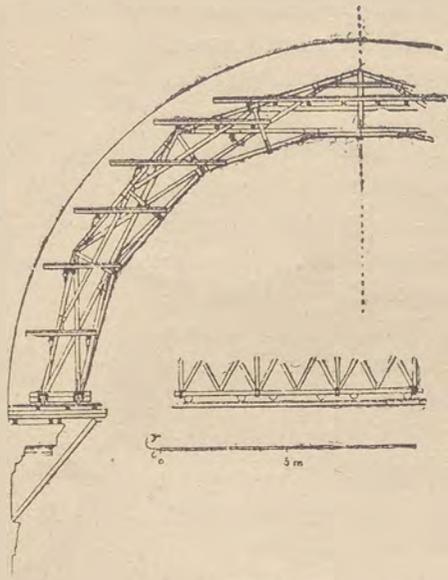


Fig. 703.

ed un balconcino sporgente, i quali permettono di lavorare liberamente. Tutto il ponte montato sopra un carretto a tre ruote riesce leggiero, talchè può essere trasportato da un solo cavallo allora quando

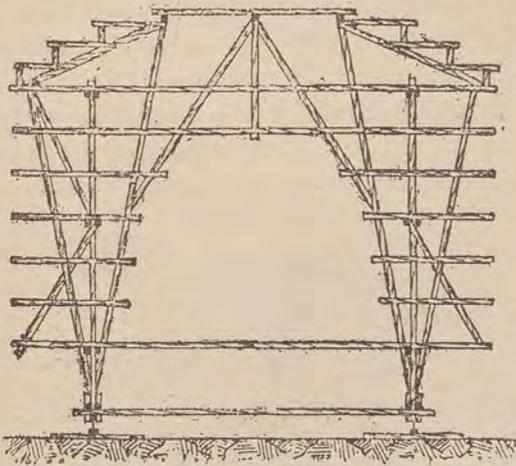


Fig. 704.

è smontato; in questa posizione è rappresentato nella fig. 706.

Nelle officine Porta si costruiscono pure i ponticelli aerei a castello ed a coulisse (fig. 707) che si usano per riparare i fili tramviari; questi ponticelli hanno un'altezza di 4 m. circa, che si può prolungare ai 7 m. e sono montati sopra un carretto a 4 ruote trainato da un cavallo sopra comuni strade o sopra il binario stesso della tramvia. Soprattutto ri-

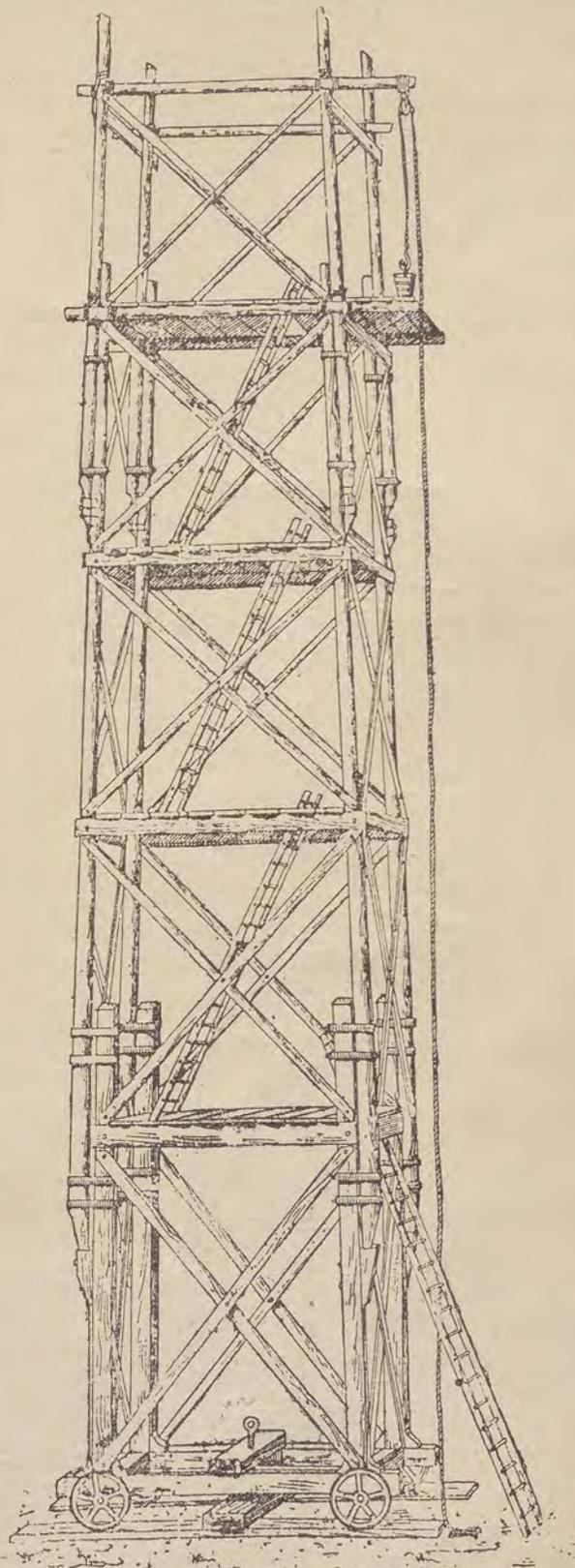


Fig. 705.

quali hanno l'ufficio stesso dei ponti mobili ai quali

si preferiscono per la facilità di montatura e smontatura e per la loro leggerezza, talchè sono state adot-

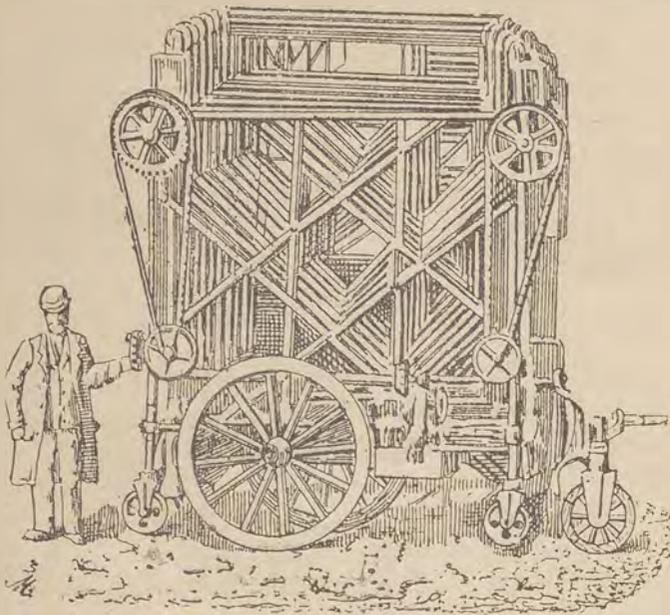


Fig. 706.

tate generalmente per la riparazione dei fili telefonici

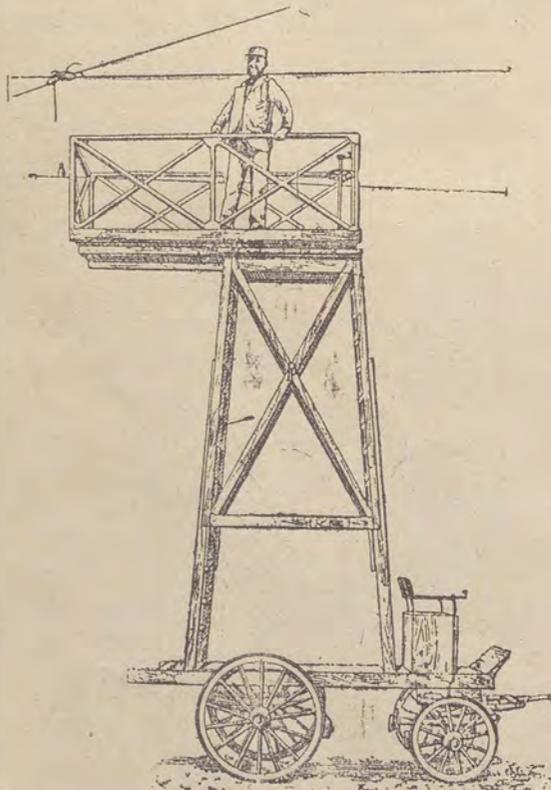


Fig. 707.

e del telegrafo e dai Pompieri nelle opere di spegnimento degli incendi.

Le scale aeree sono montate sopra un carrello

che, secondo lo sviluppo della scala, può essere a due, a tre od a quattro ruote. Le più semplici sono costituite da comuni scale a pioli mobili sopra due ruote (fig. 708); queste scale possono avere un prolungo a coulisse e con esse si può giungere fino a 10 m. circa d'altezza.

Le meno semplici, pure a coulisse, costituenti il tipo medio, sono montate sopra un carrello a tre ruote e come le prime riescono trasportabili a mano (figure 709, 710). Con queste scale si può pervenire fino all'altezza di 15 m. circa.

Le scale più grandi aventi uno sviluppo perfino di 35 m. sono montate sopra un carro a quattro ruote e sono trascinate da uno o da due cavalli. Queste scale (figg. 1, 2 tav. LVII) si compongono con diversi tronchi di scale a pioli che si innestano l'uno sul prolungamento dell'altro in maniera che le estremità di un tronco penetrino nelle scatole di lamiera fissate sulle estremità del tronco precedente (figura 3) ovvero per mezzo di un gradino di legno passante ad innesto fra le staffe di ferro di cui sono munite le estremità di ciascun tronco (fig. 4). Ogni tronco porta superiormente due contraffissi ai quali si collegano i tiranti

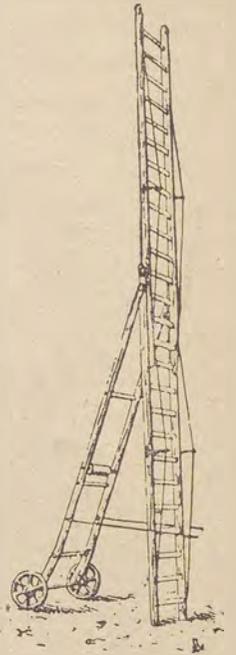


Fig. 708.

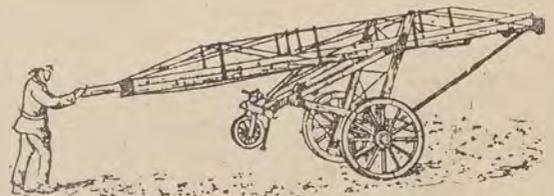


Fig. 709.

mediante una chiavella (fig. 5) costituendosi così coi tronchi e coi contraffissi ed i tiranti un sistema reticolato triangolare al quale deve la rigidità dell'intera trave.

Il tronco inferiore è pure rigidamente collegato ad angolo ottuso con un braccio di leva, il quale alla sua estremità porta un albero  $t$  (fig. 2) in corrispondenza dell'altro  $t_1$  di cui è munito il carro e del verricello  $v$  con cui si tende la fune o la catena che serve ad innalzare la scala, allora quando è stata montata nella

sua normale posizione orizzontale. Portando il vericello una ruota dentata con un nottolino di arresto

si può fissare la scala con quella inclinazione che si desidera. Due contrappesi  $p$  di ferro fuso, fissi alle estremità di due aste di ferro scorrevoli nel

senso orizzontale, a seconda del bisogno, aumentano la stabilità del carro portascala.

Un'armatura a scala spostabile molto semplice è pure quella di Dubbin rappresentata nella fig. 711. È una armatura semplicissima componendosi di due comuni scale a pioli poggiate al muro mediante mensole sporgenti di ferro che sostengono contemporaneamente il palco di tavole su cui lavorano i manovali. Essendo applicate le mensole ai pioli delle scale, il palco di tavole si può stabilire a qualunque altezza.



