

## L'INGEGNERIA CIVILE

SOCIETA' DEGLI INGEGNER  
E DEGLI INDUSTRIALI  
TORINO

## LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

*Si discorre in fine del Fascicolo delle opere e degli opuscoli spediti franchi alla Direzione dai loro Autori od Editori.*

## IMPIANTI ELETTROLITICI

E

## MACCHINE RELATIVE

per ERMINIO FERRARIS

Ing. di miniere

## Studio preliminare di un impianto elettrolitico.

Determinate le reazioni che avvengono in un bagno elettrolitico per ottenere uno scopo prefisso, resta determinato pure il minimo della forza elettromotrice della corrente necessaria a suscitare nel bagno la reazioni desiderate, nonchè il minimo di forza meccanica che vi si dovrà impiegare. Questo studio preliminare permette di giudicare *a priori*, se il trattamento elettrolitico proposto sia industrialmente conveniente, e quale prodotto si può attendere dall'impiego di una data forza.

Un esempio basta a chiarire il metodo da seguirsi. Si abbia da decomporre coll'elettricità il solfato di zinco prodotto dalla calcinazione incompleta e lisciviazione delle blende secondo i sistemi Parodi-Mascazzini o Letrange. La formola in equivalenti del sale essendo  $SO_4Zn$ , per il peso di 32,5 grammi di zinco si devono scomporre gr. 80,5 di solfato, ottenendo come risultato finale, ossigeno che polarizza, acido solforico e zinco metallico.

Il calore di formazione del sale idrato, partendo dall'acido e dall'ossido è di calorie 11,7: quello di formazione dell'ossido 43,2 per cui la decomposizione del sale e dell'ossido richiede il consumo di 54,9 calorie in forma di elettricità, supponendo evitate le reazioni secondarie nel bagno; per ottenere un deposito di 32,5 grammi di zinco

al secondo si consumeranno utilmente  $\frac{54,9}{A} g = 228353$  voltampères.

D'altra parte si sa, che un ampère precipita al secondo gr. 0,000338 di zinco; per precipitare gr. 32,5

occorreranno quindi  $\frac{32,5}{0,000338}$  ampères cioè quanti ne oc-

corrono per ottenere un grammo d'idrogeno  $\frac{1}{0,000104}$ . Di-

videndo quindi la cifra di voltampères ottenuta dalle calorie per quest'ultima (ovvero moltiplicandola per l'equivalente elettrochimico dell'idrogeno), si ottiene la forza elettromotrice di reazione del bagno in 2,37 volts. Tenuto conto delle resistenze e del riscaldamento del bagno, il potenziale ai poli della macchina dovrà quindi essere di circa 4 volts per ottenere industrialmente lo zinco dalla sua soluzione salina.

Il lavoro che si consumerà nel bagno per ottenere gr. 32,5 di zinco al secondo o chilogr. 11,700 all'ora sarà di chilogrammetri 23277,6. Impiegando una corrente di 4 volts. prodotta da una dinamo-elettrica di 0,80 di rendimento, il motore dovrà fornire un lavoro di chilogrammetri 44109 pari a 58,81 cavalli-vapore, cioè circa 5 cavalli per un chilogramma di zinco all'ora. Da questo dato è facile determinare la possibilità industriale del trattamento elettrolitico dello zinco e appare evidente che esso sia solo conveniente dove si disponga di forza idraulica a buon prezzo.

Nel caso discusso non è difficile ridurre ulteriormente la forza occorrente alla precipitazione del metallo; basta evitare la polarizzazione mettendo all'anodo degli ossidi di zinco provenienti dalla calcinazione della blenda o delle calamine, resi conduttori da un miscuglio di carbone; l'a-

eido solforico solfatizza l'ossido riproducendo la soluzione iniziale nonchè le 11,7 calorie di solfatizzazione; tanto la forza e. m. come la forza motrice occorrente si riducono di  $\frac{11,7}{54,9}$ , e si ha il vantaggio in tal modo di trattare i residui della lisciviazione delle blende calcinate senza alcuna operazione intermedia. Nel primo caso esaminato, una forza effettiva di 100 cavalli darebbe una produzione di circa 480 chilogrammi in 24 ore di lavoro, nel secondo caso chilogr. 600.

Una soluzione ancor più favorevole è quella di mettere direttamente il solfuro di zinco o blenda all'anodo in un bagno di sale di zinco, nel qual caso le calorie di reazione non sarebbero più che 21,5, cioè eguali a quelle della formazione del solfuro. Ma in questo caso oltre alla poca o nulla conducibilità del solfuro osta alla dissoluzione dell'anodo anche il deposito di zolfo nascente che si forma sul solfuro e che lo isola sia elettricamente che chimicamente dal bagno. Sinora nessuno dei metodi proposti per allontanare lo zolfo dalla superficie del solfuro che si elettrolizza può dirsi d'aver raggiunto praticamente lo scopo; ma non è improbabile che vi si riesca suscitando nel bagno delle reazioni secondarie atte ad allontanare lo zolfo, sia per ossidazione che per dissoluzione. Ciò permetterà di sottomettere al trattamento elettrolitico i solfuri metallici direttamente, i quali oltre all'essere abbondantissimi in natura, sono i composti metallici che hanno il minor calore di formazione e che sviluppano quindi nel bagno la minima forza elettromotrice di reazione. Il giorno in cui si ottenga questo risultato l'industria metallurgica subirà una radicale trasformazione e abbandonerà i paesi ricchi di combustibile per quelli ricchi di forza motrice.

A questo proposito mi permetto di indicare un mezzo che può forse condurre allo scopo; avendo elettrolizzato una soluzione di cloruro di sodio mescolata ad altra di acido solforoso ottenni la pronta formazione del cloruro di zolfo, che è un potente dissolvente dello zolfo stesso; non è improbabile che con esperienze proseguite si possa trar partito di questo prodotto per spogliare dallo zolfo nascente i solfuri sottoposti all'elettrolisi.

## Disposizione generale dell'impianto.

L'esempio portato della elettrometallurgia dello zinco serve a porre in chiaro che per le applicazioni dell'elettrolisi all'industria occorre studiare preliminarmente le condizioni più favorevoli per il suo esercizio. Anzitutto scegliere le reazioni che richiedono il minimo lavoro, in secondo luogo scegliere quel sistema di macchine dinamo-elettriche che dà il maggior effetto utile, la più gran costanza di potenziale congiunta ad un costo moderato d'acquisto.

Tralascio di occuparmi della scelta delle reazioni elettrolitiche più favorevoli alle applicazioni industriali, trattandosi di una questione che può dirsi sinora solamente posata e che offre un vasto campo di studio appena sfiorato; mi occuperò unicamente della scelta della macchina elettrolitica che meglio risponde allo scopo.

Uno stabilimento elettrolitico si compone essenzialmente del motore, della macchina dinamo-elettrolitica e dei bagni elettrolitici.

Ogni bagno deve venir attraversato da una corrente di intensità e forza e. m. costante; la pratica ha dimostrato che variando l'intensità variano i risultati che si ottengono, e specialmente il modo di aggregazione del prodotto. Più nocive ancora sono le variazioni della forza

e. m. della corrente, perchè oltrepassando un certo limite oltre al minor effetto utile possono provocare reazioni secondarie dannose; nel caso contrario scendendo sotto il valore della forza e. m. di reazione del bagno, la corrente non produrrebbe lavoro utile alcuno.

Disponendo i bagni in tensione, il porre fuori del circuito uno o più bagni senza modificare il regime della dinamo-elettrica produce appunto aumento di forza e. m. e di intensità nei bagni rimanenti e viceversa. Mentre ove si disponga di una corrente di forza e. m. costante, messi i bagni in quantità è permesso di toglierne e aggiungerne a piacimento senza variare in nessun modo il regime dei bagni rimanenti. Rimane quindi provato che il metodo usato generalmente di porre i bagni in quantità è da preferirsi.

#### Scelta della macchina elettrica.

La macchina elettro-dinamica deve produrre correnti di basso potenziale ma di forti intensità; dovrà quindi presentare una debolissima resistenza interna; la tendenza infatti dei costruttori di simili macchine a convertire i fili in barre di rame di grande sezione e ad abbreviare il percorso della corrente entro la macchina, concorda colla condizione posta più sopra. Tuttavia nelle applicazioni sinora eseguite si mantiene sempre per l'indotto il tipo Pacinotti ove la corrente ai due lati della linea neutra ha direzioni opposte. Trattandosi di macchine a potenziale bassissimo, la resistenza nel passaggio dagli spicchi del collettore alle spazzole, è doppiamente dannosa, perchè da un lato aumenta considerevolmente la resistenza interna mentre dall'altro non serve affatto ad aumentare il potenziale della corrente, come farebbe se la resistenza fosse nell'indotto.

Questo inconveniente vien eliminato dalle macchine unipolari, nelle quali potendosi raccogliere la corrente su tutta la periferia del collettore si può diminuire a volontà tale resistenza passiva. Questo genere di macchine dinamo-elettriche, a cui appartengono la Siemens tubolare, la Gordon a armatura a foggia di velocipede, la Ferranti a dischi e alcune altre, non ha ancora, che io sappia, ricevuto una applicazione industriale, forse per difettosa costruzione o pel costo eccessivo. Tuttavia sono convinto che l'avvenire è per le macchine unipolari elettrolitiche.

È assai più difficile raggiungere lo scopo di ottenere un potenziale costante ai poli della macchina, indipendente cioè dalla resistenza del circuito esterno; questa condizione esclude affatto dalle applicazioni all'elettrolisi le macchine in cui i magneti sono posti nel medesimo circuito dei bagni, perchè qualunque variazione nella resistenza dei bagni si ripercuote sui magneti e sul potenziale della corrente; inoltre tali macchine hanno il grave inconveniente che richiedono un peso eccessivo di rame nelle spire eccitatrici dei magneti per non offrire troppe resistenze passive, ciò che si traduce o in un inutile aumento di peso e di costo, o in un dannoso aumento di resistenza interna.

Escluse le macchine completamente dinamo-elettriche rimane la scelta fra le macchine a circuito magnetizzante indipendente dal circuito esterno dei bagni, e le macchine in cui i magneti sono posti in circuito derivato. Le prime comprendono: 1° le macchine magneto-elettriche; 2° quelle in cui i magneti sono eccitati da apposita macchina eccitatrice; 3° quelle a due anelli indotti di cui uno è destinato ai magneti come alcune Gramme; 4° quelle in cui alcune divisioni dell'anello indotto formano un circuito speciale con apposito collettore pei magneti, separato dal circuito e collettore dei bagni, come le macchine Schuckert per galvano-plastica. In tre di queste quattro categorie la forza elettromotrice della macchina è affatto invariabile per ogni singola macchina, ciò che offre l'inconveniente che la macchina non può servire che a quella operazione elettrolitica per la quale fu costruita. Avviene frequentemente che da uno stesso corpo o soluzione si abbia a ricavare successivamente vari prodotti (per esempio argento, rame e zinco dai solfuri misti); in questo caso si trae partito dalla diversa forza e. m. di reazione per precipitare anzitutto il metallo del sale più facilmente elettrolizzabile separandolo nettamente da quello il cui sale richiede maggior numero di calorie di combinazione. È

desiderabile poter compiere ambedue le operazioni colla stessa macchina sia per non tenerne altre inoperose, sia per non aumentare il numero dei bagni destinandone parte ad uno, parte ad altro metallo. Nelle tre categorie a forza elettromotrice invariabile non vi è modo di graduare il potenziale che col variarne la velocità di rotazione; ma questo sistema importa una cattiva utilizzazione dell'impianto che si traduce o in maggiore spesa, o in minore produttività.

L'eccitazione dei magneti per mezzo di macchina apposita non presenta tale inconveniente, ma pecca nell'aumento di spesa d'impianto, ciò che è da evitarsi.

Il sistema da preferirsi sarebbe quindi l'eccitazione dei magneti per circuito derivato, sempre quando esso fornisca una corrente di potenziale pressochè costante; uno studio analitico di questo sistema proverà che ciò è possibile e darà le condizioni a cui deve soddisfare la macchina per raggiungere lo scopo.

#### Relazioni fra la macchina e il lavoro elettrolitico.

Qualunque sia la macchina prescelta se si chiama  $E$  la sua forza elettromotrice interna,  $E_p$  il potenziale ai poli,  $I$  l'intensità,  $R$  la resistenza interna,  $R''$  la resistenza esterna del circuito e  $e$  la forza e. m. di reazione del bagno si avranno le relazioni

$$E = IR' + E_p \quad ; \quad E_p = IR'' + e$$

da cui si deriva

$$E_p = \frac{R'E + R'e}{R'' + R'}$$

Nelle macchine magneto-elettriche e in quelle a eccitamento per mezzo di circuito indipendente,  $E$  essendo invariabile si avrà che il potenziale  $E_p$  sarà tanto più costante quanto più piccola sarà la resistenza interna rispetto a quella esterna della macchina.

Questa condizione dimostra la superiorità delle macchine unipolari, la cui resistenza interna può ridursi tanto piccola quanto si vuole e nello stesso tempo oltre al vantaggio della costanza del potenziale, offrono quello del maggior lavoro utile, come dimostrerò a suo luogo.

Nelle macchine dinamo-elettriche la forza elettromotrice è una funzione della resistenza del circuito esterno; quando i magneti sono posti nel circuito principale la forza e. m. cresce col diminuire di tale resistenza, mentre avviene il contrario quando i magneti sono posti in derivazione. Questo fatto parrebbe favorevole alle macchine con un solo circuito perchè per esse nella formola

$$E_p = \frac{R'E + R'e}{R'' + R'}$$

diminuendo  $R''$  si aumenta  $E$ , ciò che potrebbe lasciar credere ad un compenso, tuttavia ciò non avviene e il potenziale diminuisce assai più rapidamente che non cresca la resistenza esterna, come ebbe a dimostrarlo Fröhlich nella sua *Teoria delle macchine elettro-dinamiche*.