Fig. 710.

il palco di tavole si può stabilire a qualunque altezza.

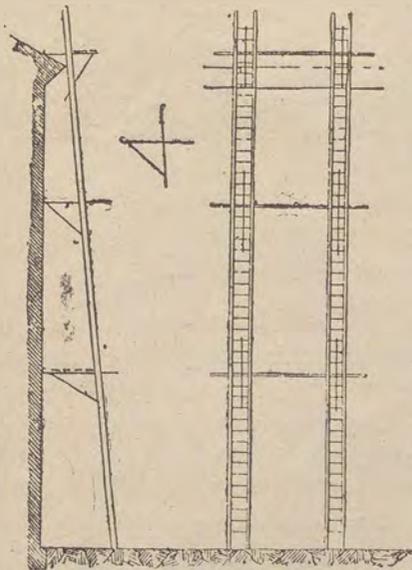


Fig. 711.

Con scale a pioli si possono fare anche armature a castello, le quali non sono veramente mobili, ma

tali possono considerarsi per la loro facilità di trasporto e per la loro facile montatura e smontatura. La fig. 1 a tav. LVI rappresenta uno di questi castelli composto con tronchi di scale leggerissime, rinforzate a due a due mediante croci di S. Andrea. L'insieme di questo castello smontato occupa un piccolissimo spazio.

### § 10.

#### I CASTELLI PER L'INNALZAMENTO ED IL TRASPORTO DEGLI EDIFICI.

Il sollevamento e lo spostamento di un intero edificio non costituisce più oggidi una operazione nuova. Esempi mirabili se ne ebbero presso i Romani ed in tempi meno antichi non propriamente applicati al trasporto di edifici, ma bensì a quello di pesanti massi monolitici e di grandi monumenti che hanno molta analogia col moderno sollevamento e trasporto degli edifici. Basta ricordare in proposito l'erezione dei numerosi obelischi egiziani avvenuta in varie epoche nelle principali piazze di Roma (descritte ed illustrate partitamente nell' *Art. de bâtir* del Rondelet, traduzione del Soresina); il trasporto del monolite che copre la tomba di Teodorico a Ravenna, l'erezione del piedestallo di Pietro il Grande a Pietroburgo, l'altra dell'obelisco di Luxor di piazza della Concordia a Parigi, come pure lo spostamento del campanile della Magione a Bologna eseguito nell'anno 1454, quello del campanile di Trebbo, presso Bologna, eseguito nell'anno 1887 ed il raddrizzamento della torre di Cento (an. 1454) i quali hanno una grande somiglianza ai trasporti che si effettuano oggidi, specialmente in America, dove, per il rapido sviluppo delle nuove città, avviene spesso la necessità di dovere allargare strade e piazze nelle quali eransi iniziate e compiute alcune costruzioni, allora quando per la loro destinazione e per l'incessante uso, anziché abbattere e ricostruire altrove un edificio convenga trasportarlo, lasciandone non interrotta l'interna abitazione. Qualche esempio che in seguito illustreremo varrà a dare maggiori particolari sopra tali procedimenti.

Per il sollevamento e lo spostamento di un edificio occorre una strada costruita con travi, sulle quali l'edificio preventivamente sollevato mediante un traliccio fatto pure con travi, costituenti una specie di vasto zatterone, viene spostato piano piano con la massima uniformità, mediante opportuni apparecchi,

finchè non gli si abbia fatto occupare la nuova sede nella quale stabilmente si mantiene sottomurandolo.

L'armatura a traliccio di sollevamento si conduce diversamente secondo il peso dell'edificio e la gran-

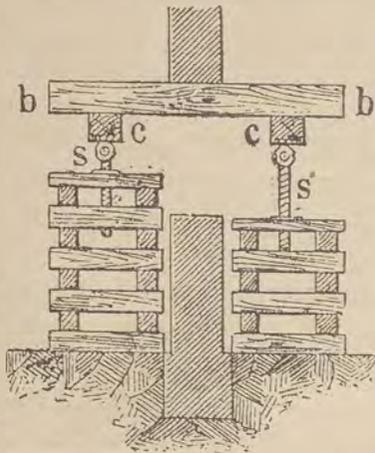


Fig. 712.

dezza dell'area abbracciata dallo stesso. Se il fabbricato ha breve una delle due dimensioni orizzontali, capace cioè di essere totalmente abbracciata da travi di un sol pezzo, si fa sostenere il peso di tutte le pareti da un sistema di travi orizzontali parallele ed equidistanti *a* (fig. 2, tav. LVIII)

che si dispongono sotto il pavimento del piano terreno attraverso un sufficiente numero di opportuni fori praticati nelle pareti.

Se le dimensioni dell'edificio sono tali da non consentire l'impiego di travi di un sol pezzo che lo attraversino da parte a parte, si sostengono partitamente i muri mediante travi *b* lunghe non oltre m. 2,50, che, come i primi, si introducono in fori equidistanti praticati nei muri al livello del piano di distacco da effettuarsi nelle murature medesime. La fig. 712 fa

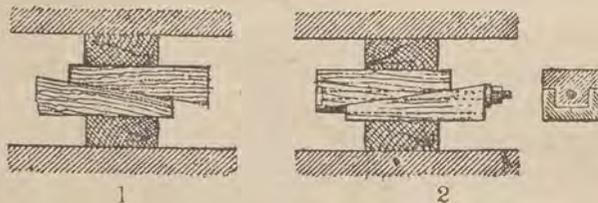


Fig. 713.

vedere la disposizione di queste travi corte e come esse vengono sollevate interponendo fra le medesime e gli apparecchi di innalzamento *s* due travi portanti longitudinali parallele *c*, disposte una da una parte e una dall'altra della parete del muro a sollevarsi.

Per piccole altezze e per carichi non molto grandi gli apparecchi di sollevamento possono essere i cunei accoppiati a due a due ed interposti tra le travi di sollevamento e quelli di sostegno (fig. 713, 1). Qualora non riesca sufficiente l'altezza che si raggiunge, allorchè i cunei siano stati spinti l'uno contro l'altro, conviene assicurare il carico mediante sopporti di legno per liberare i cunei e rimetterli nella loro po-

sizione iniziale onde effettuare un secondo sollevamento.

I sopporti di legno (fig. 714) si costruiscono con tronchi squadrati aventi una sezione costante che si dispongono in due serie, l'una longitudinale, nel senso cioè parallelo alla parete del muro ed hanno allora una lunghezza indefinita, l'altra nel senso trasversale ed allora le travi hanno una lunghezza costante di 90 cm. circa; la loro sezione può essere di cm.  $15 \times 15$

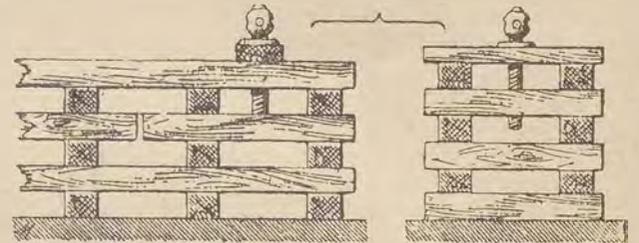


Fig. 714.

a  $20 \times 20$ , mentre la sezione pur costante delle travi portanti tanto longitudinali che trasversali è di cm.  $25 \times 25$  a  $30 \times 30$ .

L'innalzamento mediante cunei offre degli inconvenienti facili ad immaginarsi, allorchè i cunei vengono battuti con la mazza per avvicinarli l'un contro l'altro, per cui conviene conseguire tale ravvicinamento mediante viti (fig. 713, 2).

Per altezze forti il sollevamento coi cunei richiede molto tempo, ond'è che quasi sempre ai cunei si sostituiscono i martinetti o meglio alcune viti spe-

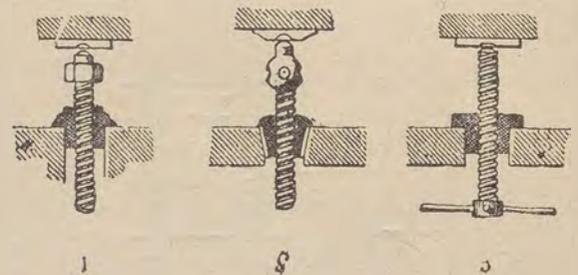


Fig. 715.

ciali, per lo più di ferro che si fanno girare per mezzo di apposite chiavi (fig. 715, 1) o mediante manovelle (fig. 715, 2, 3). La vite gira in una madrevite sopportata da una traversa e si appoggia con la testa contro una piastra di ferro applicata alla trave da sollevare.

Allo scopo di collegare fra loro tutte le pareti in interne ed esterne del fabbricato ed evitare le possibili avarie nel seno della loro struttura, conviene assicurare i muri alla loro base mediante opportune concatenazioni di legno o di ferro.

Si dispongono le viti accoppiandole sotto ogni trave corta portante (fig. 712), disponendone una sotto ciascuna estremità; se le travi portanti sono lunghe si disporranno sotto di loro un maggior numero di viti in proporzione della loro lunghezza e del peso da sollevare. Generalmente le viti si dispongono unifor-

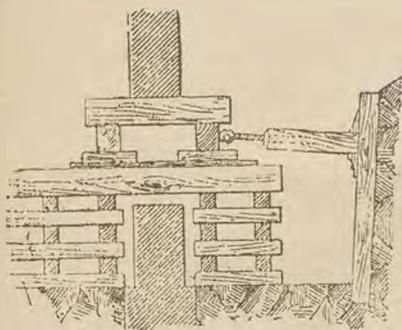


Fig. 716.

mente più che si possa onde riescano tutte sollecitate da un carico pressochè eguale. Allorchè le viti sono messe in azione, quando cioè dopo averlo convenientemente girate, si è sicuri che l'edificio posa interamente sopra le medesime, si continuano a girare tutte contemporaneamente di un piccolo angolo costante; ciò facilmente si ottiene assegnando un operaio per ogni vite che obbedisca ad un determinato segnale dato da chi dirige la manovra. Così è che l'edificio viene sollevato piano piano per tutta la sua estensione senza tema di sconquassarne le sue murature.

Per lo spostamento valgono i martinetti, le viti semplici (fig. 716), le viti doppie (fig. 717) ovvero gli argani ordinari che servono a mettere in tensione la

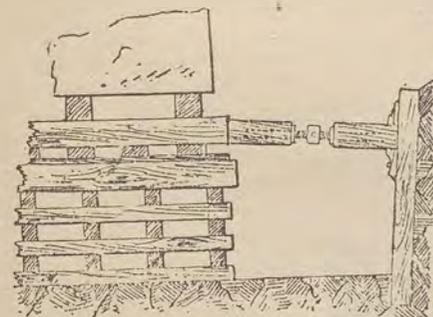


Fig. 717.

fune o la catena di trazione (figura 2 tav. LVIII) spesso coll'intermezzo di un paranco. I martinetti e le viti si dispongono orizzontalmente fra il castello da spostare ed il punto di appoggio. Con l'impiego delle viti doppie si ha il vantaggio di far percorrere al castello una doppia distanza con lo stesso numero di giri.

Quando tutta la vite è girata, come pei cunei, si sostituisce alla medesima un sostegno di travi ed allora, rimessa a principio di giro, la vite viene nuovamente girata e così di seguito sia che essa serva per il sollevamento come per il trasporto.

La strada sulla quale si fanno scorrere le travi lungherine, portanti i traversoni, che direttamente so-

stengono i muri, si costruisce sul medesimo castello di sostegno che ha servito per il sollevamento dell'edificio e che a tal uopo si prolunga fino alla nuova sede che lo stesso deve avere (fig. 2 tav. LVIII).

Le guide sopra le quali scorrono le travi portanti sono costituite da travi aventi la medesima sezione di quest'ultima e la superficie superiore bene piallata sulla quale si spalmano in abbondanza dei lubrificanti (sego e sapone) allorchè l'edificio deve porsi in movimento. Fra la faccia superiore delle guide e quella inferiore delle travi portanti si interpongono degli assi piallati di quercia dello spessore di 3 cm. che facilitano lo scorrimento, il quale riesce ancor più facile se tra le travi portanti e le guide si interpongono dei rulli. Tal'altra la strada è costruita con rotaie di ferro ed allora tra le rotaie e le travi portanti si interpongono dei robusti carrelli ovvero si fa uso di palle di ferro interposte tra due rotaie di cui una è portata dalle guide, e l'altra delle travi portanti (fig. 718).

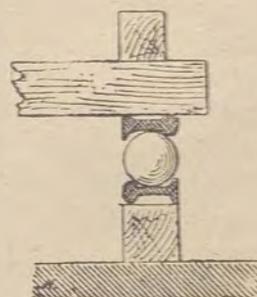


Fig. 718.

Nella fig. 719 è rappresentata la vista prospettica dell'edificio scolastico che nell'anno 1883 venne sollevato di un piano e trasportato per 95 metri a Portland, nell'atto in cui il fabbricato si trova in movimento dopo essere stato sollevato. Dalla figura si scorge la disposizione delle travi portanti, come pure la costruzione della via. L'intero edificio avente la lunghezza di m. 41,17 e la larghezza di m. 15,24 giaceva sopra tre serie di 5 rulli di legno poste in quattro file. Lo spostamento venne effettuato con due funi per mezzo di due cavalli con maneggi aventi la riduzione ad  $\frac{1}{30}$ . Il movimento per ogni ora era di m. 1,8-2,4. L'intero lavoro fu eseguito da 6 uomini per 3500 dollari e 5 settimane dopo il principio dei lavori l'edificio giaceva accresciuto del piano terreno al suo nuovo posto, senza che fosse stato necessario il minimo sgombro di oggetti di mobilio. Dopo 5 settimane di vacanza gli scolari poterono tornare a scuola; essi non avevano che a fare una scala di più per giungere ai locali di insegnamento.

Notevoli esempi di opere siffatte sono pure: lo spostamento che si effettuò nell'anno 1882 di una casa a Buffalo per m. 10,50; la casa era lunga m. 27,50 e larga 24 m., e si adottò perciò il sistema di sospensione dei muri per mezzo di travi corte; il trasporto

per circa 30 m. entro terra dell'Hotel Brington nell'isola di Coney, eseguito nel 1888; questo edificio costruito interamente in legname dovette trasportarsi per garantirlo dalla corrosione delle acque marine che lo minacciavano; esso misura m. 153 di lunghezza per m. 50 di larghezza; lo spostamento di m. 4,15 dell'albergo Pelham effettuato nel 1865 a Boston in occasione dell'allargamento della Tremont-Street; il peso di questo fabbricato a 7 piani era valutato 5 mila tonnellate; il trasporto sopra palle di bronzo del sopramentovato imbassamento del monumento a Pietro il Grande a Pietroburgo del peso di 1200 tonnellate (anno 1880).

Una parte di un fabbricato si può innalzare seguendo questi medesimi procedimenti quando, ad esempio, si voglia interporre un nuovo piano tra due altri di una fabbrica costruita al di sotto del tetto senza che questo fosse guastato, ovvero quando si voglia raddrizzare un edificio che per difetto di fondazione si sia inclinato da una parte.

Nelle figg. 3, 4, tav. LVIII, è rappresentato il procedimento tenuto per l'innalzamento del tetto del palazzo degli uffici della *Pennsylvania Company* a Pittsburgh (S. N. America) nell'anno 1872 per aggiungere due nuovi piani. L'impianto generale e la grossezza dei muri erano favorevoli al progetto. Essendo necessario di non intralciare per nulla il movimento nell'interno della casa, si dovette anzitutto lasciare inalterato il tetto, ciò che condusse all'applicazione del sistema di sollevare il tetto stesso mediante viti, mentre si eseguiva contemporaneamente l'innalzamento dei muri che lo sostenevano. Col tetto si innalzò anche una parte del muro, come si rileva dalla medesima figura allo scopo di conservare anche il cornicione.

Per non intralciare il movimento nell'edificio tutti i materiali furono innalzati dall'esterno.

In modo analogo furono innalzati i tetti dei padiglioni della stazione ferroviaria di Main-Neckar a Darmstadt per elevarli di un piano nuovo.

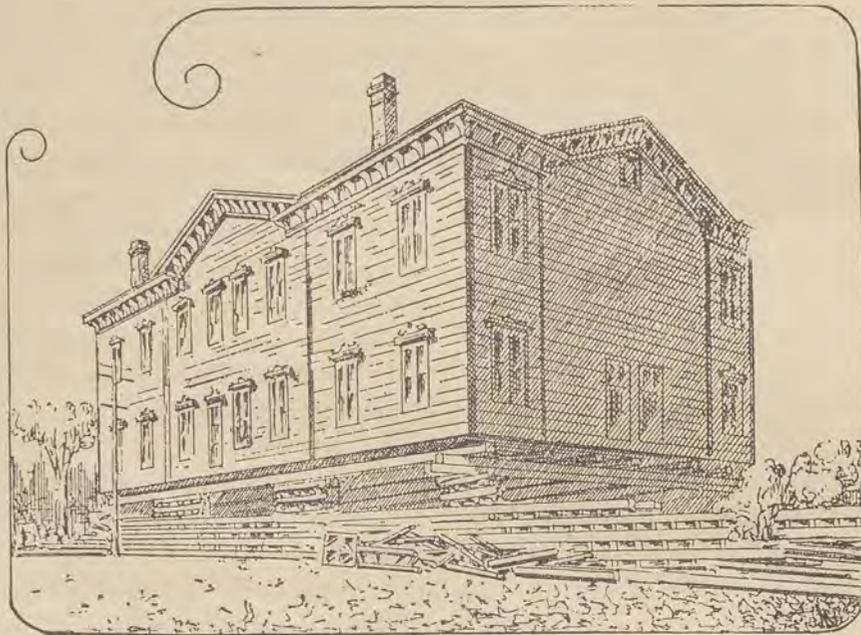


Fig. 710.

## § 11.

## LE

## PUNTELLATURE.

Si chiamano *puntellature* quelle combinazioni di travi di legname, talvolta anche misti di legname e di ferro, che convenientemente disposte sotto una fabbrica od una sua parte ne impedisce la caduta.

Si punteggiano le fabbriche quando minacciano rovina per effetto di vetustà o per difetto delle sue fondazioni, quando si

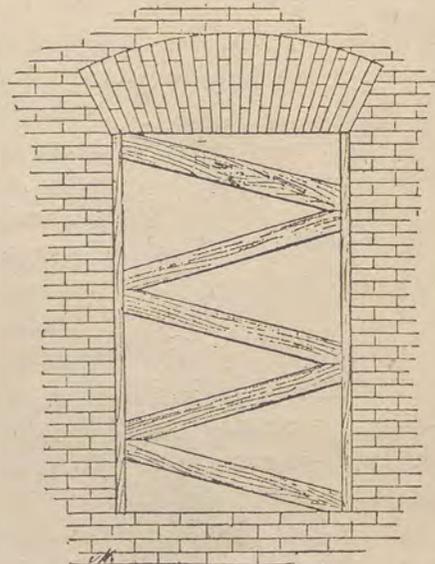


Fig. 720.

vuol praticare un'apertura nuova nei muri o se ne vuole ingrandire una già esistente, ed infine quando si vuol rifare una parte di struttura comunque di-

sposta per cui conviene lasciare a posto la rimanente.

Nella pratica delle costruzioni non si hanno norme fisse da seguire con regolarità per determinare le com-

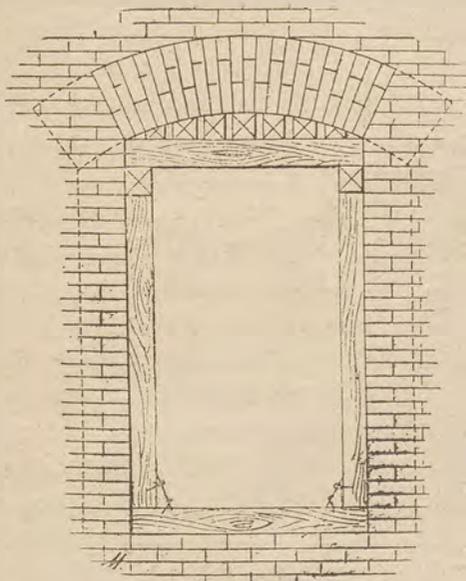


Fig. 721.

binazioni di travi che più convengono a un dato caso di puntellamento; il costruttore si regola sugli esempi più comuni di tali operazioni, valendosi della sua esperienza per scegliere le dimensioni delle travi, e ricorrendo al calcolo, sulla base della resistenza dei ma-

teriali, allorchè le puntellature assumono una certa importanza, tenendo presente che piuttosto che impiegare legnami eccezionalmente grossi, torna conveniente impiegare un maggior numero di pezzi similmente disposti vicini gli uni agli altri.

Nella fig. 720 si ha una maniera di sbatacchiare una finestra, allorquando si deve ricostruire una parte del muro sottostante. I puntelli o sbatacchi

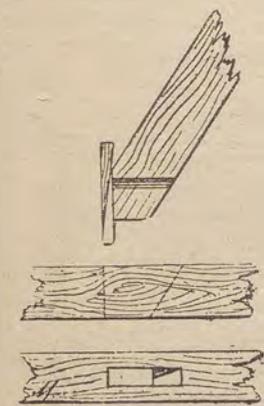


Fig. 722.

inclinati contrastano fra loro e coi piedritti della finestra lungo i quali si distende una piattaforma di tavole per fissare meglio le estremità degli sbatacchi.

Una finestra si puntella nella maniera indicata dalla fig. 721, allorquando si vuole allargare il vano della medesima, per cui devesi sostenere la piattaforma e la parte di muro che vi giava sopra.