#### Macchine coi magneti posti nel circuito principale.

Per determinare esattamente l'influenza delle variazioni nella resistenza del circuito esterno sul potenziale della macchina o sulla intensità della corrente prodotta, è necessario analizzare matematicamente il modo di funzionare delle macchine stesse.

Chiamando  $n$  il numero delle spire sull'ancora,  $v$  la velocità di rotazione dell'ancora,  $M$  il magnetismo degli elettro-magnet, la forza elettromotrice interna della macchina sarà

$$E = nvM$$

Sia inoltre  $m$  il numero delle spire avvolte attorno ai magneti,

$\alpha$  e  $\beta$  due costanti,

Fröhlich dimostrò che nei limiti della pratica si può ritenere essere il magnetismo

$$M = \frac{I}{\frac{\alpha}{m} + \beta I}$$

Volendo considerare il problema generale mettiamo  $E_p = IR''$ ; questo potenziale nel caso dell'elettrolisi sarà eguale alla differenza fra il potenziale della macchina e la forza e. m. di reazione del bagno, e basterà quindi di diminuirlo di  $e$  per applicare i risultati all'elettrolisi.

Combinando le tre formole opportunamente, si ottiene

$$I = \frac{1}{b} \frac{nv}{R'' + R'} - \frac{\alpha}{bm}$$

da cui risulta che l'intensità della corrente diminuisce quando cresce la resistenza del circuito, e senz'altro si riconosce che coll'aumento della resistenza esterna diminuisce pure il magnetismo  $M$ , la forza e. m.  $E$ , e il potenziale  $E_p$  della corrente prodotta dalla macchina.

Entro quali limiti oscilli questo potenziale esporrò qui in appresso.

#### Macchine con magneti in circuito derivato.

Resta a studiare come si comporti il potenziale rispetto alla resistenza esterna, nelle macchine i cui magneti sono posti in circuito derivato.

Si chiamino rispettivamente:  $R'$ ,  $R''$  e  $r$  le resistenze dell'ancora, del circuito esterno e del circuito dei magneti;

$I$  l'intensità totale della corrente prodotta che giunta ai poli si divide fra il circuito dei magneti e quello esterno;

$i$  l'intensità che serve ad eccitare i magneti;

$E$ ,  $E_p$  come sopra la forza e. m. della macchina e il potenziale della medesima. Le equazioni fondamentali saranno secondo la legge di Ohm

$$E_p = ir = (I - i)R''$$

$$E = IR' + E_p$$

e come sopra

$$E = nvM = \frac{nv}{m} \frac{i}{1 + \frac{R'}{R''}}$$

L'intensità  $I - i$  che circola all'esterno, derivata dalle formole antecedenti, sarà

$$I - i = \frac{1}{b} \frac{nv}{rR' + (r + R')R''} - \frac{\alpha r}{b m R''}$$

Anche con questo modo d'eccitazione l'intensità diminuisce col crescere della resistenza del circuito: infatti, trascurando momentaneamente la resistenza dell'indotto cioè ponendo  $R' = 0$ , si avrà

$$I - i = \frac{1}{R''} \frac{1}{b} \left( nv - \frac{\alpha r}{m} \right)$$

il che dimostra che in tal caso intensità e resistenza sarebbero esattamente reciproci; il loro prodotto, il potenziale, sarebbe costante e si raggiungerebbe quindi lo scopo di un consumo d'elettricità proporzionale ai bagni ed al prodotto che se ne ricava.

Infatti il potenziale espresso in funzione delle resistenze dedotte dalle formole premesse è

$$E_p = \frac{1}{b} \frac{nv}{1 + \frac{R'}{R''} + \frac{R'}{r}} - \frac{\alpha r}{b m}$$

questa formola che può dirsi la caratteristica delle macchine a circuito derivato, permette di studiarle facilmente in ogni loro fase.

Anzitutto conferma quanto si disse a proposito dell'intensità, che cioè il potenziale della corrente sarà tanto più costante quanto minore la resistenza interna della macchina. Supposto infatti  $R' = 0$  si avrà

$$E_p = \frac{nv}{b} - \frac{\alpha r}{b m}$$

valore affatto indipendente dalla resistenza esterna: ciò non si può ottenere colla eccitazione mediante il circuito principale. Infatti, derivando dall'espressione dell'inten-

sità quella del potenziale, si ha per macchine a circuito unico

$$E_p = \frac{1}{b} \frac{nv}{1 + \frac{R'}{R''}} - \frac{R' \alpha}{b m}$$

anche potendo ridurre a zero la resistenza interna il potenziale dipenderebbe ancora sempre dal circuito esterno.

A raggiungere questo risultato coi magneti in derivazione non occorre che sia  $R' = 0$ , basta che il rapporto  $\frac{R'}{R''}$  sia trascurabile, cioè che  $R''$  sia molto grande rispetto a  $R'$  ovvero  $R'$  molto piccolo. A questa condizione mentre si rende costante il potenziale, si aumenta l'effetto utile della macchina.

#### Condizioni di massimo effetto utile.

Infatti, il valore dell'effetto utile della macchina è il quoziente del lavoro della corrente nel circuito esterno  $R''(I - i)^2$  diviso per la somma del lavoro all'esterno col calore sviluppato nell'indotto  $R'I^2$  e attorno ai magneti  $r i^2$ , cioè:

$$N_u = \frac{R''(I - i)^2}{R''(I - i)^2 + R'I^2 + r i^2}$$

Approfondendo dell'equazione preliminare tolta dalla legge di Ohm

$$E_p = r i = (I - i)R''$$

per esprimere tutto in funzione delle resistenze e del quadrato dell'intensità totale, che, per essere coefficiente comune a tutti i membri, si lascia facilmente eliminare, l'effetto utile diventa

$$N_u = \frac{r^2 R''}{(R' + r)R''^2 + (2R'r + r^2)R'' + R'r^2}$$

Ove si voglia ottenere il massimo effetto utile dalla macchina dinamo-elettrica occorrerà che la resistenza del circuito esterno possa rendere eguale a zero il differenziale

$$\frac{dN_u}{dR''}$$

e ciò avviene quando

$$R'' = r \sqrt{\frac{R'}{R' + r}}$$

Introducendo questo valore di  $R''$  nell'espressione dell'effetto utile, questo diventa

$$N_u = \frac{r}{2\sqrt{R'(R' + r)} + 2R' + r}$$

L'effetto utile sarà tanto più prossimo all'unità quanto più la resistenza interna dell'indotto si avvicinerà a zero. Questa condizione rende pure massimo rispetto a  $R'$  il potenziale e il lavoro della macchina nel circuito esterno. ed è quindi la condizione della miglior utilizzazione della macchina stessa.

Questo risultato teorico trova la sua conferma nella pratica, e precisamente nelle proporzioni delle macchine Edison, quelle in cui il principio del circuito magnetico derivato ebbe la sua più ampia e franca applicazione.

Le dimensioni elettriche dei due modelli Z e K sono:

	Z	K
Resistenza dell'indotto $R'$ in Ohms	0,16	0,0325
» del circuito magnetico $r$	40,4	12,18
» del circuito esterno $R''$	2,5	0,601
Potenziale ai poli della macchina $E_p$ Volts	110	110
Lavoro elettrico totale $E I$ chg. m.	559,51	2275,42
» » nel circ. ester. $E_p(I - i)$ chg. m.	493,37	2052,00
Rendimento o effetto utile $\frac{E_p(I - i)}{E I}$	88 0/10	90 0/10

Ora, calcolando la resistenza esterna più favorevole all'effetto utile, per mezzo della formola

$$R'' = r \sqrt{\frac{R'}{R' + r}}$$

si ottiene nei due casi

per il modello Z	$R'' = 2,537$	invece di	2,5
» » K	$R'' = 0,628$	»	0,601

Questo esempio prova come in pratica sia possibile e convenga approssimarsi ai risultati teorici pel massimo di effetto utile e con ciò sia anche reso possibile di lavorare con resistenze tali da rendere trascurabile la resistenza dell'indotto, e quindi avvicinarsi quanto si desidera alla condizione teorica per ottenere un potenziale costante, cioè

$$\frac{R'}{R''} = 0.$$

#### Condizioni dell'impianto elettrolitico.

Riassumendo le considerazioni esposte mi lusingo d'aver dimostrato, che, dato un problema elettrolitico da risolversi industrialmente, sia necessario anzitutto:

1° Determinare col calcolo ed experimentalmente la forza e. m. di reazione del bagno elettrolitico con cui si vuole operare.

2° Scegliere il potenziale della corrente da adoperarsi fra i limiti della forza e. m. di reazione e del doppio della medesima, corrispondente al massimo lavoro utile nel bagno: questa scelta dipende esclusivamente dal costo della forza motrice e del capitale, e va determinata in ogni singolo caso.

3° Scegliere un sistema di macchina dinamo-elettrica di minima resistenza interna, per ottenere un potenziale costante quanto possibile.

4° Disporre i bagni in quantità o in piccoli gruppi di serie disposte fra loro in quantità, in modo da rendere i gruppi uno dall'altro indipendenti a volontà, per poter compiere le operazioni necessarie sopra un gruppo senza disturbare i rimanenti.

E volendo ottenere tali risultati senza eccedere nella spesa d'impianto, sono di parere che convenga attenersi al sistema delle macchine a circuito magnetico derivato possibilmente a corrente unipolare.

Infine, trattandosi di industrie che basano sopra un largo consumo di forza motrice, occorre nulla trascurare per trar partito il più largamente possibile dalla forza di cui si dispone.

#### Analisi delle macchine dinamo-elettriche coi magneti in derivazione.

Il sistema dei magneti in derivazione, oltre a dare l'effetto utile il più grande, ha il vantaggio di poter graduare a volontà la forza e. m. della macchina e il potenziale della corrente.

Riprendiamo l'espressione del potenziale

$$E_p = \frac{1}{b} \frac{nv}{1 + \frac{R'}{R''} + \frac{R'}{r}} - \frac{\alpha r}{bm}$$

Dagli esempi pratici portati risulta che  $r$  vien sempre scelto assai grande rispetto ad  $R'$ , quindi il termine del denominatore  $\frac{R'}{r}$  può venir trascurato, nello studio dell'influenza della resistenza del circuito dei magneti sul potenziale della corrente prodotta.

Con tale premessa è facile vedere come il potenziale sarà tanto maggiore quanto più piccolo sarà il termine negativo  $\frac{\alpha r}{bm}$ ; basterà, per aumentare il potenziale o diminuirlo, di diminuire o aumentare la resistenza del circuito magnetico.

In pratica è facile ottenere queste variazioni in due modi:

1° Per aumentare la resistenza del circuito magnetico basta intercalarvi resistenze a volontà; queste non hanno nessuna influenza nociva sul rendimento della macchina

e sono normalmente adoperate come mezzo per regolare il potenziale sia da Edison che da altri elettricisti.

2° Per diminuire la resistenza e aumentare il potenziale si può ricorrere al mezzo di variare l'aggruppamento dei circuiti dei vari magneti. Si considerino i vari magneti come elementi indipendenti, e per mezzo di un commutatore si dispongano o tutti in tensione o due a due in tensione e i due gruppi in quantità, o anche tutti in quantità; con quattro bobine magnetiche si otterrà così l'effetto voluto. Infatti il numero  $m$  delle spire non varia con tale artificio, mentre varia la resistenza del circuito magnetico come 1:2:4 ottenendo tre diversi potenziali dalla medesima macchina.

Adottando il sistema di eccitare la macchina con magneti molteplici si può riescire ad avvicinare quanto si vuole due potenziali consecutivi, sino al limite del potenziale massimo che si può ottenere mettendo tutti i magneti in quantità.

Si può far l'obbiezione che il diminuire la resistenza del circuito dei magneti equivale a diminuire l'effetto utile della macchina; ma le macchine a circuito derivato portano in sé il mezzo di aumentarne a piacimento l'effetto utile, senza diminuirne il rendimento.

Infatti, il lavoro utile prodotto è

$$L_u = E_p (I - i)$$

ma siccome

$$E_p = (I - i) R''$$

si avrà

$$L_u = \frac{E_p^2}{R''}$$

Questo lavoro utile della macchina è proporzionale al quadrato del potenziale, mentre il potenziale

$$E_p = \frac{1}{b} \frac{nv}{1 + \frac{R'}{R''} + \frac{R'}{r}} - \frac{\alpha r}{bm}$$

crebbe col diminuire della resistenza  $r$  del circuito magnetico. Parrebbe che, diminuendo questa resistenza, non si possa raggiungere l'effetto utile prefisso

$$N_u = \frac{r^2 R''}{(R' + r) R''^2 + (2r R' + r^2) R'' + R' r^2}$$

Ma vi è modo di conciliare questi diversi interessi, cioè di aumentare sia il lavoro utile che l'effetto utile, e questo modo concerne le proporzioni della macchina da costruirsi.

Riprendo la formola del potenziale

$$E_p = \frac{1}{b} \frac{nv}{1 + \frac{R'}{R''} + \frac{R'}{r}} - \frac{\alpha r}{bm}$$

Osservo anzitutto che essendo  $m$  il numero di spire che compone il circuito dei magneti, crescendo  $m$  cresce in egual proporzione la resistenza  $r$  di tal circuito; quindi è permesso di aumentare a piacimento il numero  $m$  di spire senza cambiar valore al termine  $\frac{\alpha r}{bm}$ , cioè senza influire in tal modo sul potenziale  $E_p$ .