Nelle figg. 1-6, tav. LIX è rappresentato l'insieme

ed i particolari del puntellamento di una parete che minaccia rovina per effetto della spinta di un terrapieno. I puntelli inclinati sono accoppiati a due a due, poggiandosi con la loro estremità inferiore a contatto

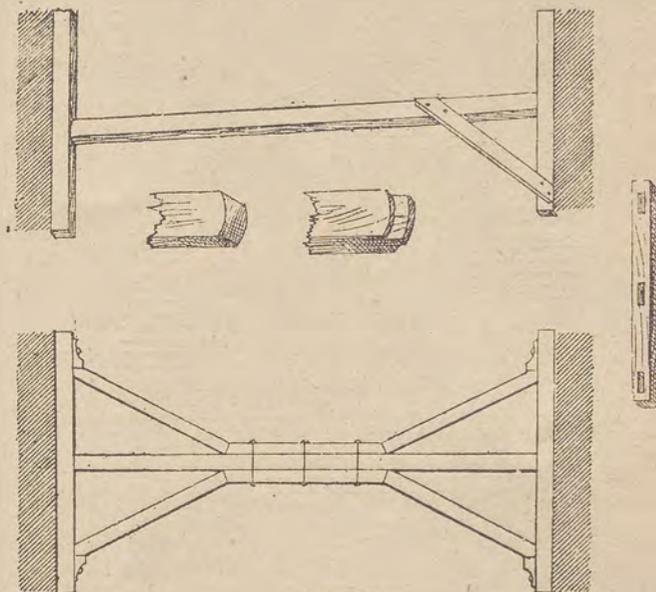


Fig. 723.

contro un passone ficcato nel terreno e sopra una trave interrata nel suolo (fig. 6) mentre con la loro estremità superiore uno sostiene il muro internandosi in una cavità appositamente praticata nella quale si forza, mediante cunei (fig. 2), l'altro insiste contro

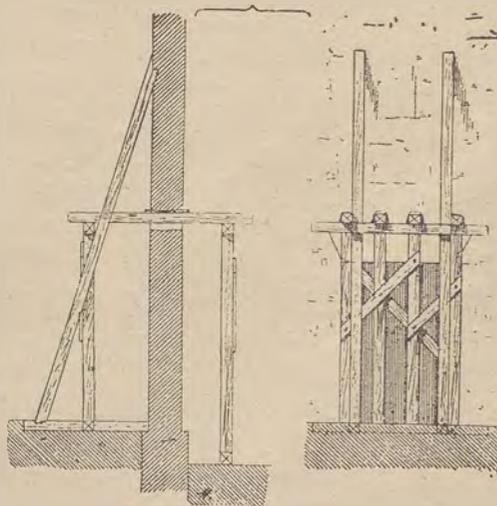


Fig. 724.

una paratia di tavolo. Le figg. 3 e 4 dimostrano altre due maniere di tagliare a squadro l'estremità superiore dei puntelli. La fig. 722 rappresenta un altro modo di fissare e di tagliare l'estremità inferiore dei puntelli forzandola coi cunei.

Allorquando si vogliono sbatacchiare due muri situati l'uno di contro all'altro, si dà ai puntelli una

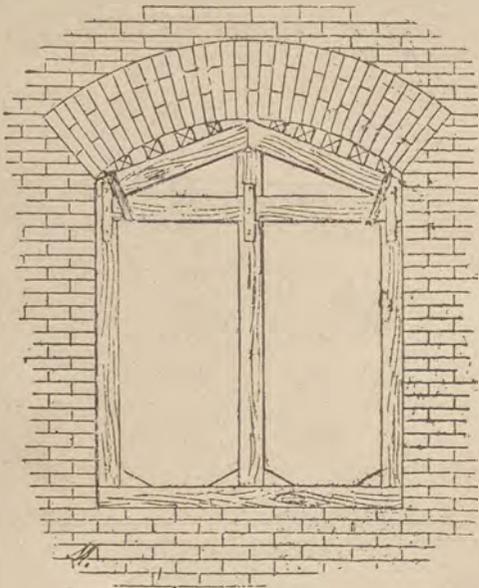


Fig. 725.

lunghezza tale che si possano disporre quasi orizzontali tra due spalle contro le quali si forzano. A tal uopo



Fig. 723.

le estremità loro sono arrotondate o possono essere provviste di un dente per un miglior collegamento con le spalle fig. 723.

Un puntello orizzontale può occorrendo essere rinforzato da 2 o 4 saettoni per parte come indica la medesima figura.

Per sostenere un muro nel quale si vuol aprire un vano si può impiegare la puntellatura composta con travi verticali ed orizzontali indicata dalla fig. 724; le travi verticali sono rafforzate mediante diagonali, mentre speciali puntelli inclinati sostengono il muro in punti più alti per renderne sicura la sua saldezza durante l'operazione di demolizione.

Qualora si voglia sostenere un arco od una volta a tutto sesto si può impiegare la disposizione indicata nella fig. 7, tav. LIX ovvero l'altra rappresentata dalla fig. 725, se la volta è ribassata.

La fig. 726 infine mostra una maniera semplice di puntellare l'angolo di una fabbrica minacciante rovina. La piattabanda è qui sostenuta mediante cavalletti, i muri sono sostenuti da puntelli inclinati accoppiati a due a due su entrambe le fronti e per impedire che essi possano inflettersi o comunque muoversi, ciascuna coppia di puntelli è rilegata mediante traversoni chiodati come mostra la figura.

## § 12.

### I CASTELLI PER LE CAMPANE.

Le oscillazioni delle campane trasmesse alla muratura del campanile, allorchè questo sostiene direttamente le campane, finiscono a lungo andare col guastare la compagine della struttura murale. Perciò

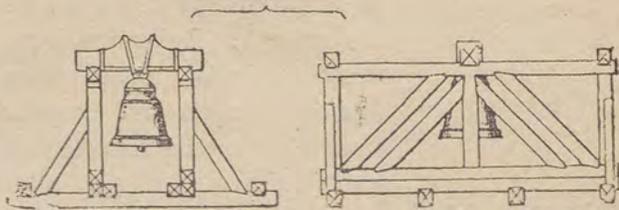


Fig. 727.

a sostegno delle campane nell'interno del campanile per impedirne la trasmissione delle vibrazioni alle pareti, si impiegano speciali impalcature di legname o di ferro, le quali si possono paragonare ai ponti di servizio stabili anzichè temporanei.

Queste impalcature posate sopra risalti della muratura ad una certa altezza del campanile si elevano a guisa di castello isolato e sostengono le campane a livello delle finestre del campanile per dare facile sfogo alle onde sonore.

Poichè i vari pezzi costituenti il castello vengono

così a risentire direttamente le oscillazioni delle campane, è necessario che le loro estremità siano calettate e collegate con chiavarde a vite capaci di potere essere serrate tutte le volte le congiunzioni cominciano ad articolarsi sia per l'effetto delle vibra-

dalla fig. 729. Sopra un solaio di travi, posato direttamente sulla muratura, si elevano quattro montanti e ciascuno rinforzati da quattro saettoni *s*. I montanti sostengono nella loro testa un telaio doppio di travi *t*

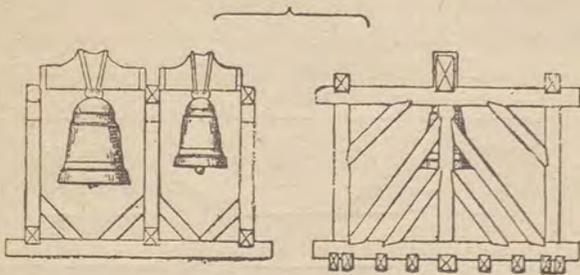


Fig. 728.

zioni come a causa del disseccamento invisibile dei legnami quando il castello è fatto con travi di legno.

Le impalcature per le campane non devono presentare ingombri nel loro interno, perchè le campane possano muoversi liberamente ed eventualmente capovolgarsi allorchè sono piccole.

Secondo il peso delle campane ed il loro numero si costruiscono impalcature più o meno semplici. Per una sola campana può servire il castello segnato nella

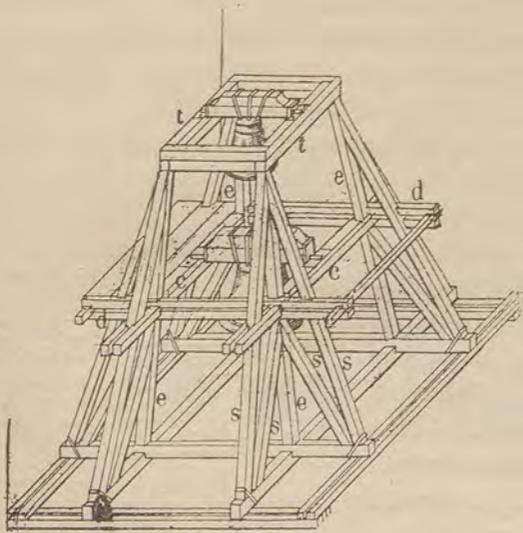


Fig. 727.

fig. 727 composto di un palco di travi e di tavole, di montanti e di saettoni. Un sistema di due campane di differente grandezza, dovendosi trovare in un medesimo piano del campanile, può sostenersi col semplice castello (fig. 728) costituito come il precedente di un palco di travi e di tavole e di montanti con saettoni che ne rendono rigido il sistema. Un sistema di due campane sovrapposte si ha nel palco rappresentato

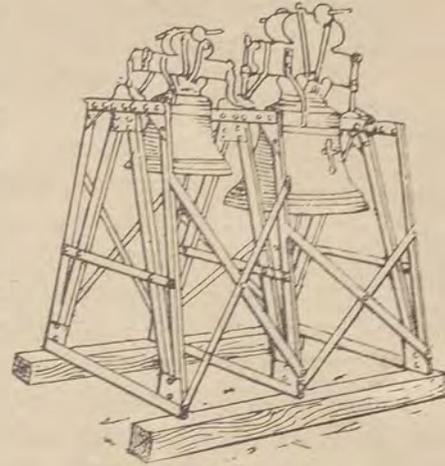


Fig. 730.

sopportante i cuscinetti destinati a ricevere i perni del sopporto di una campana. L'altra campana è identicamente sostenuta da travi doppi *c* ammorsati con gli stili e con le saette a metà altezza del palco e rinforzati fra loro da traverse doppie *d* che servono anche a sostenere una impalcatura di tavole utile per l'ispezione del castello. Un castello di tal fatta può avere una altezza come si voglia, si potrà quindi fare in modo che le due campane coincidano con uno

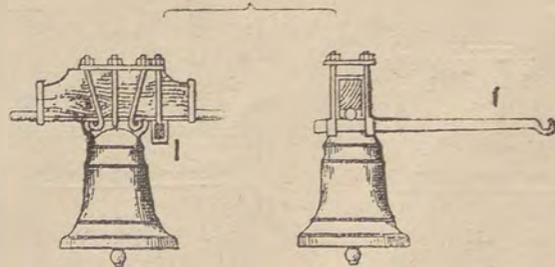


Fig. 731.

stesso ordine di finestre del campanile ovvero con due o più ordini.

Nel trattato del *Breymann* (Costruz. in legno) è riportato il castello per le campane costruito pel campanile della Thomaskirche di Lipsia comprendente parecchie piattaforme in corrispondenza dei sostegni delle campane simili a quelli avanti mentovati.

Terminiamo perciò col fare cenno di un tipo di castello in ferro che può servire per una come per più campane. Il castello (fig. 730) si compone di tanti

cavalletti, quanto è il numero delle campane più uno, sostenuti parzialmente fra loro da un solaio di travi di legno ed in tale posizione mantenuti e rigidamente collegati da ferri diagonali a croce come mostra la figura.

La fig. 731 rappresenta infine la maniera di costruire il sostegno della campana. Questa è unita al supporto formato con uno o più pezzi di travi, secondo il peso della campana, mediante staffe di ferro a vite; il supporto è anche provvisto di un'asse di cui le estremità posano e girano in opportuni cuscinetti (fig. 732) sopportati dalle traverse del castello.

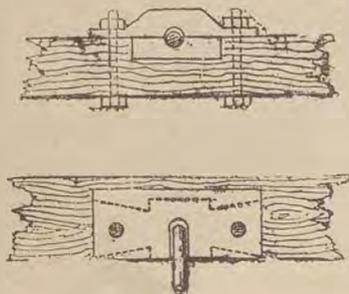


Fig. 732.

La campana è messa in movimento mediante una leva *l* alla cui estremità è attaccata la fune di tiraglio. È frequente anche l'uso di attaccare la fune al batacchio, allora la campana non gira ma semplicemente oscilla attorno i perni per l'urto che riceve.