D'altra parte un aumento di  $r$  influisce favorevolmente sul primo termine del valore del potenziale, per cui in complesso, aumentando il numero di spire che involgono i magneti, mentre si aumenta la resistenza del circuito magnetico si aumenta pure leggermente il potenziale. Con ciò si raggiunge un doppio scopo:

1° di aumentare l'effetto utile;

2° di aumentare il potenziale e conseguentemente il lavoro utile fornito dalla macchina. Questa è appunto la via seguita da Edison per ottenere un forte potenziale con grande effetto utile; certo le macchine divengono in tal modo voluminose, ma il maggior peso è rappresentato da ghisa, materiale di basso prezzo. Colle macchine dinamo-elettriche a circuito unico, neppure un maggior peso raggiungerebbe lo scopo, e l'aumento di potenziale sarebbe sempre a danno dell'effetto utile.

Ciò spiega inoltre come con macchine a circuito derivato si raggiunga facilmente un effetto utile dell'80 0/0 rispetto al lavoro trasmessovi, e anche oltre il 90 0/0 di effetto utile elettrico, mentre con macchine a circuito unico l'effetto utile assoluto non possa raggiungere tali limiti senza utilizzare la macchina molto incompletamente.

#### Condizioni di massimo lavoro esterno.

Allorchè si voglia da una macchina trarre il massimo di lavoro senza tener conto dell'effetto utile, ovvero si voglia con una forza motrice a buon prezzo e abbondante trarre il massimo lavoro dalle macchine elettrodinamiche, converrà anzitutto scegliere una resistenza pel circuito dei magneti che renda massimo il lavoro nel circuito esterno

$$L_u = \frac{E_p^2}{R''}$$

il che equivale al problema di cercare la resistenza del circuito derivato che rende massimo il potenziale  $E_p$ , giacchè il rimanente del valore di  $L_u$  è indipendente dalla resistenza del circuito magnetico; differenziando  $E_p$  rispetto a  $r$  ed eguagliando la derivata a zero, si ottiene il valore di

$$r = \frac{R''}{R'' + R'} \left( \sqrt{\frac{m n v}{\alpha} R'} - R' \right)$$

Sostituendo questo valore nella formola del potenziale si ottiene come massimo del medesimo

$$E_{p \text{ mas}} = \frac{R''}{R'' + R'} \left( \sqrt{\frac{n v}{b}} - \sqrt{\frac{\alpha}{b m} R'} \right)^2$$

Se si suppone nulla la resistenza interna, diventerebbe nullo anche il valore di  $r$ , cioè per ottenere il massimo potenziale tutta la corrente prodotta dovrebbe circolare attorno ai magneti, e in tal caso il potenziale diverrebbe

$$E_{p \text{ mas}} = \frac{n v}{b}$$

Posto  $R' = 0$ , ne consegue  $E = E_p$ ; e siccome si premise che la forza e. m. è:

$$E = n v M$$

si avrà che il massimo di magnetismo che si possa raggiungere con una data macchina è

$$M = \frac{1}{b}$$

ciò che dà un significato al coefficiente  $b$  stesso.

Per ritrarre dalla macchina il lavoro esterno più grande possibile, occorre ancora determinare la resistenza esterna più acconcia, cioè quella che rende massimo il lavoro utile

$$L_u = \frac{E_p^2}{R''}$$

Mettendo a luogo di  $E_p$  il valore massimo calcolato rispetto ad  $r$ , si avrà

$$L_u = \frac{R''}{(R'' + R')^2} \left( \sqrt{\frac{n v}{b}} - \sqrt{\frac{\alpha}{b m} R'} \right)^4$$

valore che diventa massimo per  $R'' = R'$ , diventando in tal caso

$$L_{u, \text{ mas}} = \frac{1}{4 R'} \left( \sqrt{\frac{n v}{b}} - \sqrt{\frac{\alpha}{b m} R'} \right)^4$$

Questi valori delle resistenze hanno un significato pratico come limite entro cui si possono variare i diversi circuiti a seconda che si desideri il più grande effetto utile o il più grande lavoro che può ritrarsi dalla macchina.

Per ambi i casi le formole danno come valore più favorevole per la resistenza interna della macchina  $R' = 0$ , valore a cui occorre approssimarsi nella pratica per quanto è possibile.

Il valore della resistenza del circuito magnetico verrà fissato più o meno grande, secondo che si porrà più importanza a una buona utilizzazione della forza o ad un maggior lavoro utile delle macchine. Infine la resistenza normale del circuito esterno va scelta fra il valore  $R'' = R'$  e quello trovato pel caso del massimo effetto utile

$$R'' = r \sqrt{\frac{R' + r}{R'}}$$

col medesimo criterio con cui si scelse la resistenza del circuito magnetico.

#### Descrizione di una macchina unipolare per elettrolisi.

Le macchine unipolari esistenti si possono classificare in macchine a disco e macchine a tubo. Nelle prime la elettricità procede dal centro alla periferia o viceversa, e la si raccoglie alle estremità del raggio intercalando fra esse il circuito esterno. Nelle macchine tubulari un tubo gira in presenza a due magneti di eguale polarità congiunti nei loro poli, e l'elettricità si produce lungo le generatrici del tubo, dimodochè si può intercalare il circuito esterno fra le estremità del tubo. Questi due tipi sono rappresentati dai sistemi Ferranti e Siemens.

Il sistema a disco offre il vantaggio di potere sul medesimo asse accoppiare un numero di dischi a volontà, e rendendoli isolati uno dall'altro, collegarli, sia in serie che in quantità, per ottenere una forza motrice più o meno grande. Ma tale sistema presenta pure il grave inconveniente di doversi raccogliere l'elettricità alla periferia dei dischi o per mezzo di rotelle o per sfregamento; nel primo caso il contatto sarà insufficiente per potenziali così bassi; nel secondo si avrà un attrito fortissimo, con corrispondente perdita di forza motrice.

Nel sistema di indotto tubulare invece, se da un lato si perde il vantaggio di moltiplicare a piacimento le armature indotte, si guadagna quello della facilità con cui possono stabilirsi larghi contatti senza attriti eccessivi; per tal ragione, avendo a costruire una macchina unipolare, ho preferito attenermi a questo sistema.

La parte costruttiva della macchina appare chiaramente dalle unite figure. Due sono le armature indotte, ciascuna composta di verghe di rame fissate su due dischi posti all'estremità delle armature; ciò ha sul tubo semplice il vantaggio di impedire la formazione di circuiti secondari trasversali e di permettere una energica ventilazione. I magneti sono quattro, due positivi e due negativi; quelli di egual polarità sono fra loro congiunti per mezzo dei poli, di modo da avere, ad esempio, sopra due poli positivi, e sotto due negativi; con tale disposizione ogni generatrice dell'indotto produce corrente sempre egualmente diretta in ogni punto del percorso.

La direzione della corrente in una delle armature indotte è opposta a quella dell'altra, il che permette di congiungere le due armature in tensione da un lato, e collocare i due poli della macchina dall'altro. Gli assi di rotazione delle armature sono isolati dalle medesime, e collegati fra loro nella rotazione per mezzo di due ruote a frizione che vengono leggermente compresse una sull'altra. Gli assi e le ruote essendo in ferro dolce, formano un'armatura a ferro di cavallo con due poli costanti, negativo il superiore e positivo l'inferiore, e servono a dirigere le linee di forza dei magneti che debbono venir tagliate dalle barre dell'armatura indotta. Inoltre, allo scopo di rinforzare il magnetismo, lo spazio fra l'asse e le barre dell'indotto vien riempito di dischi in ferro dolce, lasciando solo fra essi e le barre di rame uno spazio anulare di un millimetro. Questi dischi furono per semplicità tralasciati nel disegno.

I collettori che servono a collegare le due armature indotte fra loro ed a stabilire la comunicazione fra esse e i poli da cui partono i conduttori, sono semplicemente dei cuscinetti collocati sopra colletti che formano un prolungamento dei dischi sui quali sono fissate le barre di rame.

Siccome poi occorre evitare l'attrito senza far uso di materie grasse che isolerebbero questi cuscinetti dal colletto, i cuscinetti vengono guarniti internamente di matite antifrizione, come quelle frequentemente usate nelle

trasmissioni specialmente per puleggie folli o per assi leggeri; queste matite composte essenzialmente di tallio, mentre tolgono l'attrito non offrono resistenza al passaggio della corrente.

Fra i poli e il circuito dei magneti è interposto un commutatore per poter raggruppare i magneti a piacimento; collo stesso commutatore si possono intercalare resistenze per graduare maggiormente il potenziale. Il circuito dei magneti è costituito da filo di rame scoperto, non essendo necessario il filo coperto per basse tensioni,

ma bastando per isolarlo una vernice o una pennellatura di catrame.

La macchina descritta presenta i vantaggi desiderati in una forma possibilmente compatta, in essa sono evitati tutti i cambiamenti di polarità i quali producono riscaldamento e aumentano le resistenze interne a scapito della forza motrice. I contatti sono larghi e intimi evitando le resistenze dei collettori ordinari senza aumentare gli attriti, grazie all'impiego delle matite di tallio lubrificanti. Mi riservo di pubblicare più tardi i risultati ot-

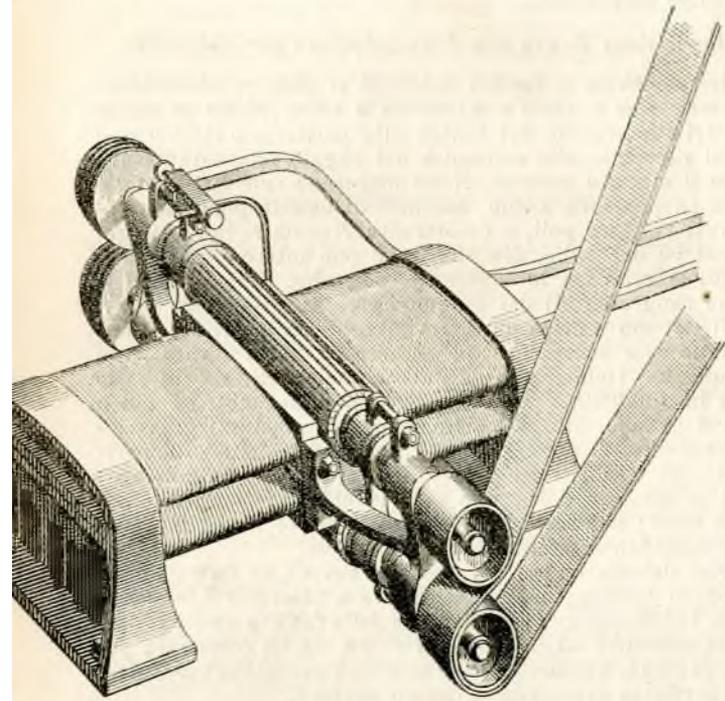


Fig. 1. — Veduta in disegno assonometrico.

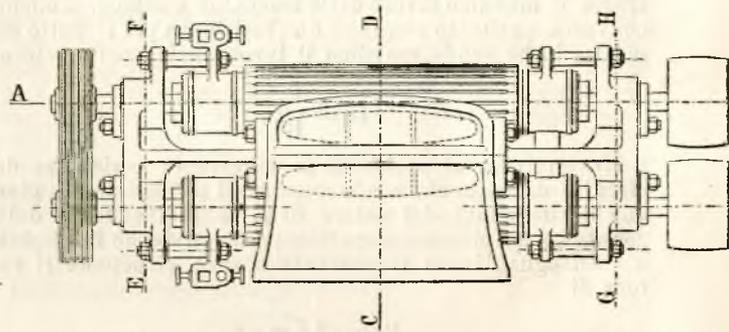


Fig. 2. — Elevazione.

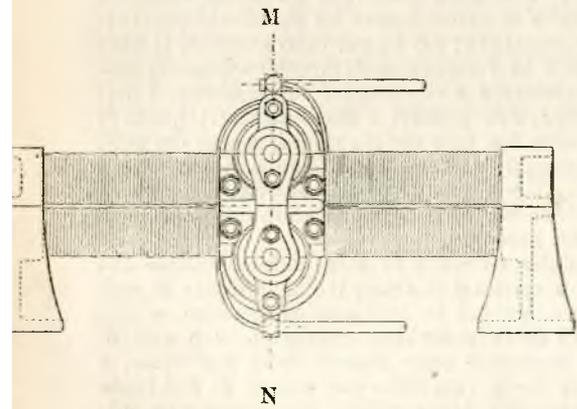


Fig. 4. — Fianco.

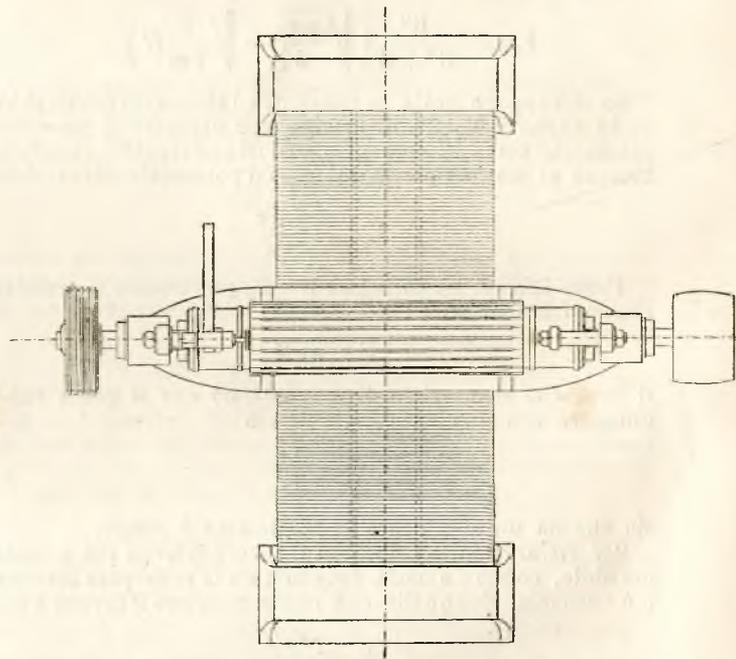


Fig. 3. — Pianta.