Il Ritter ha proposto un sistema differente per la sospensione delle campane. Al posto dei perni si hanno due rocchetti dentati (fig. 733) i quali si muovono e girano sopra un sostegno di travi munite di guide

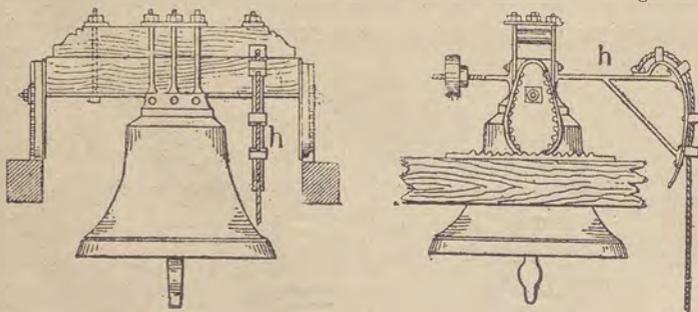


Fig. 733.

dentate che impediscono lo scorrimento dei rocchetti e quindi della campana. La rotazione della campana si effettua mediante la leva *h* alla cui estremità è assicurata la fune di tiraglio; con questo sistema la campana viene mossa con uno sforzo notevolmente minore che non col precedente.

§ 13.

LA COSTRUZIONE DEI CONDOTTI DA FUMO NEI MURI.

I condotti da fumo hanno l'ufficio di rendere innocui i prodotti della combustione dei camini smal-

tendoli all'esterno. I condotti di fumo si stabiliscono più di sovente nello spessore dei muri maestri, quando questi siano grossi non meno di 45 cm. diversamente essi sporgono da una delle pareti del muro. La loro luce interna è di cm. 15-30 se servono al tiraggio degli ordinari camini, ed in questo caso non riuscendo praticabili, la fuliggine, che si attacca sulle loro pareti, si raschia per mezzo di apposita spazzola di fili

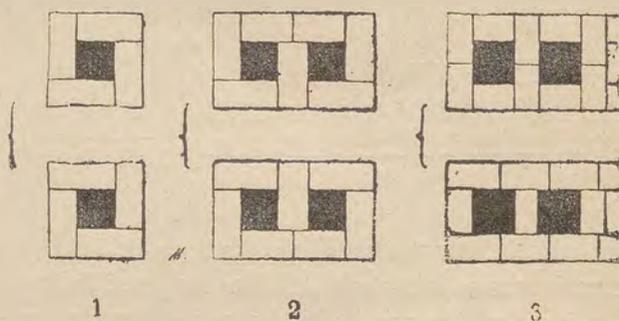


Fig. 734.

metallici che si cala dentro dall'alto; allorchè però la loro luce supera i 45 cm., allora è lo spazzacamino che ne pulisce le pareti. Per lo più sono i regolamenti di polizia edilizia che ne fissano le dimensioni variabili da un paese all'altro.

La sezione trasversale delle canne da fumo può avere forma quadrata, rettangolare o circolare. Le prime due indeboliscono le pareti più che la forma circolare, ma non mancano i mezzi per ridare alla struttura murale la solidità che le viene tolta dalla canna da fumo.

In un muro di mattoni dello spessore di 45 cm. (3 teste) si può costruire una canna da fumo a sezione quadrata (15-20 cm. di lato) o due canne eguali delle stesse dimensioni, disponendo i mattoni ordinari

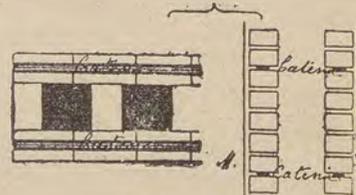


Fig. 735.

nella maniera alternativa indicata dalla fig. 734, 1-3 per i filari consecutivi. Le canne accoppiate sono separate da un diaframma dello spessore di una testa di mattoni. Una struttura di tal genere si consolida se si dispone ad intervallo costante di altezza nello spessore della malta che congiunge due filari consecutivi di mattoni una linguetta metallica bene ancorata alle estremità come indica la fig. 735.

Per una canna a sezione rettangolare la disposizione

dei mattoni può essere quella della fig. 736, allorché il condotto è a colonna isolata, ovvero quella della fig. 737 se il condotto è costruito dentro lo spessore del muro.

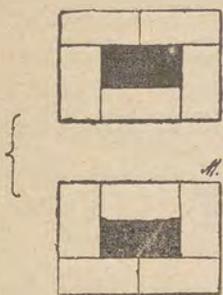


Fig. 730.

I condotti cilindrici si ottengono con mattoni appositamente modellati di cui le figure 738, 1-5 dimostrano l'alternativa disposizione di mattoni nei filari consecutivi. I mattoni modellati si fanno dello stesso spessore dei mattoni comuni perché la struttura della canna da fumo riesca immersata con quella della parete.

Le figg. 739, 740 indicano la disposizione dei mattoni comuni in un muro di tre teste, contenente tre canne di fuoco accoppiate ad angolo, nel quale si fa uso di mattoni interi, tre quarti e mezzi mattoni, la fig. 741 l'accoppiamento di quattro condotti cilindrici collocati sull'intersezione di due muri, facendo uso di mattoni modellati e di mattoni comuni.

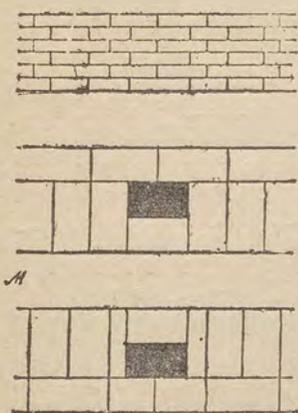


Fig. 737.

Impiegando mattoni cavi (fig. 742) si può raggiungere una minore dispersione di calore attraverso il

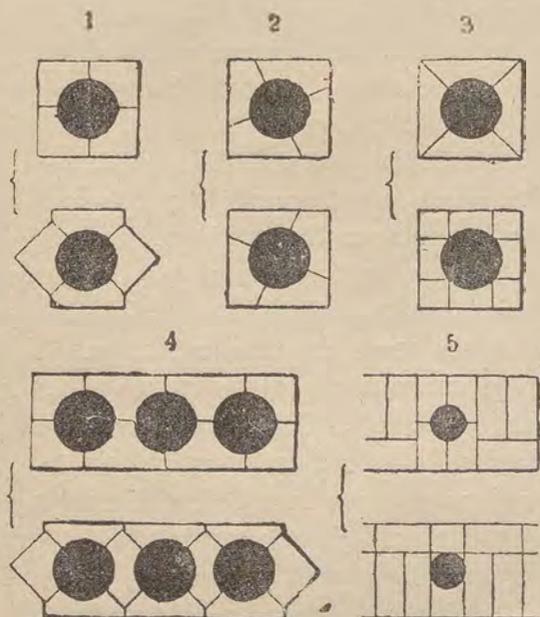


Fig. 738.

muro e quindi un minore raffreddamento della parete del condotto, così si agevola il tiraggio. Corrispon-

dono anche a questo scopo i condotti da fumo costruiti con tubi di terra cotta cilindrici, smaltati nella su-

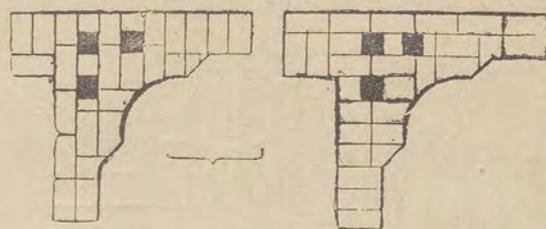


Fig. 739.

perficie interna allorché sono disposti nello spessore della parete, come dice in pianta ed in sezione la fig. 743 e la fig. 744 la quale tratta la costruzione di uno, due o più condotti addossati ad uno spigolo interno della fabbrica. I tubi di terra cotta del diametro di 20-25 cm., sono sufficienti pel tiraggio di un camino di cucina; questi tubi hanno lo spessore di 20-25 mm.: sono lunghi circa 50 cm. ed hanno le estremità foggiate in maniera da penetrare per pochi centimetri l'una nell'altra del tubo consecutivo. Il doppio rivestimento dei condotti, che si ottiene con questo sistema, impedisce l'apparizione di quelle macchie giallognole che si verificano negli intonachi, laddove passa una canna da fumo, dovuti al calore ed alla penetrazione di alcuni elementi del fumo e garantiscono contro lo scoppio dei tubi medesimi.

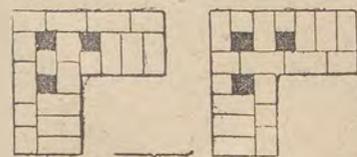


Fig. 740.

In Francia sono molto in uso i tubi di terra cotta a sezione quadrata o rettangolare. Questi tubi si fanno per muri di m. 0,25, 0,37, 0,40, 0,45 e 0,50, compreso l'intonaco. Hanno uno spessore di m. 0,04-0,06 e presentano una sezione a D (fig. 745); nel porli in opera si dispongono questi tubi con gli spizzi alternativamente a dritta ed a sinistra di maniera che possano collegarsi con la muratura.

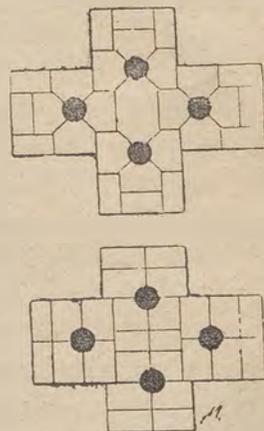


Fig. 741.

Migliori in questo genere si presentano i tubi del sistema Lacôte (fig. 746) perché i giunti non sono allo stesso livello l'uno dell'altro. La loro posa in opera si riscontra nella figura 1,



Fig. 742.

tav. LX; a tale scopo se ne costruiscono dritti ed inclinati per provvedere alla necessaria inclinazione delle canne da fumo che non possono mai essere

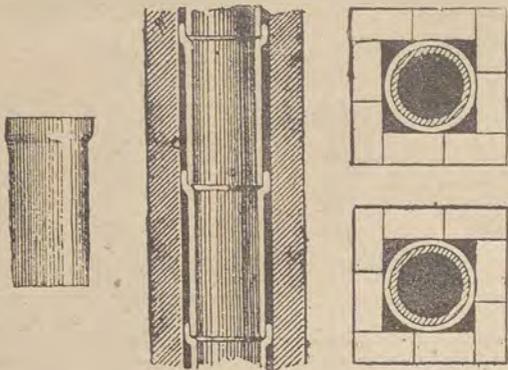


Fig. 743.

totalmente verticali, quando i camini si trovano sovrapposti.

Nei muri di pietrame o di calcestruzzo i condotti

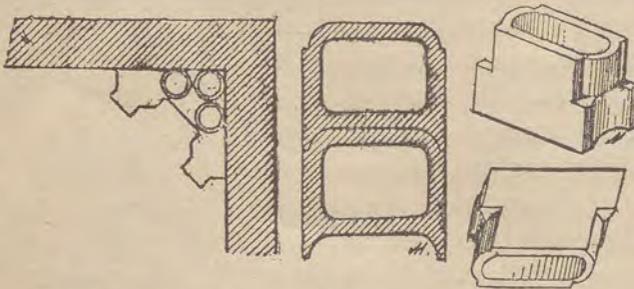


Fig. 744.

Fig. 745.

Fig. 746.

vengono modellati mano mano che si eleva la costruzione per mezzo di opportuni stampi cilindrici di legno o di lamiera di ferro (fig. 2, tav. LX) che si tirano fuori ogni volta la muratura giunge a coprirli. Condotti da fumo addossati alle pareti si possono costruire con speciali tubi di terra cotta che si vedono d'segnati nella fig. 747. Questi tubi a sezione rettangolare con spigoli arrotondati si mettono in opera facendoli penetrare per poco l'uno nell'altro, coprendone le commesure con una staffa di righetta di ferro che provvede ad un solido loro allegamento con la parete e rivestendoli di un intonaco gessoso. Le loro dimensioni possono essere cm.  $13 \times 15$  a  $25 \times 30$  di luce per 30 a 50 di lunghezza.

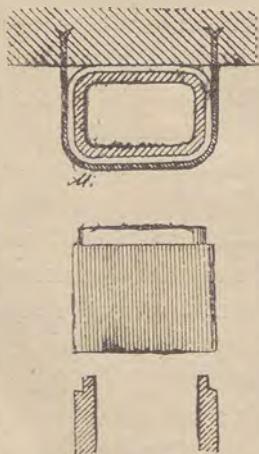


Fig. 747.

I condotti da fumo si prolungano a guisa di pilastri isolati al di sopra del tetto; perchè il tiraggio riesca perfetto anzi devono elevarsi oltre il comignolo. Tale prolungamento prende il nome di *fumaiolo* e può essere costruito con tubi di terra cotta o di lamiera di ferro provviste di base e di cappello che lascia passare il fumo figg. 3, 5, tav. LX. I fumaioli possono essere contenuti dentro pilastri di mattoni (figura 4, tav. LX) o di pietre e di mattoni (fig. 7 tav. LX) ovvero di pietra soltanto (fig. 6, tav. LX), decorati variamente.

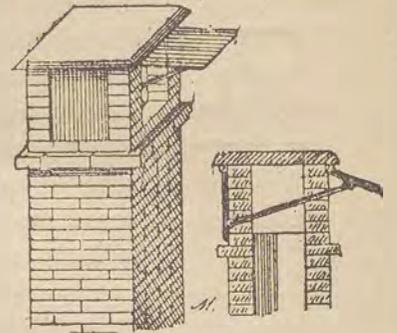


Fig. 748.

Nei luoghi dominati dal vento i fumaioli di lamiera terminano con cappelli speciali (fig. 8, tav. LX) che impediscono al vento di far retrocedere il fumo con la pressione dal medesimo esercitata. Anche i fumaioli fatti con muro di mattoni possono munirsi di speciali porte di lamiera per difesa dal vento (fig. 748).

#### § 14.

#### LA COSTRUZIONE DEI CORNICIONI.

Tutti gli edifici terminano con una cornice la quale ha il doppio scopo di preparare la base del tetto e di riparare dalle acque il muro sottostante.

Ciascun cornicione si compone di due parti essenziali, del *goccolatoio*, cioè, che comprende gli elementi superiori più sporgenti della cornice ed effettivamente serve a proteggere le pareti dalle acque, e della *sottocornice* costituita da quell'insieme di modanature o di modanature e mensole che sorregge il goccolatoio rispettivamente con continuità o saltuariamente e che serve ancora a raccordare la parete verticale del muro con quella orizzontale del goccolatoio. La fig. 2, tav. LXI ci rappresenta una cornice del primo tipo, con sottocornice, cioè, semplicemente modanata e con ornati ricavati nelle modanature; la fig. 1, tav. LXI una cornice del secondo tipo, ornata egualmente e provvista di modiglioni. D'ambidue i tipi si possono avere molte varietà che non è qui il caso di riferire; diremo soltanto che anche sotto il punto di vista costruttivo i cornicioni si possono distinguere secondo il materiale con cui si co-

struiscono e cioè: *cornicioni in pietra da taglio*, se sono composti esclusivamente di pietre, *cornicioni di laterizi* se costruiti soltanto di mattoni o di terre cotte

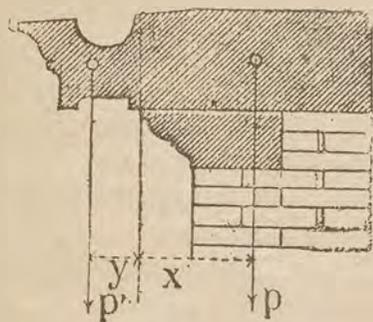


Fig. 749.

modanate, *cornicioni misti di pietra e di laterizi* che sono i più comuni e meno dispendiosi e *cornicioni plaffonati di legno* con stuoie intonacate.

Nelle cornici in pietra da taglio le lastre di pietra che costituiscono il gocciolatoio possono comprendere tutte o parte delle modanature che costituiscono la cimasa (fig. 749-50). La costruzione di questi gocciolatoi non presenta difficoltà se le lastre hanno una larghezza doppia almeno della sporgenza massima della cornice, perchè allora si è sicuri che messa a posto ciascuna lastra vi si mantiene stabilmente senza timore di rovina; infatti, in tal caso, il momento statico  $px$  della parte di lastra inter-

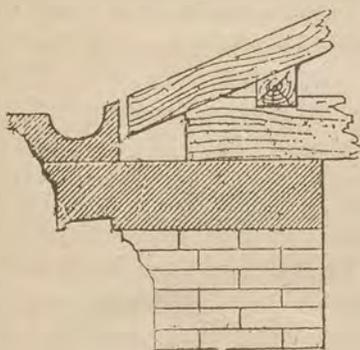


Fig. 750.

nata nel muro riesce maggiore del momento statico  $p'y$  (fig. 749) della parte sporgente della cornice.

Un sistema economico di costruire siffatte cornici

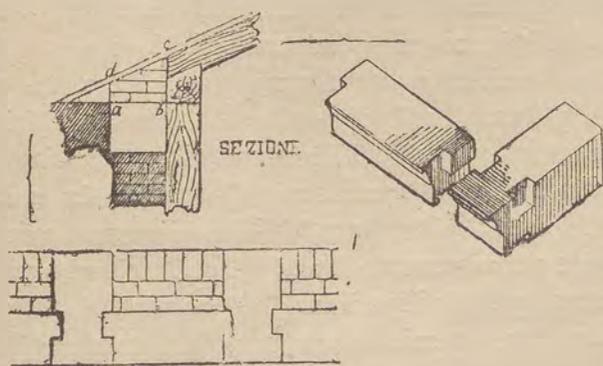


Fig. 751.

è quello di assegnare al gocciolatoio il minimo spessore (15 o 20 cm.) e di limitare la pietra che costituisce la cimasa e contiene la gronda scavata sulla faccia superiore nella maniera indicata dalla fig. 750; si ha così anche il vantaggio di diminuire il momento

della parte sporgente della cornice e quindi di assegnarle una maggiore stabilità. Costruendo poi il gocciolatoio con pezzi di pietra situati alternativamente in chiave ed in grossezza, incastrati fra loro, come indica la fig. 751 si diminuisce notevolmente il volume delle pietre necessarie; in tal caso però, poichè i pezzi in grossezza sono quasi per intero sostenuti dagli altri posti in chiave, si rende necessario sovraccaricare questi ultimi della muratura  $abcd$  fino al conguagliamento del tetto, perchè il momento della parte sporgente della pietra in chiave aumentato del peso della pietra in grossezza non riescisse maggiore e non mettesse in pericolo la stabilità del cornicione. Così pure perchè riesca stabile la posa in opera della pietra angolare del gocciolatoio di un edificio, le cui fronti si incontrano ad angolo retto, è necessario che la verticale per il centro di gravità della pietra capiti nell'interno del piano di posa  $abcd$  (fig. 752) e di questo si è sicuri quando il centro geometrico  $o$  stia fra i punti  $b$  e  $d$ ; basterà pertanto che il lato del quadrato  $abcd$  sia maggiore od eguale al più alla sporgenza massima  $ae$  della cornice.

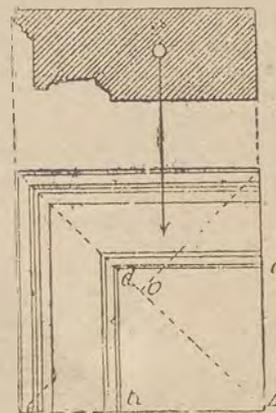


Fig. 752.

Le pietre costituenti la sottocornice sono disposte in grossezza nei cornicioni semplici, in cui cioè la sottocornice è semplicemente modanata. Quando invece nella sottocornice si hanno le mensole, queste costituiscono un filare di pezzi disposti in chiave, mentre in grossezza si dispongono i pezzi situati fra le mensole, le quali avranno sempre una lunghezza almeno doppia della loro sporgenza ed ove occorra, andranno assicurati coll'interna estremità alla sottostante muratura perchè riescissero di maggior valido sostegno del gocciolatoio. E poichè sotto le mensole sta, quasi sempre, una sottocornice, questa costituisce ordinariamente un filare di pezzi disposti in grossezza.

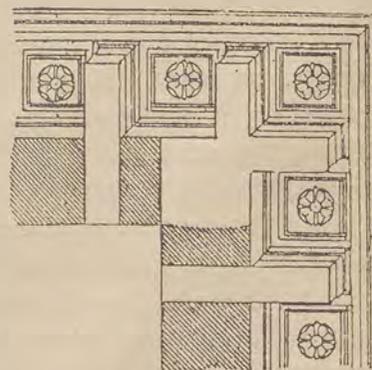


Fig. 753.

Le due mensole d'angolo si ricavano di un solo

pezzo (fig. 753) quando il soffitto del gocciolatoio è diviso a lacunari, per cui lo spazio abbracciato dalle due mensole angolari è eguale a quello contenuto fra due mensole consecutive.

In ogni caso la sporgenza di un cornicione in pietra da taglio è sempre regolata dallo spessore del muro sottostante, non potendo tali cornici sporgere più di quanto le pietre si internano nel muro, a meno che non si ricorra ad artifici speciali di collegamento fra le pietre.

Un esempio interessante di costruzione artificiosa di un cornicione ce l'offre il palazzo Strozzi di Firenze.

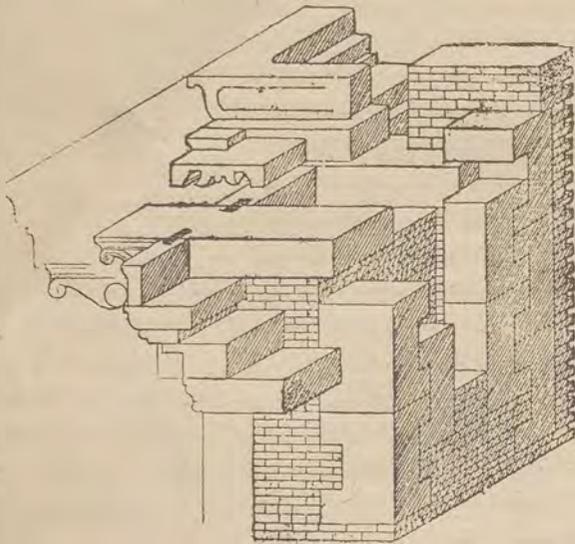


Fig. 754.

dove la ricca corona del cornicioni, sporgentissima, poggia in un muro così debole che si dovette utilizzare una parte di muro sottostante al cornicione per conseguire la necessaria stabilità. Nella fig. 754 è rappresentato questo cornicione, il quale sotto al gocciolatoio ha mensole ed una sottocornice composta principalmente di un ovolo, di un filare di dentelli e di una gola rovescia. Quest'ultima costituisce un filare di pietre disposte in chiave, l'ovolo e il dentello un filare per ciascuno disposto in grossezza. Vengono poi le mensole destinate a portare il gocciolatoio, le quali constano ancora di pietre disposte in chiave, che attraversano l'intero spessore del muro e che sono rispettivamente assicurate con la sottostante parte di muro o per una altezza di 3 m. circa, mediante un sistema di grappe in pietra.