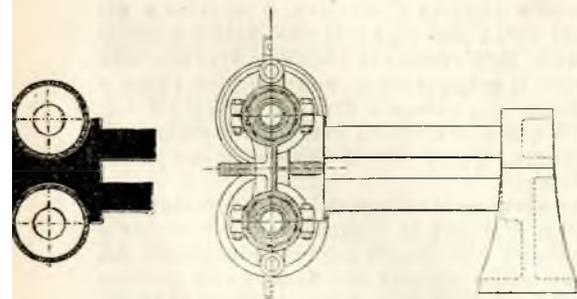


Fig. 6. — Sezione E F

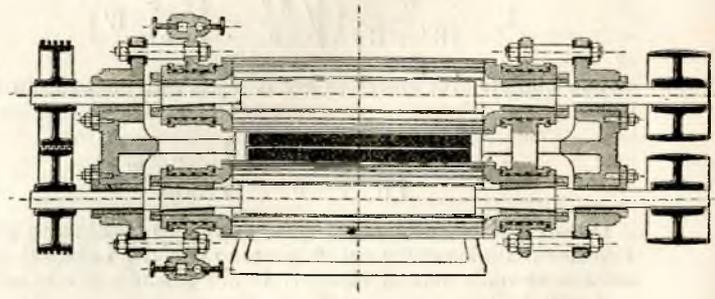


Fig. 7. — Sezione M N

— Sezione CD

Fig. 74. — Macchina unipolare per elettrolisi.

tenuti da questa macchina unipolare quando avrò su di essa eseguito un numero sufficiente di esperienze e misure.

Tuttavia, volendo costruire tale macchina per la grande industria, converrà allungare e moltiplicare i magneti per poter aumentare il magnetismo o diminuire la corrente necessaria a produrre un dato potenziale. Occorrendo è pure possibile allontanare fra loro i poli opposti dei magneti e intercalarvi una bobina a filo fino del sistema Siemens Bûrger o altro, che sia destinata a produrre la corrente del circuito magnetico. La pratica dimostrerà se la maggior complicazione sarà compensata dal maggior rendimento. In questo caso basterà interporre in questo circuito eccitatore delle resistenze per graduare il potenziale della corrente.

Rendendo di dominio pubblico la macchina unipolare costruita intendo rinunziare al beneficio della sua proprietà industriale, considerandomi sufficientemente ricompensato, se con essa e collo studio che l'ha preceduta, avrò contribuito allo sviluppo dell'industria elettrolitica che è intimamente legata a quella dell'industria mineraria a cui appartengo.

Monteponi (Sardegna), 10 luglio 1883.

Ing. ERMINIO FERRARIS.

## COSTRUZIONI IN MURATURA

### IL PONTE SUL TARN PRESSO MONTBRUN

(Veggasi la Tavola X).

Nell'ottimo giornale *Le Génie Civil* troviamo la relazione ed i disegni di un ponte ad arco, di 36 metri di corda, e col sesto di monta, stato costruito nel 1883 sul Tarn, di fronte all'abitato di Montbrun, sulla strada vicinale da Florac a Sainte-Enimie. Crediamo interessante per i nostri lettori riassumere quella memoria, e riprodurre i disegni del ponte.

*Generalità.* — La regione alla quale il ponte venne destinato è di quelle in cui il materiale rotabile dei paesi di montagna non è ancora conosciuto, e tutti i trasporti si fanno a spalle d'uomo o colle bestie da soma.

Il passaggio del Tarn operavasi dapprima in barca, ma per causa della rapidità della corrente non poche disgrazie vi succedevano, e solo nel secolo presente 22 vittime umane si hanno a deplorare.

Il ponte venne progettato e costruito normalmente al corso d'acqua là ove l'alveo era più ristretto. Alcuni saggi del terreno in mezzo all'alveo avendo dato a conoscere che la roccia su cui sarebbesi potuto fare assegnamento per fondazioni era da 17 a 18 metri di profondità, venne tosto messa da parte l'idea pericolosa e dispendiosa ad un tempo di una o più pile nell'alveo. Per altra parte, essendovi eccellente pietra calcare a non grande distanza, non era nemmeno il caso di ricorrere ad una travata metallica, non essendovi da uno studio comparativo risultata convenienza alcuna nè dal lato della spesa nè da quello della durata.

Fu dunque progettata definitivamente una sola arcata di 36 metri di corda, e metri 6 di saetta; rimanendo così fra la sommità dell'arco ed il livello delle acque un'altezza di più che 3 metri, per il passaggio dei galleggianti.

Trattandosi di un'opera essenzialmente economica, per la quale i fondi occorrenti provenivano da prestiti e da sussidi, ed avuto anche riguardo alla poca popolazione ed al genere primitivo di coltura dei terreni, si giudicò sufficiente la larghezza tra le fronti, o faccie esterne dei timpani, di metri 3,50, la quale fu portata a 3,80 fra le ringhiere di parapetto, lasciando metri 2,50 di carreggiata e due marciapiedi di metri 0,65 caduno. La strada essendo della larghezza di metri 5, i muri contenitori del terrapieno stradale girano largamente in curva di metri 77,44 di raggio.

*Fondazioni.* — La spalla destra venne fondata sulla roccia calcare compatta al dissopra del livello delle acque. La sinistra invece essendosi dovuta fondare a metri 1,50

sotto acqua, si ricorse all'impiego di un cassone, ed al prosciugamento a mezzo di due pompe Letestu. Trattandosi di lavoro non molto rilevante, non era infatti il caso di ricorrere all'impiego di una locomobile e di una pompa a forza centrifuga, generalmente adoperate come il sistema più economico.

*Armatura.* — L'armatura (fig. 4 e 5) si compose di 3 centine di legno di pino del paese, distanti tra loro metri 1,50 da asse ad asse, ed aventi 6 punti d'appoggio, come dalla figura 4 chiaramente appare. I due ritti mediani dovendo sostenere una pressione abbastanza considerevole, vennero formati con doppia stilata, ed a premunirsi contro le eventualità di possibili piene, tra i pali delle medesime fu posto un cassone senza fondo riempito di pietre e ricoperto di uno strato di calcestruzzo di 50 cent. di spessezza. Questi due sostegni furono inoltre provvisti di due piani di cilindri a sabbia.

Il modo col quale le centine erano fatte appare bastantemente dalle figure. Le tre centine erano fortemente rilate fra loro sia con correnti orizzontali, sia con croci di Sant'Andrea. Ad impedire le penetrazioni nelle unioni dei legni di punta contro quelli di piatto, come per es. in *a*, venne interposta fra la superficie a contatto una lastra di ferro della spessezza di 2 mm.

Codesto sistema di armatura ha dato risultati del tutto soddisfacenti, sebbene l'autore del progetto ritenga preferibile quello da lui successivamente studiato per il ponte di Gardou, di 43 metri di luce col quinto di monta, di cui diremo in altro numero.

*Volto.* — La spessezza del volto alla chiave venne assegnata per mezzo della formola pratica data dall'autore del Progetto, signor A. Charpentier, a pag. 137 del suo *Traité pratique des Ponts*, nuova edizione:

$$e = 0,15 + 0,14 \sqrt{2r} = \text{m. } 1,25$$

essendo  $r = 30$  il raggio della curva d'intrados.

La spessezza all'imposta fu pure ottenuta colla regola pratica dello stesso autore:

$$E = 1,40 e = \text{m. } 1,75;$$

e alla curva d'estrados fu data la forma di un arco di circolo di metri 31,01 di raggio.

*Spalle.* — La grossezza delle spalle venne stabilita colla formola pratica di Léveillé:

$$S = (0,33 + 0,212 c) \sqrt{\frac{h}{H} \cdot \frac{c}{f+e}}$$

essendo:  $c = 36,00$  ossia la corda dell'arco d'intrados;

$f = 6,00$  la saetta;

$e = 1,25$  la spessezza dell'arco alla chiave;

$h = 4,00$  l'altezza della linea d'imposta sulla risega di fondazione;

$H = 11,98$  l'altezza del piano stradale sulla risega di fondazione.

*Curva delle pressioni.* — La curva delle pressioni fu tracciata secondo il metodo di Dupuit; e si suppose la mezza volta caricata dei timpani, del plinto e parapetto, della massicciata stradale, e di due carri del peso di 16 tonnellate caduno.

Ne risultò una pressione totale alla chiave di chg. 166250, ossia una pressione di chg. 13,3 per centimetro quadrato, nell'ipotesi di una spinta orizzontale uniformemente ripartita; ed una pressione all'imposta di chg. 233770 pari a chg. 13,4 per centimetro quadrato.

L'angolo secondo cui la curva delle pressioni ferisce il piano d'imposta essendo di 70°, non v'è pericolo di scorrimento, e quindi le condizioni di stabilità sono oltre i limiti della prudenza.

La massima pressione che si eserciterà sullo spigolo in G del piano GF venne calcolata colla formola data dal Bresse nel suo *Corso di meccanica applicata*:

$$p = \frac{R}{S} (1 + 3n)$$

ed essendo R, ossia la risultante delle componenti verticali ed orizzontali, eguale a 473750;

S, ossia la superficie totale del piano d'imposta, supponendo la generatrice del volto di un metro di lunghezza, eguale a 10,50;

ed n, ossia la distanza del punto d'applicazione di detta risultante dal centro del rettangolo divisa per la metà di G F, eguale a 0,061; la pressione p risulta uguale a chg. 5,34 per centimetro quadrato.

**Materiali adoperati.** — Il calcare adoperato per questa costruzione proviene dai terreni giurassici, strato oolitico inferiore, vere pietre litografiche, di cui la cava è a meno di due chilometri dal ponte. La resistenza di questo calcare è di 500 chilogrammi per centimetro quadrato.

La malta venne composta con calce idraulica del Teil nella proporzione di mezzo metro cubo per un metro cubo di sabbia.

**Particolari di costruzione.** — Il volto fu costruito in due anelli; fu cominciato il primo li 20 marzo 1883 e chiuso il 26, ossia impiegaroni 7 giorni; il secondo fu fatto dal 27 marzo alli 10 aprile, ossia in 15 giorni; ma vi furono 8 giorni di interruzione.

Il disarmo venne eseguito il 1° giugno, ossia 50 giorni dopo che il volto era terminato. Secondo una regola pratica di certi costruttori che prescrivono di attendere un giorno per ogni metro di diametro della curva d'estrados, avrebbersi dovuto attendere almeno 60 giorni. Ma nel caso concreto 50 giorni bastarono essendochè fatti scendere i cilindri a sabbia di 5 centimetri non si verificò dopo una intiera notte alcun abbassamento, per cui si continuò all'indomani ad abbassare intieramente l'armatura; e non ebbersi neppure in seguito a verificare alcun cedimento.

La *cappa* sulla superficie d'estrados del volto fu fatta con malta di calce idraulica della spessorezza di 5 centimetri.

I timpani vennero alleggeriti per mezzo di aperture arcuate di altezza variabile, in numero di quattro per caduno.

Con ciò si diminuiscono le pressioni, si riduce la spesa, riescono interrotte le trepidazioni pregiudizievoli alla buona presa della malta in murature soggette a forti pressioni; si aumenta la luce di sfogo in caso di piene straordinarie imprevedibili; e il buon effetto estetico dal punto di vista architettonico ne è pure favorito.

Due camere longitudinali furono del pari praticate sopra i fianchi del volto allo scopo di diminuire il peso. Esse hanno la larghezza di metri 1,50, e sono lunghe superiormente metri 16,50. I timpani servono da piedritti a codesti vani, coperti da volta a pien centro di 40 centimetri di spessorezza alla chiave.

Delle *catene* di ferro piatto di millimetri 50×15 (fig. 1 e 6) a mo' di tiranti rilegano di 5 in 5 metri il volto ed i timpani.

I *plinti* che formano marciapiede hanno 30 centimetri di altezza (fig. 9) e posano su dei sottoplinti dell'altezza di centimetri 20. La sporgenza totale dei plinti dal piano dei timpani è di 30 centimetri.

Lo *scolo* delle acque ha luogo tra li due muri interni trasversali (fig. 1) per mezzo di tubi di ghisa di 8 centimetri di diametro, e sul ponte per mezzo della pendenza di 3 millimetri dal mezzo del ponte alle estremità.

Fa da *parapetto* una ringhiera di ferro alta 90 cent. e del peso di 25 chg. per metro corrente assicurata alle estremità a piantoni di ghisa del peso di 43 chg. l'uno.

La massicciata fatta con pietre spaccate passanti nell'anello di 6 centimetri di diametro ha l'altezza di 10 centimetri, ed è limitata dalla parte dei marciapiedi da lastroni di 40 centimetri di larghezza.

**Spesa.** — Il ponte ha costato solo 29 mila lire comprese le spese di sorveglianza. Ossia 518 lire per metro corrente, 43 lire per metro quadrato di pianta; e lire 14 per ogni metro quadrato di superficie in elevazione.

Autore del progetto, e della relazione da cui le presenti notizie sono dedotte, è il signor A. Charpentier, agent-voyer en chef de la Lozère.

G. S.

## TECNOLOGIA MECCANICA

UNA VISITA ALLO STABILIMENTO

### ALTI FORNI E FONDERIA IN TERNI

Cassian Bon & Cia

per l'Ing. Prof. GAETANO BRUNO.

Nell'ultima sessione parlamentare a proposito delle discussioni sui bilanci della marina e delle ferrovie si è sollevata la questione dell'industria nazionale; del come occorresse fare per incoraggiarla, per ingrandirla e proteggerla così da estollere le nostre costruzioni dalla schiavitù delle produzioni estere per i principali bisogni della marineria, dei congegni da guerra e delle pubbliche opere, fomentando il nostro progresso materiale. Importanti discorsi furono pronunciati dai deputati e dai ministri al riguardo. La stampa ha pur discusso l'importante argomento, uomini competenti espressero le loro valide opinioni, ed una **COMMISSIONE PARLAMENTARE** fu creata per visitare i più importanti stabilimenti nazionali.

Non è mio obietto di fare una rivista dei più spiccati discorsi, nè discutere, nè richiamare qui i diversi ragionamenti sapientemente svolti; ma solo mi si presenta l'opportunità di avvalorare con un esempio una delle più giuste opinioni, quella che credo tra altri abbia dimostrata l'ill.mo comm. ing. Cottrau, che per sviluppare ed accrescere il lavoro nazionale, meglio della protezione, del sussidio o del favore, stia l'assicurazione del lavoro, la commessa in sostanza in proporzioni tali che renda possibile e conveniente la spesa d'impianto per una data produzione.

Le industrie manifatturiere richiedono l'impiego di mezzi adatti a ciascuna produzione, e specialmente quelle meccaniche e metallurgiche per la trattazione del ferro e dell'acciaio, per la fattura di corazze, di assi e di altri pezzi sostanziali, la cui bontà è devoluta ai grandi perfezionamenti nell'arte del fabbricarli, richiedono potenti macchine operatrici e colossali istrumenti o congegni dinamici, dei quali l'uomo diventa solo l'intelligente conduttore; mentre quei congegni e quelle macchine agiscono per la potenza delle cadute d'acqua o del vapore.

È evidente quindi come questi mezzi, occorrenti all'esercizio di una industria, oltre agli apparecchi essenziali per la produzione o per la trasformazione della materia prima, richiedano ingenti spese.

Ma come può rivalersi l'interesse del capitale quando la produzione non sia con certezza smaltita ed in proporzioni adeguate? Invece assicurata quella, ogni più difficile industria manifatturiera potremo vedere sorgere e fiorire con decoro a beneficio della nostra Italia.

Un esempio che avvalorò questa tesi, come ho annunziato, lo fornisce il fiorentino stabilimento denominato

#### Alti forni e fonderia di Terni: Cassian Bon e Compagnia.

Questa grandiosa officina nasce dalla liquidazione di uno stabilimento siderurgico per la estrazione dei minerali di ferro, che ora si è trasformato, o almeno pel momento non si occupa di altro lavoro se non della manifattura dei tubi di ghisa per condotte d'acqua e di gas, e per altri lavori simili. Produce tubi dei più grandi diametri in uso, fino ad 1 metro, e la totale produzione è di metri 1500 di tubi al giorno, impiegando oltre a cento tonnellate di ghisa. Come spiegasi tale trasformazione, per una produzione affatto speciale e si rilevante?

La *Compagnie des eaux de Paris* (sotto il nome *The Naples Water Works L<sup>ed</sup> C<sup>ny</sup>*) e la *Società Veneta per pubbliche costruzioni*, che assunsero l'impresa del nuovo acquedotto di Napoli, l'una come concessionaria, l'altra solo come costruttrice, hanno assicurato alla suddetta fonderia la maggior parte della fornitura dei tubi occorrenti all'acquedotto, la quale sorpasserà la somma di sei milioni di lire. Ed ecco che lo stabilimento risorge

a novella vita, si ingrandisce, si perfeziona; prepara a se stesso un florido avvenire, ed al paese uno stabilimento di prim'ordine, scendendo in campo a sfidare e far concorrenza ai più valorosi stabilimenti esteri di tal genere.

Per l'acquedotto di Napoli, che dovrà menarvi le acque di Serino, occorrono per ora circa 60 chilometri di tubi di diametro interno m. 0,700 e m. 0,800, con spessori variabili fra millimetri 19 e 37, rappresentanti in complesso un peso di tonnellate 30000: ed oltre a ciò non meno di 100 chilometri di tubi per la condotta cittadina e sussidiaria con diametri variabili fra 600 ed 80 millimetri formanti il peso di tonnellate 8000 circa. In tutto formano tonnellate 40000 circa incluso i pezzi speciali ed altri tubi occorrenti all'acquedotto fra le sorgenti e Cancellò; delle quali 30000 tonnellate sono assicurate alla Fonderia di Terni, cioè la detta commessa di *sei milioni* circa. E tutto ciò da provvedersi in meno di due anni, poichè i lavori per l'acquedotto debbono essere compiuti e le acque zampillare in Napoli all'alba del 1° gennaio 1885 (1).

Se un così ristretto tempo non avesse obbligato la società costruttrice, per maggior sicurezza, a commettere all'estero una parte dei grandi sifoni, tutto il lavoro sarebbe uscito dall'industria italiana.

Per coloro che non possono andar a visitare quell'importante stabilimento, dove con grande speditezza e con perfezione si manipola una parte così importante e necessaria dell'opera che immensi benefizi deve arrecare a Napoli, tornerà gradito certamente il seguente cenno.

Ma non dovrebbe mancare a questa visita la prelodata COMMISSIONE PARLAMENTARE di cui si è ricordato l'alto còmpito.

1. *Dell'impianto.* — Lo stabilimento copre una estensione di 48000 m. q. dei quali 20000 occupati da fabbricati di officine, tettoie e magazzini. È collegato alla prossima stazione ferroviaria di Terni, mediante un binario di servizio che traversa e circonda lo stabilimento, ed ha la lunghezza di oltre 3000 metri. Il movimento ai diversi apparecchi ed ai meccanismi è dato da due macchine a vapore gemelle di 100 cavalli ciascuna, alimentate da quattro caldaie; queste motrici che esistevano nello stabilimento, erano principalmente in servizio delle macchine soffianti per gli alti forni, ed ora servono ai forni (cubilots) per la fusione della ghisa. Vi sono anche due ventilatori di cui uno è capace di fornire 180 m. c. d'aria al minuto primo e l'altro 100.

(1) A dare un'idea della grande importanza dell'acquedotto in costruzione per Napoli e specialmente a rilevare la sua prevalenza rispetto all'impiego dei grandi tubi di ghisa, bastano i seguenti cenni.

L'acquedotto per Napoli avrà la lunghezza in condotta libera di chilometri 60 per la capacità di 170,000 m. c. in 24 ore. Di più un fascio di tre sifoni di ghisa del diametro uno di 700 mm., due di 800 mm. e lunghi ciascuno 20 chilometri circa, per la portata complessiva di 100,000 m. c. Infine oltre 100 chilometri di rete di distribuzione. Tutta la ghisa occorrente è di circa 40,000 tonnellate. L'importo totale è di 30 milioni di lire, di cui 16 milioni rappresentano le parti in ghisa.

Il più grande acquedotto di Parigi è quello della Vanne che porta da 60 a 100,000 m. c., ha la lunghezza complessiva di chilometri 155, intercettata da brevi sifoni di ghisa nel passaggio di bassure, e contiene grandiosi ponti-canali. Costò lire 30 milioni.

La più grande delle condotte di Vienna, costrutta da 10 anni solamente, è lunga 98 chilometri; porta 70,000 m. c., e costa 35 milioni: abbraccia molte gallerie e ponti importanti.

Il famoso acquedotto del Croton, alimenta New-York con 160,000 m. c. d'acqua, è lungo 80 chilometri, con varii tratti in condotta forzata.

Sono comparabili, ma non superiori per importanza, gli acquedotti di Washington, di Madrid, di Marsiglia (questo però è un'opera speciale che serve anche alle irrigazioni), quello di Lille, di Lyon, di Bordeaux e molti d'Inghilterra.

Per altri particolari sulla condotta delle acque di Serino rimandiamo il lettore alla memoria inserita nel fascicolo 4° (anno IX) del periodico *L'Ingegneria civile e le arti industriali*.

Una derivazione d'acqua assicura la forza di 20 cavalli dinamici per muovere una pompa, alcuni tornii, ed altre macchine operatrici.

Di lato al fabbricato macchine sorgono due alti forni, come immense torri, per la riduzione del minerale di ferro, ed ognuno può produrre da 18 a 20 mila chilogr. di ghisa grezza al giorno; ma questi ora sono inattivi.

I cubilots, per la riduzione della ghisa di seconda fusione, sono al N. di 4, di cui uno produce quattro tonnellate all'ora, uno sei, e due dieci tonnellate per ciascuno. La quantità di ghisa fusa giornalmente supera i 100,000 chilogrammi, la quale serve quasi totalmente a fabbricar tubi per condotte d'acqua, di gas e i pezzi speciali relativi.

Tra le macchine suddette ed i forni (cubilots) una congerie di grossi tubi serve al passaggio dell'aria pei ventilatori.

I forni sono serviti da un montacariche, a pressione idraulica, mosso da un accumulatore alimentato da una potente pompa a vapore.

Innanzitutto ai forni una immensa aia coperta contiene lo spazio per tutte le staffe o forme dei tubi e dei pezzi speciali; la parte più importante è la sala quadrata, nel centro della quale sta una colossale grue, e segnando due cerchi concentrici, sono situate verticalmente n. 47 staffe pei tubi di grande e mezzano diametro, delle quali n. 17 sono pei tubi da 800 e 700 mm., n. 30 pei tubi da 600, 500, 400, 350 e 300 mm., e per tutti i diametri minori le staffe sono in n. di 260, tutte verticalmente situate nel rimanente spazio coperto. Tutte queste staffe e rispettive anime, poichè hanno l'altezza di m. 4,15, pei tubi di maggior diametro sono ben grandi, sicchè per la loro mettitura a posto e per la estrazione delle anime e dei tubi formati occorrono molteplici apparecchi di leva.

La copertura delle aie occupate dalle staffe forma con la propria ossatura sostegno a molte pulegge o paranchi differenziali a catena, di cui alcune sono fisse al punto di sospensione, altre corrono mediante ruote sopra guide orizzontali, per potersi così avvicinare all'appiombò delle staffe.

Fra gli apparecchi di leva vi sono due grue della portata di 10 tonnellate; un carro grue di 5 tonnellate di cui diremo anche in seguito qualche parola, come della grande grue girante. Molta parte delle aie coperte è occupata dagli scanni per la formazione delle anime dei tubi, e dalle stufe nelle quali debbono passare a disseccarsi le anime stesse come appresso sarà descritto.

Sotto ampie tettoie è deposta, disgregata, stacciata ed impastata la terra gialla, refrattaria, estratta dalle vicinanze, che occorre, sola o mescolata col fieno o col carbone, per le diverse parti delle forme e staffature suddette.

Altra aia coperta contiene quattro gasogeni di forma e costruzione speciale, ove si produce l'aria calda occorrente al prosciugamento di tutte le staffe dei tubi, ed al riscaldamento delle stufe: è condottato da una rete di tubicini che vanno a terminare come in un sotterraneo sottostante alle forme suddette, per cui il gas s'introduce nelle forme o nell'ambiente da riscaldare dalla parte inferiore.

Una lunga tettoia, con binario e piano caricatore costituisce il deposito del combustibile.

L'officina meccanica degli aggiustatori, dei torni, delle macchine a forare, ecc. covre anche una vasta estensione, ed è ora in via d'ingrandimento.

Vi sono dei fabbricati minori per magazzini, altre tettoie per tenere al coperto i materiali, ed un bell'edificio per uffici tecnici ed alloggi.

Tutta l'aia scoperta è traversata da binarii in diverse direzioni, sicchè le materie prime, il combustibile ed ogni altra cosa che vien dal di fuori può essere scaricata al proprio luogo di deposito o di lavorazione. I tubi appena formati possono essere trasportati a mezzo di piccoli carri sugli scanni che a guisa di binarii risaltati si distendono in varie direzioni occorrendo al

pulimento dei tubi ed al loro successivo avvicinamento al luogo delle prove, al bagno, alla marcatura ed infine al caricamento sui vagoni ferroviari.

Oggi si lavora a costruire un gran canale di derivazione dal fiume Nera, pel quale si ha un'antica concessione, e che renderà possibile di ottenere la forza di 250 cavalli utilizzando 4 metri cubi d'acqua con 6 metri di caduta, mediante due turbine Girard. Questa forza sarà sostituita alle due grandi macchine con molta economia di fabbricazione.

La derivazione sarà fatta, come si è detto, mediante lungo canale, non già dalla Nera direttamente, ma da altro ampio e bellissimo canale che prende dalla Nera ben 20 m. c. d'acqua al minuto secondo, e la fornisce nella quantità di metri cubi 8.50 alla grandiosa R. fabbrica d'armi, e di metri 7.50 ad uno stabilimento per lanificio.

Il numero degli operai giornalmente impiegati nello stabilimento è di 850.

2. *Della ghisa e del combustibile.* — La ghisa impiegata nella fusione per la fattura dei tubi ha diverse provenienze. Parte viene dall'Inghilterra, parte dalla Scozia e parte dagli stabilimenti nazionali di Vada e Follonica. Le ghise nazionali sono prodotte dal minerale dell'Elba ridotto a carbone di legna, che hanno resistenza molto superiore alle ghise estere prodotte dal coke.

Per la seconda fusione s'impiega del coke puro, che generalmente perviene dall'Inghilterra: per i forni secondari s'impiega anche del coke residuale di officine da gas.

La ghisa suddetta s'impiega nelle seguenti proporzioni:

3½ ghisa inglese, 1½ nazionale, 1½ scozzese.

Il prodotto è assai buono, tanto che viene assoggettato per tubi allo sforzo di resistenza di circa 4 chilogr. per millimetro quadrato, mentre in pratica deve lavorare ad uno sforzo inferiore alla metà, essendo introdotto nel calcolo dello spessore dei tubi il valore di chilogr. 1,75.