I tratti di cornice interposti fra le mensole poi sono disposti in grossezza; il gocciolatoio è alleggerito di molto mediante cassette chiuse da apposite lastre e la

gola che corona la cornice consta di pietre alternativamente disposte in chiave ed in grossezza, in modo però che i pezzi in chiave non si spingono indietro oltre la larghezza del gocciolatoio.

Tale artificiosa concatenazione delle pietre però non è da raccomandarsi per essere imitata, poichè non è prudente assoggettare le pietre che costituiscono le grappe a sforzi di tensione e di taglio, tanto più che al loro posto le costruzioni metalliche sono più sicure ed anche più economiche, bastando disporre sulla coda delle mensole un semplice ferro a *T* ancorato alla muratura sottostante nella maniera indicata dalle figg. 1, 2 tav. LXII. In questa figura si rappresenta un cornicione di struttura mista, di pietra e di laterizi, uno di quei cornicioni interamente rivestiti in pietra, che appartengono piuttosto alla categoria dei cornicioni in pietra da taglio per distinguerli dagli altri pure di struttura mista, i cui materiali, palesandosi con irregolarità nella faccia vista del cornicione, esigono che questa sia ricoperta di intonaco.

I cornicioni costruiti con mattoni sono caratteristici per la loro piccola sporgenza per rispetto ai cornicioni in pietra da taglio. I mattoni dovendo essere posati in maniera che la verticale per il loro centro di gravità passi per la figura di appoggio, la sporgenza del gocciolatoio non può eccedere la lunghezza di mezzo mattone a meno che non si impieghino terre cotte più grosse o non si ricorra a speciali artifici costruttivi mediante l'applicazione del ferro.

I mattoni comuni e quelli convenientemente sagomati si prestano molto per dare alle cornici forme variegate, rinunciando specialmente a coprirle di intonaco. La splendida architettura medioevale ha mostrato un assoluto disprezzo per gli intonachi, laddove si è svolta nella costruzione in cotto, come nelle chiese, nei palazzi dei Comuni, nelle porte di città e nei fortificati, e questi monumenti antichi porgono molte occasioni di fare studi sulla composizione delle cornici in cotto.

Nelle figg. 3 e 4 a tav. LXII si mostrano cornici costruite esclusivamente di mattoni ordinari, nelle quali, mediante speciali disposizioni dei mattoni, si ottiene l'effetto di una cornice di coronamento senza raggiungere grandi sporgenze.

Laddove poi si voglia fare uso di laterizi sagomati del genere di quelli citati nelle tav. XXIV, XXV, si possono comporre cornicioni aventi sporgenze più sensibili come indicano le figg. 1, 2, tav. LXIII e di bella ornamentazione, usando laterizi ornati, come addimostrano le cornici nelle figg. 3-7 tav. LXIII, che

ricaviamo dalla splendida raccolta che se ne ha nel civico Museo di Bologna.

I pezzi di cotto di grandi dimensioni si fanno vuoti per riuscire di facile costruzione e meno pesanti; i pezzi disposti in chiave, come sono le mensole, si caricano sulla coda quando sono destinati a sostenere parti sporgenti della cornice e la loro murazione procede generalmente come pei mattoni e le pietre, usando non di rado malta di cemento. La costruzione delle cornici di cotto è cosa semplice e facile a comprendersi, se la loro sporgenza non è considerevole. Per grandi sporgenze si fa qualche volta uso di rigghettoni di ferro (cm.  $5 \times 1$  di sez.) che disposti di costa ed incastrati nel muro a conveniente distanza

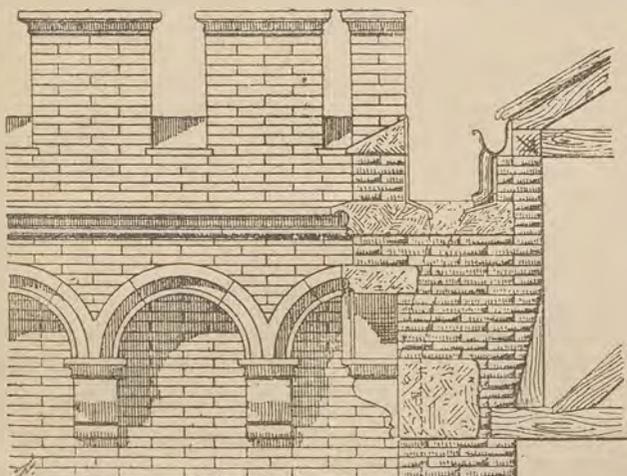


Fig. 755.

sorreggono i laterizi che costituiscono le parti più sporgenti della cornice. Trattandosi però di cornicioni molto sporgenti è sempre preferibile fare in pietra quei pezzi di cornice destinati a sostenere.

I cornicioni misti di pietre e di laterizi infatti sono i più comuni e quelli che più convengono per le ordinarie costruzioni civili. Questi cornicioni generalmente si intonacano; soltanto rare volte quando si tratta di costruzioni che si staccano dal comune si lasciano con la loro faccia vista, ma allora le pietre sono intagliate e le terre cotte sono murate con una maggiore diligenza. I cornicioni merlati, usati nelle costruzioni imitanti gli stili medioevali, spesso si costruiscono di questa maniera. Questi cornicioni (fig. 755) sono caratteristici non solo per la loro forma, ma anche perchè hanno la gronda nascosta dietro la muratura. Le mensole di pietra che sorreggono gli archetti e la muratura compresa fra questi, sono internati nel muro quasi per tutto lo spessore; congua-

gliati di muratura gli archetti, suolsi disporre sopra, sebbene non sempre, una cornicetta, la quale è costituita dall'aggetto, convenientemente intagliato a gocciolatoio, di un basso filare di pietre che attraversa pure tutto lo spessore della parete. È facile comprendere come le mensole e questo filare di pietre convenientemente sovraccaricate, quando occorra, possano sorreggere il parapetto merlato poggiato in falso per rispetto alla parete.

Quel che è singolare nei cornicioni merlati è lo smaltimento delle acque del tetto, poichè sarebbe imprudenza spingere questo fino addosso al parapetto merlato. Il canale di gronda addossato alla parete del parapetto difficilmente potrebbe ripararsi in caso di guasti; mentre d'altro lato la neve accumulandosi verso il parapetto ostruirebbe in ogni caso il corso dell'acqua nella gronda.

La disposizione segnata dalla figura, che è quella di limitare la falda del tetto fino a breve distanza dal parapetto, permette di disporre la gronda sospesa ad una certa altezza dal piano superiore del gocciolatoio e lascia una strada praticabile tra la gronda e il parapetto per cui riesce sempre facile la manutenzione della gronda e se vogliamo anche quella della copertura del tetto. Naturalmente con tale disposizione è necessario coprire superiormente il gocciolatoio di una lamiera metallica (zinco o piombo) per impedire che l'acqua piovana possa infiltrarsi nella struttura murale della cornice, avviandosi facilmente nella doccia.

La maniera più economica di costruire un cornicione di struttura mista è quella di individuare il gocciolatoio con uno strato di pietre (lastre di gneiss o di ardesie) disposte orizzontalmente alla giusta altezza sopra la sottocornice costruita con mattoni o con pietre (*scapoli*) situate convenientemente in aggetto le une sulle altre; queste lastre (fig. 756) devono avere per lo meno una larghezza doppia della sporgenza del gocciolatoio e subito messe in opera si caricano sulla coda di muratura sufficiente, perchè il momento statico della parte sporgente, allorchè vi si costruisce sopra, non superi quello della parte compresa nel muro.

Sopra queste lastre si costruisce di materiale minuto e cioè di mattoni o di pietre grezze situate in aggetto le une sulle altre, lacimasa della cornice, di maniera che il profilo dall'intera cornice grezza corrisponda presso a poco a quella della sagoma pre-stabilita per la medesima, dalla quale deve differire

Soltanto per lo spessore dell'intonaco che deve ricoprirla. Tale costruzione perciò non si presenta difficile, ma richiede molta sorveglianza e perizia, perchè la struttura della cornice non rovini durante il periodo nel quale le malte non hanno fatto presa, puntellando convenientemente il gocciolatoio ove esso non dia garanzia di sufficiente stabilità durante tale periodo di tempo.

Costruita la cornice grezza, seguendo le norme sopra indicate, si passa alla stabilitura dell'intonaco sulla

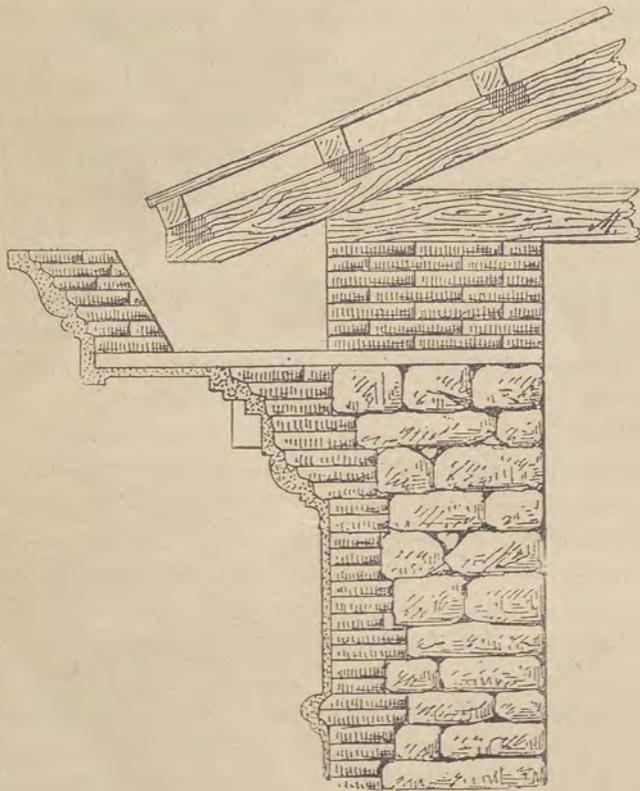


Fig. 756.

sua parete. A tal uopo si fa uso di una *sagoma* corrispondente al profilo che deve avere la cornice ultimata, costruita con tavole di legno, noce o faggio, ricoperta di una lamiera di ferro per riuscire più resistente e perchè durante l'operazione non venga a subire deformazioni nè consumi di sorta (fig. 757), nel qual caso la cornice non avrebbe lo stesso costante profilo desiderato. La sagoma si munisce di una guida costituita da un pezzo di legno ad angolo (*marciasagoma*) collegata alla sagoma nel suo piede o alla sua testa è rinforzata da due piccole saette come mostra la figura.