La ghisa stessa ridotta in barra, e sottomessa alla prova di rottura per flessione ha dato il coefficiente di 29 chilogr. circa per millimetro quadrato.

Nei cubilots insieme alle tre qualità di ghisa suddette vien caricato il carbone a strati alternati, con avanzi e rottami di rigetto nelle proporzioni di 1 0/10 circa, ed un 10 0/10 di calcare in frammenti per facilitare la separazione della silice che sorte in forma di scoria vitrea.

Il combustibile impiegato per la macchina a vapore è in massima parte della lignite di S. Giovanni Val d'Arno.

Lo stesso materiale è in grande quantità usato a produrre aria calda occorrente al prosciugamento delle forme ed a dare il calore nelle stufe, per lo che se ne consuma circa 40 tonnellate al giorno. Dalla incompleta combustione della lignite nei forni, tra i prodotti che si svolgono, vi è indubbiamente copiosa quantità di ossido di carbonio che a sua volta essendo combustibile va a bruciare nell'interno delle staffe e le prosciuga.

Da ogni forno il gas va a riunirsi in un accumulatore dal quale partono tutti i tubi di condotta che misurano circa due chilometri; ed essi stessi, poichè alla loro estremità il gas si brucia, fanno aspirazione dai forni suddetti.

Questo sistema di essiccamento delle forme è commendevolissimo, e specialmente adatto per l'ufficio ora descritto.

3. *Dei meccanismi di trasmissione, di sollevamento e di trasporto.* — Dalla macchina motrice oltre ai ventilatori è dato il moto ad un grande albero orizzontale; da questo partono diverse trasmissioni telodinamiche.

La più importante di esse trasporta 50 cav. di forza alla distanza di m. 80 circa con una velocità di 1500 m. al minuto primo, per dare il movimento alle pulegge ed agli assi di rinvio dell'officina meccanica, ove sono le molte macchine operatrici ed utensili, come torni, trapani, ecc. ecc.

Vi sono altre sei trasmissioni, tra le quali una di speciale costruzione: gli assi delle pulegge sono ad angolo retto, e queste a distanza di circa 75 metri l'una dall'altra; tal cambiamento di direzione è formato da pulegge di deviazione e di guida.

Le trasmissioni secondarie, sia per mezzo di cinghe che d'ingranaggi, sono numerosissime.

Esistono circa 30 apparecchi di alzamento, fra i quali, le due grue giranti di fonderia, della portata di 10 tonnellate ciascuna. Il carro gru di 5 tonn. è mosso da una corda di cotone senza fine, la quale, per la sua frizione ora sopra l'una ora sopra l'altra puleggia, fa alzare e scendere i pesi, avanzare e retrocedere il carro, insomma produce sei movimenti diversi. La corda di comando ha una velocità di 100 metri al minuto primo.

Un apparecchio colossale di leva (unico nel suo genere) è la gru girevole che serve, come si è detto, alla manovra delle staffe delle anime e dei tubi di grande diametro: ha un raggio di operazione di 8<sup>m</sup>50 utili, e può elevare a 7<sup>m</sup> di altezza; la volata totale è di m. 19. Il peso che può alzare in una estremità è di 20 mila chilogr., con velocità di 2<sup>m</sup>40 al minuto primo. È composta da un asse di ghisa lungo 8<sup>m</sup>, del peso di chilogr. 15000 circa, fissato su di una piattaforma del diametro di 6<sup>m</sup>, e del peso di chilogr. 16000.

Tale piattaforma è connessa mediante perni ad un masso isolato di muramento in pietre da taglio di altezza 8<sup>m</sup> e diametro m. 7,00.

La parte girante è formata da due armature di figura identica come una T costrutte in lamine di ferro con grosse nervature: l'altezza è di metri 10, e la lunghezza della traversa superiore o delle travi unite insieme è di m. 19.

Le due armature abbracciano nel mezzo della parte verticale l'asse di rotazione, e nello spazio fra le due travi orizzontali che formano la traversa del T, passano le pulegge e le catene pel comando del carrello che corre sul dorso di uno dei bracci della traversa medesima, mentre dalla parte opposta sta il contrappeso.

Tale armaggio col contrappeso formano insieme il peso di 21000 chilogrammi. Da un fianco della parte verticale sono disposti una ventina di pezzi come ruote d'ingranaggio, pulegge ed altri meccanismi pel comando ed esecuzione di tutti i movimenti che la gru e le sue parti possono fare, i quali sono conseguenza del moto di rotazione intorno alla verticale data ad un ingranaggio circolare posto a pie' della gru. Un uomo solo imprime movimento di rotazione, lento o celere quanto importa; accresce o diminuisce il braccio o volata, facendo allontanare o avvicinare all'asse di rotazione il carrello che regge la catena ed il gancio di sospensione; abbassa ed eleva lo stesso col peso dell'oggetto che dev'essere manovrato. Il peso totale della gru è di 75000 chilogrammi. Altro congegno meccanico è il montacarichi, mosso da un accumulatore idraulico che è alimentato da una potente pompa a vapore; il suo ufficio è specialmente per il servizio di caricamento dei cubilots. La pressione mantenuta a 25 atmosfere serve a mandar l'acqua per il riempimento dei tubi da sottomettersi a pressione, mediante conduttore, e funziona da colonna premente per le prove di resistenza dei tubi medesimi.

Le caldaie o secchie (pches) che servono a ricevere la ghisa fusa dai cubilots e versarla nelle forme, sono di varie grandezze secondo l'entità dei pezzi che si devono fondere. Molte hanno la capacità di 20 chilogr. fino a 1000; ve n'ha da chilogr. 1500 a 4500, ed una da 7000 chilogr. Le grandi restano sospese ad una gru girante che permette loro di avvicinarsi al forno ed allontanarsene per raggiungere invece le forme più prossime: per quelle più lontane dai cubilots officia la grande gru. Dippiù è connesso a cadauna secchia un congegno formato da un sestante ed una vite senza fine che permette di imprimere loro tutti i movimenti di inclinazione necessari a versare il liquido nelle forme.

Sotto il cielo della sala della grande gru e delle grandi staffe

vi sono due binari concentrici per un tratto e paralleli nel rimanente della lunghezza della tettoia, dai quali sono sospesi dei carri mobili contenenti il meccanismo di una taglia: ciascuna è comandata da una catena. Servono al trasporto e movimento delle secchie o delle anime, secondo il bisogno.

La piccola turbine di 20 cav. dà il movimento ai torni ed alle macchine per il lavoro delle forme di legname ed altri particolari; imprime anche il movimento ai mestatori della sabbia con la paglia per formare la pasta occorrente per le anime delle staffe.

4. *Della manipolazione e del processo di fabbricazione.* — Le staffe o forme esterne per i tubi vengono composte come per tutte le fusioni, mediante terra refrattaria mista a carbone, la quale riveste all'interno dei recipienti di ghisa fatti a due pezzi e collocati verticalmente al posto ove si effettua il getto: mediante manovra della grue, o del carrello o delle taglie, secondo il diametro del tubo, si maneggia dal basso in alto entro quel recipiente un corpo cilindrico di poca altezza che ha il diametro esterno del tubo, intorno alla quale si piglia la materia refrattaria. Fatta così mano mano la forma esterna, a mezzo del gas si fa prosciugare, per poi abbassarvi la lanterna, cioè la forma interna del tubo, che costituisce l'anima della staffa.

Queste lanterne per i tubi piccoli sono formate da un asse di ferro che regge due piatti distanti quanto l'altezza del tubo, e per i tubi grandi portano dappiù un cilindro di ferro bucherellato. Intorno all'asse o al cilindro va posta la riempitura e l'integumento per costituire il vuoto del tubo.

Il piatto inferiore è terminato con superficie fatta a tronco di cono che prende posto in altro tronco di cono costituente la parte inferiore della forma esterna suddetta, e così l'anima o la lanterna resta perfettamente verticale lasciando in giro lo spazio che rappresenta lo spessore della parete del tubo: il piatto di ferro che si affida all'orlo superiore della forma assicura la posizione dell'anima stessa.

Le dette lanterne coricate sopra scanni orizzontali vengono rivestite di paglia per ringrossarle al dovuto segno e per costituire tenuta alla pasta di paglia e terra refrattaria, la quale viene applicata nelle giuste misure facendo girare la lanterna attorno all'asse, ed un coltello lungo la generatrice tornisce così la forma.

Passano tali lanterne, poggiando sempre col proprio asse, dagli scanni di tornio sopra guide di ferro che s'internano nelle stufe, e sono da quelle guide rotolate lentamente, cosicchè restano tanto tempo a percorrere la lunghezza della stufa da venirne disseccate: indi si spalmano con un liquido in cui è mescolata terra finissima e polvere di carbone: la lanterna è allora pronta ad essere calata nella staffa. Il trasporto sul luogo si fa mediante carretti che percorrono appositi binari; giunti al posto, la grue o il paranco solleva la lanterna e l'abbassa di poi lentamente nella forma. Questa manovra delicatissima è meravigliosamente fatta dalla grande grue con insensibili movimenti in senso orizzontale e verticale.

Fatta la fusione in una forma, immediatamente dopo, o appena la squadra di operai ed i meccanismi sono liberi da altre operazioni, mediante gli stessi apparecchi di leva è estratta dalla staffa la lanterna insieme al tubo, o solamente quella per i tubi di grande diametro: in questo periodo si completa attivamente la combustione della riempitura di paglia. Estruendo insieme tubo e lanterna vien caricato il peso su di un carrello, sempre col maneggio degli apparecchi di leva, e questo è trascinato fuori della fonderia, ove, mediante un congegno come una specie di taglia orizzontale, agguantata l'anima con un gancio, e tenuto a posto il carrello col tubo, si estrae l'anima dallo stesso, la quale, poi che si è raffreddata, passa di nuovo alla manipolazione delle forme. Il tubo invece va collocato a seguito degli altri sopra scanni o guide sui quali rotolano successivamente fino a giungere al luogo dove stanno i torchi per

le prove. Intanto i tubi sui detti scanni si raffreddano e contemporaneamente subiscono il pulimento: prima si stacca tutta la materia della staffatura, indi l'orlatura superiore di ghisa; si tolgono le parti superflue o le sbavature, e ricevono così una prima verifica.

Man mano passano sotto i torchi per la prova di resistenza, la quale viene eseguita in generale a dieci atmosfere, ma per i grandi tubi dell'acquedotto di Napoli si spinge fino a 25 atmosfere.

Vi sono nell'opificio tre torchi orizzontali formati ciascuno da un piatto fisso ed altro mobile mediante una vite per avvicinarlo quanto occorre, allorchè il tubo debba sottostare alla prova.

Il torchio per i grandi tubi, che sono quelli da provarsi a 25 atmosfere, ha il piatto mobile mediante pressione idraulica, che a via di piccola pompa dev'essere elevata assai più delle 25 atmosfere perchè possa tenerlo a posto durante il saggio.

Ogni tubo che deve essere sottoposto alla prova, collocato a posto, viene prima riempito con acqua proveniente dal serbatoio che trovasi all'altezza di 15 m circa. Quando è pieno si apre la comunicazione con l'acqua proveniente dallo accumulatore il quale, come si è detto, giunge alla pressione di 25 atmosfere; però, mediante apparecchi di riduzione di pressione, si può averla a 10 e 15, di modo che si ottengono tali limiti di pressione col solo maneggio dei rubinetti. Vi è all'uopo un apparato di condotte che conducono l'acqua nel tubo per riempirlo, altre vi conducono quelle di pressione secondo i casi, ed altre servono a scaricarla.

L'operazione di prova si fa in poco tempo per la bontà dei detti apparecchi, e per la loro disposizione: bastano 10 minuti per ciascun tubo di 800 e 700 da provarsi a 25 atmosfere, colle relative manovre.

Appena saggiato il tubo, se buono, viene controsegnato dall'impiegato della Compagnia; se cattivo, viene scartato.

Dopo la detta prova, i tubi vengono passati in una stufa, ove si riscaldano a 130°, e di là, sospesi da una grue a cavalletto mediante due ganci e catena mossa lentamente da un verricello a mano di tre uomini, vengono calati nel bagno di *coalter*; indi dopo pochi minuti sono estratti lentamente e caricati su vagoni, numerati e spediti alla rispettiva destinazione.

I grandi tubi hanno fino al diametro di mm. 300, l'altezza utile di m. 4.00 ed inclusa la guaina m. 4.13; quelli fino a mm. 80 di diametro hanno la lunghezza utile di m. 3.00; ed i più piccoli fino a 30 mm. di diametro la lunghezza simile di m. 2.50, 2.00 ed 1.50.

I più grandi, e specialmente quelli di mm. 700 e 800 di diametro, che debbono soggiacere in opera a pressioni superiori alle dieci atmosfere, hanno una particolare fattura nella guaina: cioè sono dotati all'interno del bicchiere e presso all'orlo dello stesso di due incavi anulari a sezione semicircolare di corda mm. 10; e nell'altezza residuale del bicchiere la interna forma è leggermente conica presentando la sezione minore verso la bocca della guaina; e l'estremo del tubo che entra nel bicchiere è non solamente fornito di risalto anulare che costituisce orlatura, ma porta anche un piccolo incavo di larghezza mm. 65 e profondità mm. 2 rispetto alla parete esterna del tubo. — In tal guisa il giuoco o l'aria intorno al tubo immesso nella guaina, essendo minore verso l'esterno della giuntura che verso l'interno, l'impioimbatura vi resta a forma di cuneo doppiamente incastrata e forzata sotto l'azione dell'acqua premente nella condotta.

Il bicchiere è raccordato al tubo con doppia curvatura accompagnata nell'altezza di mm. 220, e con grossezza molto maggiore che non è quella della parete.

La Società della Fonderia non ha pubblicato l'elenco dei prezzi per le diverse categorie di tubi, ma la fabbricazione importa non più di lire 20 a quintale.

## TECNOLOGIA INDUSTRIALE

### AVVERTENZE

#### PER FARE UN IMPIANTO DI UN QUALCHE SISTEMA DI RISCALDAMENTO A FOCOLARE CENTRALE E DI VENTILAZIONE

degli Ingegneri RIETSCHEL ed HENNEBERG.

#### I.

##### Dei sistemi di riscaldamento a focolare centrale.

Sono per se stessi evidenti i vantaggi che l'impianto di un calorifero centrale offre a confronto dell'ordinario impiego delle stufe; ottenendosi economia e facilità nell'esercizio, per la possibilità di riscaldare diversi ambienti ed anche edifici interi con un solo focolare; migliore effetto e uniformità nella distribuzione del calore, maggiore pulizia degli ambienti riscaldati e maggiore sicurezza contro gli incendi.

Epperò crediamo far cosa utile presentando qui alcune osservazioni, dirette a facilitare agli architetti ed ai proprietari la scelta del sistema che meglio può convenire per ogni costruzione in particolare, ed a stabilire quasi i punti di partenza per progettare impianti di riscaldamento e di ventilazione.

Resta per altro sottinteso che nel caso di impianti straordinari i quali presentassero difficoltà speciali occorrono ancora altri criteri i quali non possono essere contenuti in questa breve memoria.

I diversi sistemi di riscaldamento potendo essere classificati secondo il mezzo destinato a trasportare il calore dal focolare centrale ai luoghi di impiego, vi è luogo a distinguere i sistemi seguenti:

- 1° Riscaldamento ad aria,
- 2° Riscaldamento a vapore,
- 3° Riscaldamento ad acqua.
- 4° Sistema combinato dei tre precedenti.

La scelta tra gli anzidetti sistemi dipende, oltrechè dai desideri speciali del proprietario, dallo scopo al quale gli ambienti che si vogliono riscaldare sono destinati.

**RISCALDAMENTO AD ARIA.** — Il riscaldamento ad aria può essere applicato ad ogni genere di edifici; tuttavia è solo raccomandabile quando codesti edifici sono da erigersi a nuovo, essendochè l'impianto in fabbricati di già esistenti generalmente si presenta difficile e di forte spesa.

Secondo questo sistema, in luogo posto sotto agli ambienti da riscaldare, l'aria viene riscaldata mediante un calorifero di costruzione particolare e poi vuol essere condotta alle stanze mediante un sistema di condotti posti nei muri stessi, mentre un altro sistema di condotti deve permettere l'allontanamento dalle stesse stanze di una corrispondente quantità d'aria già raffreddata. L'efficacia ed il buon esito d'un riscaldamento ad aria dipendono essenzialmente dal grado di perfezione nella costruzione del calorifero, il quale deve soddisfare alle seguenti condizioni principali:

Impossibilità di scaldarsi sino al calor rosso anche quando fosse di troppo forzato il fuoco; avere il minor numero possibile di giunte; presentare facilità ad essere pulito dalla polvere ed i canali dal fumo e dalla cenere.

Il riscaldamento ad aria vuole ancora essere distinto in due secondochè esso ha luogo per *circolazione* ovvero per *evacuazione*.

Col primo metodo l'aria dalla volta dell'ambiente del calorifero è condotta alle stanze e ritorna al calorifero mediante una seconda serie di condotti. Le spese di esercizio riescono naturalmente con tale sistema minori; ma siccome l'aria non viene rinnovata, così essa riesce alquanto impura. Il sistema della circolazione è quindi solo raccomandabile quando gli ambienti debbono essere scaldati in precedenza, mentre le persone non hanno ancora da entrare nelle stanze o anche per ambienti molto grandi e poco frequentati.

Col secondo metodo l'aria che giunge al calorifero è fresca e tolta dal di fuori; essa vi si riscalda e poi sale alle stanze, di dove mediante appositi condotti nuovamente si versa all'aria libera; e tuttocchè nel modo che sarà spiegato più innanzi parlando della ventilazione. Naturalmente questo metodo di riscaldamento esige maggior combustibile che non il primo, perchè si debbono continuamente riscaldare quantità rilevanti d'aria

fredda, mentre altrettanta aria a temperatura abbastanza alta scappa via. Epperò è sempre utile disporre le cose in modo che vi sia anche la possibilità di riscaldare per circolazione; bastando a tale scopo che si mettano tra di loro in relazione la camera di riscaldamento ed i condotti destinati a sboccare all'aria libera, per modo che con opportuni registri l'una o l'altra via sia aperta.

**RISCALDAMENTO A VAPORE.** — Il riscaldamento a vapore è raccomandabile per costruzioni straordinariamente grandi, nelle quali nondimeno si voglia un solo focolare od anche per riscaldare tutti insieme una serie di edifici; si ha così la certezza di ottenere l'effetto desiderato, con un esercizio centralizzato e proporzionalmente di poca spesa. Inoltre il riscaldamento a vapore è preferibile per stabilimenti ed altri edifici nei quali si ha disponibile del vapore, occorrendone già per altri usi.

Quanto a disposizione, questo sistema offre le maggiori latitudini prestandosi a qualsiasi combinazione, epperò riesce difficile trattarne in forma generale; ad ogni modo i principii sui quali conviene appoggiarsi verranno anch'essi spiegati in seguito.

**RISCALDAMENTO AD ACQUA.** — Sotto questo nome si comprendono quattro sistemi diversi, distinti secondo la temperatura o la pressione dell'acqua nei condotti, e cominciando dal sistema più perfetto vengono così enumerati:

Riscaldamento con acqua	}	calda	{ a bassa pressione, e tutto al più portata sino alla ebollizione,
			{ a pressione media, ossia portata alla temperatura di 140 centigradi,
			{ a pressione media, ossia sino alla temperatura di 150 centigr. circa,
		caldissima	{ ad alta pressione, ossia riscaldata al di sopra di 150° e sino al limite di 200.

Dapprima non erano in uso che i due sistemi estremi, distinti col nome di riscaldamento a bassa pressione e ad alta pressione; cercandosi poi di combinare i vantaggi dei due sistemi e di eliminare il più possibilmente gli inconvenienti, si finì per arrivare ai due sistemi di mezzo.

I sistemi di riscaldamento con acqua a bassa ed a media pressione sono per lo più applicati nelle abitazioni e dovunque si desidera un calore temperato continuo e un forme (per scuole, studi, ecc.).

Si incontrano talvolta anche per lo stesso scopo adoperati i due sistemi ad acqua caldissima, e ciò segnatamente per economia nella spesa, quantunque dovrebbero essere riservati per tali applicazioni dove il calore deve rapidamente svilupparsi e comunicarsi senza bisogno di essere conservato (come per uditorii, sale d'adunanze, ristoranti, teatri, ecc.).

Vediamo brevemente per ora come siano caratterizzati codesti quattro sistemi, riserbandoci di parlarne più diffusamente in seguito.

**Riscaldamento con acqua a bassa pressione.** — Per il riscaldamento a bassa pressione occorre anzitutto una caldaia nella quale l'acqua possa essere riscaldata.

Dal punto più elevato di questa caldaia parte un tubo diretto all'istit, il quale si dirama verso tutti quei locali dove il calore dev'essere condotto. Entro certi limiti è pressochè indifferente che questo condotto principale sia disposto sotto gli ambienti da riscaldare (per esempio contro il soffitto della cantina se vuoi riscaldare il pian terreno) od al disopra. Ma è cosa essenziale che l'acqua, riscaldata nella caldaia, sia condotta con ascensione continua sino a tali ultimi luoghi di distribuzione che conducono ai caloriferi. A sviluppare il calore necessario negli ambienti, difficilmente può bastare un solo tubo, ed è perciò che si adottano apparecchi adatti a farvi circolare l'acqua calda e provveduti di una grande superficie che vuol essere proporzionata alla quantità di calore occorrente al riscaldamento. Gli ultimi tubi distributori penetrano nei caloriferi dalla parte superiore, e l'acqua introdottavi si raffredda a contatto della grande superficie, mentre discende e arriva al punto più basso dove entra nel tubo di ritorno che la conduce nuovamente alla caldaia nel punto più basso della medesima.

Affinchè l'acqua non venga riscaldata al disopra del grado di ebollizione, il condotto trovasi in comunicazione coll'atmosfera, ossia da uno o più punti del condotto diramano dei tubi i quali ad un'altezza maggiore di quella del calorifero più ele-

vato terminano in un serbatoio aperto, nel quale è fatto posto per l'accrescimento di volume che l'acqua subisce in causa dell'aumento di temperatura.

Da quanto precede risulta come la caldaia, il condotto distributore, i caloriferi e il condotto di ritorno costituiscano un sistema unico di tubi comunicanti, e come la circolazione dell'acqua avvenga in virtù del riscaldamento dell'acqua nella caldaia, e della diminuzione di peso specifico che ne risulta. E la circolazione dura finché vi è differenza tra la temperatura del condotto di andata ai caloriferi, e di quello di ritorno alla caldaia. Ne consegue che il riscaldamento ad acqua calda, il quale richiede un volume d'acqua, e quindi anche una quantità di calore piuttosto rilevante, può continuare a mantenere la sua attività anche dopo che la caldaia non riceve calore. Se l'acqua in origine fu riscaldata fino a 100° C. essa deve raffreddarsi sino alla temperatura dell'aria che circonda i caloriferi prima che finisca la circolazione e con ciò l'emissione del calore.

*Riscaldamento con acqua calda a pressione media.* — Questo sistema differisce dal precedente in ciò che esso non è munito di serbatoio aperto, ma il tubo che va al punto più elevato è invece tenuto chiuso con una valvola. Si aumenta per tal modo la pressione nel condotto sino a 3-4 atmosfere, ed il conseguente aumento di temperatura dell'acqua permette che le superficie dei caloriferi possano ottenere il medesimo effetto essendo molto meno estese che non col riscaldamento a bassa pressione. L'intero impianto diviene quindi più ridotto e di minore spesa. Certamente il potere di conservare il calore per un certo tempo risulta minore essendochè i caloriferi di minore dimensione naturalmente contengono anche meno acqua.

*Riscaldamento con acqua caldissima.* — I due sistemi di riscaldamento a pressione media od alta si possono trattare simultaneamente perchè non differiscono tra loro che per il peso di cui è caricata la valvola.

Nei sistemi di riscaldamento con acqua caldissima a vece di una caldaia si dispone nel forno una spirale di tubi detti Perkins dal nome dell'inventore. Dalla parte superiore di questa si diparte il tubo che porta l'acqua nei relativi ambienti da riscaldare dove si trovano tanti metri di condotto, sia disposti rettilineamente sia in forma di spirali, quanti ne occorrono per somministrare la quantità di calore voluta. Il condotto poi ritorna al piede della spirale che si trova nel forno, cosicchè il sistema nel suo complesso costituisce un vero tubo senza fine. Possibilmente nel punto più alto del sistema, si innesta mediante un pezzo di tubo a T un apparecchio per regolare la pressione; per piccoli impianti basta un serbatoio d'aria costituito da un tubo di ferro; ma per impianti grandi s'adopera una valvola di sicurezza circondata da apposito serbatoio.

Il tubo di condotta ordinariamente adoperato ha ovunque il diametro interno di 23mm. Deve essere in grado di resistere ad una pressione di 150 chilogr. per cent. quad. ossia a 150 atmosfere, e ogni impianto di riscaldamento con acqua caldissima è necessario che sia provato sotto questa pressione per essere certi che non abbiano a manifestarsi difetti durante l'esercizio.

Qualsiasi impianto per riscaldamento, sia questo a pressione media ovvero ad alta pressione, risulta semplicemente caratterizzato dalla lunghezza del tubo destinato a ricevere e trasmettere il calore, nonchè dal relativo carico della valvola di sicurezza (chiamata usualmente valvola d'espansione). Risulta poi evidente quale sia la differenza che passa tra questi due sistemi e quello del riscaldamento con acqua calda a bassa pressione. Avendosi un volume d'acqua, molto ridotto, anche nel caso di un impianto esteso, ne viene di conseguenza che il primo riscaldamento avviene rapido: la temperatura alta dell'acqua produce un effetto intensivo; ma per altra parte la conservazione del calore è minima, cagione per cui, estinto il fuoco, il riscaldamento non dura che breve tempo.

**SISTEMI DI RISCALDAMENTO MISTI.** — Vi sono infine casi in cui per motivi particolari che troppo lungo sarebbe lo specificare, alcuni dei diversi sistemi precedentemente distinti trovansi simultaneamente adoperati, e sono fra loro combinati. Così quello ad aria ed acqua; quello ad acqua e vapore; e quello ad aria e vapore. Questi due ultimi hanno anzi molte applicazioni in edifici pubblici (Borse, ospedali, ecc.) e si adattano in modo da riunire i vantaggi dei singoli sistemi di riscaldamento.

A bene giudicare dei vantaggi e degli inconvenienti di ogni sistema, facciamo qui seguire un quadro comparativo nel quale nessuno meraviglierà di vedere come non siavi sistema che non abbia qualche inconveniente; e ciò sul riflesso che un inconveniente in un caso può benissimo in altre circostanze essere valutato un vantaggio.

QUADRO COMPARATIVO DEI VARI SISTEMI DI RISCALDAMENTO  
A FOCOLARE CENTRALE.

*Vantaggi.*

*Inconvenienti.*

1° RISCALDAMENTO AD ARIA.

Spese d'impianto minime (almeno se i lavori di muratura non siano di natura complicata).