Per applicare la sagoma è necessario fissare con chiodi sul cornicione greggio due regoli *a* e *b*,

l'uno inferiore contro cui si fa scorrere la guida, se questa è fissata al piede della sagoma, e l'altro superiore di m. 0,50 a 0,70, contro cui si appoggia la parte superiore della sagoma che si fa scorrere così

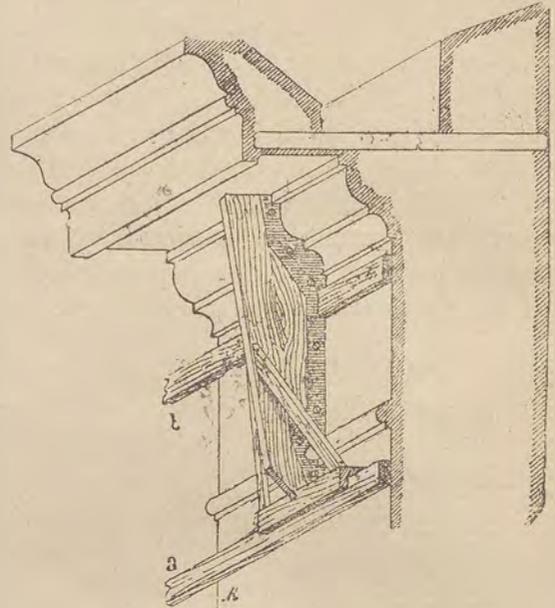


Fig. 757.

col suo piano verticale, allorchè l'intonaco è stato grossolamente applicato sulla cornice con la cazzuola. La figura mostra la sagoma per la stabilitura dell'intonaco nella sottocornice: una sagoma similmente fatta servirà a stabilire l'intonaco sulla cimasa e sul gocciolatoio ed i regoli di guida si possono applicare

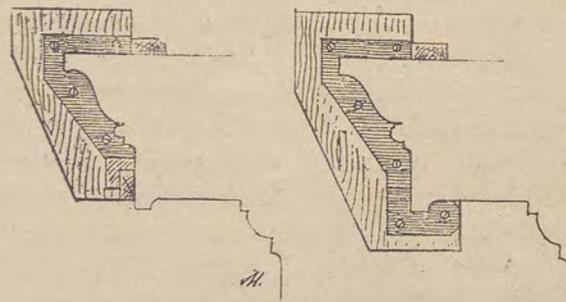


Fig. 758.

Fig. 759.

contro e sopra o sopra e sotto la cimasa stessa (fig. 758-59).

Rare volte si costruiscono le cornici facendo uso di stuoie di camera canna. Le cornici stuoiate si applicano generalmente a edifici di poca importanza o di carattere provvisorio ovvero a costruzioni stabili, ma giammai sui prospetti esterni e soltanto dalla

parte dei cortili e giovani, potendoli facilmente co-

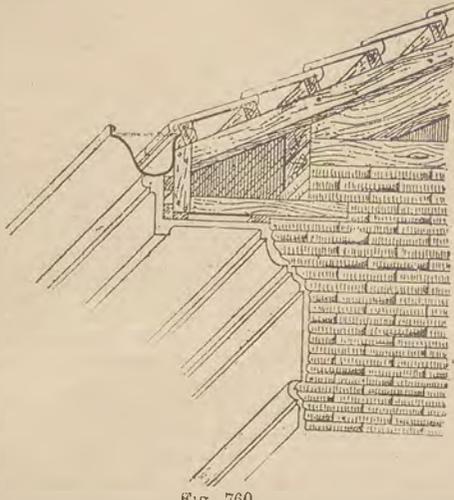


Fig. 760.

struire con molta sporgenza, per ripararne dalla pioggia i sottostanti terrazzini.

Si costruiscono queste cornici con una semplice orditura di travicelli di legname disposti secondo un prolungo dei puntoni del tetto (*passafuori*) rinforzati da un pezzo corto verticale che collegato a un travetto simile orizzontale incastrato nel muro, sostiene il passafuori nella sua estremità (fig. 760). Inchiodando alcune tavole contro e sotto queste specie di mensole di legname si costituiscono il soffitto e la parte del gocciolatoio, se a queste tavole si fissa le stuoie di canna o la rete metallica sulla quale si distende l'intonaco. Allorquando i passafuori distano fra loro oltre m. 1,50, altri travetti simili orizzontali si interpongono fra loro incastrandoli nella muratura.

La sottocornice in questi cornicioni si può costruire di camera canna o di mattoni e pietre grezze e per la stabilitura dell'intonaco sulla loro parete si procede nell'identico modo come se si trattasse di cornici grezze di mattoni e di pietre.

## TAVOLA BIBLIOGRAFICA

- Alberti L. B.* — L'architettura. Bologna, 1782. trad. di *C. Bartoli*.
- Armengaud.* — Appareils de levage, grues fixes et mobiles, ponts roulants, monte-charges, treuils. Paris.
- Barberot E.* — Constructions civiles. Paris, 1900.
- Baugewerkztg.* 1874, p. 69, Armatura a cavalletti per imbianchini; 1883, p. 771, Sul raddrizzamento dei camini inclinati; 1883, Puntellamento e sottomurazione di edifici a più piani.
- Boccardo E. C.* — Corde. Enciclop. arti e industrie. Torino.
- d. Id. — *Gru*.
- Borgnis.* — Di un nuovo sistema di armature mobili per le varie costruzioni. Giornale dell'Ing. Architetto, 1853-54.
- Brennecke.* — Handbuch der Baukunde (Baukunde des Ingenieurs). Berlin, 1887.
- Breyman.* — Scienza delle costruzioni. Milano.
- Builder.* — 1872, p. 270. Spostamento di un camino.
- Cantalupi.* — Raccolta di tavole, formole, ed istruzioni pratiche. Milano, 1867.
- Idem.* — Istituzioni pratiche sull'arte di costruire le fabbriche civili. Milano, 1874.
- Castor.* — Recueil de machines à draguer et appareils élévatoires.
- Cavaliere di S. Bertolo.* — Istituzioni di architettura statica ed idraulica. Mantova, 1831.
- Choisy A.* — L'art de bâtir chez les Romains. Paris, 1873.
- Crétien.* — Grues, monte-charges, etc. Paris.
- Claudes I. et Laroche L.* — Pratique de l'art de construire. Paris.
- Colombo.* — Manuale dell'ingegnere, Hoepli. Milano.
- Copperi e Musso.* — Costruzioni murarie, 3.<sup>a</sup> ed. Paravia, Torino.
- Curioni.* — L'arte del fabbricare. Torino, 1865.
- Deutsche Bauztg.*, 1868, p. 480, Chicago e l'innalzamento delle sue case; 1886, Armature a gru americane; 1880, p. 505, Armature per riparare camini di fabbrica; 1881, p. 535, Spostamento di una casa a Boston; 1878, p. 183, Sull'impiego degli elevatori nella costruzione degli edifici.
- Dingler's polyt. Journ.*, 1874, v. 212, p. 395, Armatura a cavalletti trasportabili per pittori; 1876, v. 220, p. 31, Tenaglia da pietre.
- Deutsche Bauwerkztg.* 1875, p. 434, Sostegni delle armature per riparazioni; 1876, p. 267, Armatura a scala; 1872, Innalzamento dei materiali da costruzione e macchine per le costruzioni.
- Dubut.* — Architecture civile. Paris.
- Durand.* — Précis des leçons d'architecture. Paris, 1825.
- Dupuy C.* — Traité d'architecture. Paris.
- Engineering*, 1881, II, Spostamento dell'albergo Pelham a Boston.
- Evrard A.* — Les moyens de transport, appliqués dans les mines, les usines et travaux publics, 1873-74.
- Fontana.* — Castelli e ponti di maestro Nicolò Zabaglia. Roma, 1743.
- Formenti C.* — La pratica del fabbricare. Milano, 1893.
- Förster's.* — Allgem. Bauztg. 1861, p. 121, Armatura per ripulimenti; 1861, p. 231, Armature per sollevare grandi pietre; 1861, p. 45, Apparecchi di sollevamento; 1865, p. 25, Elevatore idraulico parigino; 1838, p. 223, Posa della statua di Napoleone sulla colonna Vendôme a Parigi.
- Frauenholz W.* — Baukonstruktionslehre für Ingenieure. München, 1876.
- Gabba.* — Corso di costruzioni civili e militari. Torino, 1870.
- Gazette de l'arch.*; 1877, p. 128, 165, Sollevamento di una casa a Fialadella.
- Ginesi A.* — Corso di architettura civile. Firenze, 1827.
- Gonin E.* — Manuel pratique de construction. Paris, 1877.
- Gottgetreu R.* — Lehrbuch der Hochbau-Konstruktionen. Berlin, 1882.
- Grille et Falconnet.* — Revue technique de l'Exposition Universelle de Chicago, en 1893.
- Guarini Guarino.* — Architettura civile. Torino, 1787.
- Haarmann* Zeitschr. f. Bauhandw. 1874, p. 33, Elevatore a noria; 1874, p. 3, Argano per l'innalzamento di legnami; 1876, p. 143, Branche e taglie per il sollevamento e la posa dei carichi; 1883, p. 120, Gru a vapore per le costruzioni.
- Icep W.* — Die Bau-Maschinen. Leipzig.
- Krafft.* — Architecture civile. Paris, 1805.
- Levi C.* — Fabbricati civili di abitazione. Hoepli, Milano, 1896.
- L'ingegneria a Venezia. Restauri del palazzo Ducale dell'ingegnere Forcellini.
- Malvezzi.* — Restauro delle facciate del palazzo Ducale di Venezia. Giorn. del G. Civile, 1872.
- Mandar.* — Études d'Architecture civile. Paris, 1829.
- Martini F.* — Trattato di architettura civile e militare. Torino, 1841.
- Maschinenbauer*, 1874, p. 269, Armatura a cavalletti per imbianchini.
- Mazzola.* — Macchine per sollevare e trasportare pesi. Encicl. arti e industrie. Torino.
- Nouv. ann. de la Constr.*, 1876, p. 82, Armatura pensile di Laurency; 1859, p. 22, Sottomurazione di colonne; 1859, p. 173, Armatura del campanile di Saint-Germain a Parigi; 1869, p. 89, Puntellamento e sottomurazione di una casa a sette piani a Parigi.
- Palaa G.* — Engins appareils des grands travaux publics. Paris.
- Pasetti F.* — I trasporti di terre e materiali nei cantieri di costruzione. (Rivista d'Art. e Genio, 1900).
- Ponza L.* — Istituzioni di Architettura civile. Torino, 1836.
- Quarenghi G.* — Fabbriche e disegni. Mantova, 1844.
- Renazzi.* — Castelli e ponti di maestro Zabaglia. Roma, 1824.
- Revue technique de l'Exposition Universelle du 1889*, Paris.
- Riccio C.* — Le costruzioni fatte per l'Esposizione generale ital. di Torino nel 1884. Torino.
- Romberg's Zeitschr. f. prakt. Baukunst*, 1870, p. 107, Armatura sposta bile per lavori d'imbianchimento e di ripulimento; 1870, Armatura per la costruzione della Zecca Reale di Berlino.
- Rondelet.* — L'art. de bâtir. Paris, 1871.
- Sacchi.* — Architettura pratica, l'Economia del fabbricare. Milano, 1879.
- Sacchi.* — Le costruzioni moderne all'Esposizione universale di Parigi nel 1878. Torino.
- Scient. American*, 1876, Elevatore a noria Lawe per la sabbia e la calce; 1872, Armatura per l'innalzamento dei materiali da costruzione di A. Patrick; 1878, L'ago di Cleopatra a Londra; 1879, Armatura rampicante per i campanili di I. I. Lisch.
- Semaine du constructeur*, 1876-77-78-79, Armature diverse impiegate a Parigi.
- Viollet Le Duc.* — Dictionnaire Raisonné.
- Wanderley G.* — Traité pratique de constructions civiles.
- Wiebelking.* — Architecture civile, théorique et pratique, 1831.
- Wochenbl. f. Arch. u. Ing.* 1881, Sollevamento e spostamento di una casa a Magonza.
- Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. in Anover*, 1858, Armatura rotabile per restauri; 1878, Sull'applicazione degli elevatori nella costruzione degli edifici.
- Zeitschr. f. Baukunde*, 1883, Innovazioni sulle armature pensili e per sollevamenti.
- Zentrabl. d. Bauwerw*, 1883, Armatura mobile per il trasporto e la lavorazione dei quadri al Ginnasio di Joachimsthal.
- Zwick's Jahrb. d. Baugew.* 1871, p. 512, Scala mobile per riparazione di tetti; 1870, Macchine per il trasporto dei materiali da costruzione.