L'apparecchio stesso è semplice, quindi molto facile da sorvegliare. Si ottiene facilmente una attiva ventilazione negli ambienti che si vogliono riscaldare. Se gli ambienti sono molto grandi si possono egualmente riscaldare ancorchè duri un freddo intenso. Non fa più bisogno di avere nelle camere apparecchi di riscaldamento i quali occupano molto spazio.

L'esercizio è scevro di pericoli. Il gelo non può procurare ostacoli.

Essendo il sistema strettamente limitato nel senso orizzontale, così per edifici estesi occorrono parecchi focolari. Se il lavoro non è bene diligentato c'è pericolo che il calorifero si riscaldi troppo o che perda nelle giunte, che nelle stanze entri del fumo, che la polvere nell'aria accendendosi espanda odore cattivo e renda malsana l'aria. Conservazione molto limitata del calore e quindi rapido il raffreddamento cessando il fuoco. Ventilazione ineguale degli ambienti, cagionata dalla situazione particolare più o meno fredda di ogni sala: e quindi spese forti d'esercizio.

Per gli ambienti molto grandi occorrono canali molto larghi. Negli edifici esistenti le difficoltà dei lavori di muratura ne impediscono l'applicazione. Presso alle bocche di efflusso dell'aria nella sala si vede col tempo la parete annerita dalla polvere condotta dall'aria che vi s'accumula sopra.

2° RISCALDAMENTO A VAPORE.

Questo sistema permette la massima estensione nel senso orizzontale; offre la possibilità di impiantare il focolare all'infuori dell'edificio che si deve riscaldare, ed anzi permette di riscaldare parecchi fabbricati con un solo focolare.

Per impianti grandiosi la spesa d'esercizio riesce piccola.

Azione rapida ed intensiva da poter ottenere una temperatura molto elevata anche in edifici aventi pareti sottili e financo per costruzioni in legno. Possibilità di formare dei sistemi di riscaldamento misti: ad aria e vapore o ad acqua e vapore, e quindi di poter ottenere i vantaggi del riscaldamento ad aria e di quello ad acqua.

Impianto costoso, specialmente per fabbricati poco estesi. Difficoltà per liberarsi dall'acqua di condensazione, massime se non si può ricondurla alla caldaia, adoperandola per l'alimentazione.

Se l'esecuzione non è accurata, è facile sentire un rumore nei tubi di condotta del vapore, massimamente da principio quando il vapore incomincia ad entrare.

Esercizio costoso, se trattasi di impianti di poca importanza e dove l'impiego del vapore serve unicamente a scopo di riscaldamento.

Difficoltà di avere il permesso dalle autorità per l'impianto della caldaia. La facoltà di conservare il calore è quasi nulla; cosicchè appena è chiuso il rubinetto del vapore l'effetto subito finisce; a meno che si adoperi il sistema misto a vapore ed acqua; ma allora aumenta sensibilmente la spesa dell'impianto.

3° RISCALDAMENTO AD ACQUA.

a) *Riscaldamento con acqua calda a bassa pressione.*

Questo sistema è il più preferito se si ha riguardo alla proporzione tra il calore speso e quello utilizzato; ed anche se si riflette alla facilità di regolare e di isolare ogni calorifero, non meno che all'economia del combustibile. L'estensione in senso orizzontale è grandissima; solo per edifici molto grandi occorre più d'un focolare. — I caloriferi possono avere forme differenti, e quindi farsi in buona armonia col carattere architettonico della decorazione. Con

La spesa d'impianto è sempre forte; l'esercizio è piuttosto semplice, ma per la sorveglianza occorre una certa pratica. Sono necessarie negli ambienti riscaldati speciali stufe le quali occupano un certo spazio. Se l'esecuzione non è delle più perfette, è facile che succedano perdite nelle giunte.

*Vantaggi.*

tale sistema l'aria non è punto influenzata nella sua essenza.

Le parti costruttive non subiscono quasi deperimento; se l'esecuzione è stata perfetta non occorrono riparazioni. Massima pulizia. Mancanza assoluta di pericoli. Il maggiore o minor grado di conservazione del calore è in potere del costruttore; potendo adoperare quantità di acqua più o meno grandi, e riescire, volendolo, a far durare il calore per molto tempo più che non duri acceso il fuoco.

b) *Riscaldamento con acqua calda a pressione media.*

Facilità di regolare in modo satto il calore e di isolare qualche ambiente, buon rendimento del combustibile; possibilità di una grande estensione in senso orizzontale, molteplice la forma dei caloriferi, aria buona — il tutto come nel caso a).

Caloriferi più piccoli, quindi spese d'impianto ridotte. Questo sistema può anche funzionare a bassa pressione nei casi in cui la temperatura esterna non sia più tanto fredda.

c) *Riscaldamento con acqua caldissima a pressione media.*

Impianto facilissimo anche in edifici esistenti, montaggio rapido. Spese di impianto minime. Azione intensiva e quindi effetto rapido. Esercizio molto semplice.

d) *Riscaldamento con acqua caldissima ad alta pressione.*

Vantaggi come nel caso c), le spese d'impianto ancora minori.

*Inconvenienti.*

Il calore si conserva meno, la irradiazione è più forte che nel caso a).

Il consumo del materiale è anche qui insignificante, ma per causa della pressione più elevata è maggiore la possibilità di dover fare riparazioni.

Possibilità di isolare alcune stanze ma non di regolare a volontà la temperatura. Essendo pochissima la conservazione del calore si corre rischio di andare incontro agli effetti del gelo, a meno di far uso di liquido che non geli. Possibilità d'una esplosione. L'irradiazione di calore è molto grande; difficoltà ad ottenere ovunque con condotte lunghe in gran numero di stanze lo stesso effetto. Rumore molesto nei tubi se contengono aria.

Inconvenienti come nel caso c), ma di maggiore importanza. — Calore irradiante come nelle stufe di ferro. Facile una esplosione se il servizio trovasi affidato a persona trascurata. Durante il riscaldamento i tubi sono talmente caldi, che il polviscolo sovra depositato vi brucia e manda cattivo odore. Pericolo d'incendio non insignificante, potendo il legno, la carta, ecc., accendersi in contatto dei tubi.

TEMPERATURA CONVENIENTE AI DIVERSI EDIFICI  
SECONDO LA LORO DESTINAZIONE.

Qualunque sia il sistema di riscaldamento che si vuole adottare la temperatura massima da darsi è la seguente:

Per camere da soggiornare . . .	20 — 22° centigr.
» stanze da letto . . .	15 — 16° »
» corridoi, scale, ecc. . .	10 — 14° »
» scuole . . .	18 — 20° »
» sale d'adunanza . . .	15 — 18° »
» chiese . . .	10 — 12° »
» ospedali . . .	16 — 20° »
» teatri . . .	17 — 18° »
» serre fredde . . .	10 — 12° »
» serre calde . . .	22 — 25° »
» prigioni . . .	15 — 18° »
» uffici . . .	18 — 20° »
» stabilimenti industriali . . .	12 — 15° »

Questi limiti di temperatura sono quelli in uso nel centro della Germania, dove la temperatura minima è di  $-20^{\circ}$  C., mentre nell'Alta Italia è di soli  $10^{\circ}$  C., e quindi le cifre dell'elenco riportato, per queste condizioni variate possono subire qualche variazione.

## II.

## Dei sistemi di ventilazione.

*Necessità di ventilare.* — Ben a ragione oggidi si dà alla ventilazione, ossia alla rinnovazione continua dell'aria negli ambienti chiusi, la stessa importanza che al riscaldamento; e crediamo inutile di insistere su cosa per se stessa evidente, se si riflette che sono cause principali e continue dell'impurezza dell'aria, la respirazione e la traspirazione d'uomini ed animali, e le molteplici operazioni meccaniche e chimiche, le quali danno luogo a polverio ed a emanazioni di gas e vapori.

*Distinzione.* — Si deve distinguere:

a) La ventilazione prodotta da differenza di temperatura (ventilazione naturale);

b) La ventilazione prodotta con mezzi meccanici (ventilazione artificiale).

Qualsiasi sistema di ventilazione deve soddisfare alla condizione, che il movimento dell'aria che ne è la conseguenza, non porti incomodo, che particolarmente in ambienti abitati non sia generata una corrente nociva alla salute od anche solo molesta; vuolsi, in altre parole, che la velocità dell'aria che entra e di quella che esce dagli ambienti da ventilare sia la più piccola possibile. Come valor massimo per tale velocità può essere considerata quella di  $0^{\text{m}},50$  per minuto secondo.

*Ventilazione mediante differenza di temperatura.* — Il modo più semplice di ventilare è quello di servirsi della differenza di temperatura esistente tra gli ambienti che si vogliono ventilare e l'aria esterna.

L'impianto occorrente è semplicissimo, bastando offrire all'aria degli ambienti — usualmente più calda — il mezzo di scaricarsi al di fuori, per un condotto, mentre un secondo condotto conduce l'aria pura agli ambienti; e l'equilibrio delle due colonne d'aria nei condotti è rotto dalla differenza del loro peso specifico. Tuttavia il cambiamento d'aria che si produce è sempre molto incerto, essendo sotto l'influenza di ogni cambiamento di temperatura tanto interna che esterna; per cui ad ogni variazione meteorologica varia l'effetto, e quando la temperatura negli ambienti è quasi eguale a quella esterna, l'effetto della ventilazione naturale è ridotto ad un minimo o anche annullato, mentre talvolta avviene perfino in senso opposto a quello che si desidera. Ad ogni modo codesto sistema ha dei grandi vantaggi nei casi in cui poco importa che il cambiamento d'aria avvenga in modo costante (ambienti per abitazione).

Questo sistema di ventilazione si può combinare in modo molto semplice col riscaldamento, facendo passare l'aria pura esterna attorno o dentro alla stufa a calorifero della camera. Non si ha tuttavia la sicurezza che l'aria pura entri sempre nella camera alla medesima temperatura; per questo e per altri motivi è sempre da consigliare di separare affatto la ventilazione dal riscaldamento e di riscaldare l'aria pura, prima che essa penetri nelle stanze, mediante un calorifero, portandola a raggiungere la temperatura della stanza stessa.

La regolarità della ventilazione è grandemente facilitata se si ha la precauzione di sottomettere l'aria uscente ad un riscaldamento alquanto intenso, ossia quando si ricorre al sistema detto di ventilazione per aspirazione.

*Ventilazione con differenza di temperatura prodotta dal riscaldamento dell'aria uscente.* — La ventilazione mediante aspirazione si produce nel modo seguente.

Da tutti gli ambienti di un edificio che si vogliono ventilare l'aria impura va condotta mediante condotti ad un camino comune, nel quale la temperatura è aumentata artificialmente.

In questo camino di aspirazione per effetto dell'aumento di temperatura ha luogo una diminuzione di densità dell'aria, e quindi l'aria esterna più pesante entra per i condotti di accesso nelle stanze, e spinge l'aria impura a passare nel camino d'aspirazione.

Supposto che la temperatura nelle stanze sia costante, si potrà mantenere costante la differenza di temperatura tra il camino e l'aria esterna, regolando a dovere la produzione del calore nel primo; epperò è evidente che questo sistema è assai più efficace e sicuro di quello precedente; ed in vero esso è quello più in uso; ed in questi ultimi tempi ebbe pure parecchie applicazioni per case private.

*Ventilazione meccanica.* — La ventilazione meccanica esige anch'essa due sistemi di condotti, uno per l'aria pura, l'altro

per quella viziata. Si può far entrare l'aria pura mediante compressione meccanica, ovvero aspirare meccanicamente quella impura, od ancora combinare i due modi insieme.

*Ventilazione a pressione d'aria.* — Per attuare questo sistema occorre l'impianto di un ventilatore nel condotto principale d'entrata dell'aria libera; il ventilatore spinge quest'aria colla velocità necessaria verso un ambiente di riscaldamento e poi verso le singole stanze, od anche direttamente entro condotti separati verso i singoli caloriferi, e da questi negli ambienti da ventilare. L'aria impura esce a sua volta mediante la seconda rete di condotti.

*Ventilazione per estrazione.* — Con questo secondo metodo di ventilazione meccanica l'aria uscente è dai condotti chiamata in un canale unico nel quale funziona un estrattore.

In generale questo metodo di ventilazione si trova di rado applicato da solo e usualmente soltanto negli impianti industriali, dove si tratta di condur via, mediante una corrente d'aria aspirante, della fumana o della polvere, od altri residui dal luogo dove si producono. Più sovente si trovano insieme combinate la compressione e l'estrazione, sebbene si usi assai più per ragione di economia combinare il sistema di ventilazione per compressione col sistema dell'aspirazione a vece di quello per estrazione meccanica. Quello che si può ottenere per aspirazione utilizzando il calore che contengono ancora i gas della combustione (mediante un camino di ferro situato dentro al camino d'aspirazione), è inutile sia fatto dal ventilatore soffiante, il quale perciò può essere di dimensioni ridotte. Con tal sistema misto si raggiunge nel modo il più perfetto lo scopo, essendo che si è sicuri qualunque siano la estensione dell'impianto, la temperatura esterna e la stagione, di ottenere l'effetto desiderato.

Certamente l'impianto di una macchina con caldaia a vapore necessaria a mettere in moto il ventilatore, il riscaldamento dell'aria nel camino e il gran numero di regolatori nei condotti necessitano una certa complicazione ed esigono che il servizio sia affidato a persone intelligenti.

Cionondimeno, questo sistema riceve molteplici applicazioni, specialmente in grandi sale d'adunanze, teatri, ospedali, ecc.

*Dati generali.* — Occorre aggiungere alcuni dati che sono comuni a tutti i sistemi di ventilazione ora specificati.

Nelle stanze abitate (essendochè gli impianti industriali non sono compresi sotto questo punto di vista generale e nemmeno gli impianti grandi a compressione d'aria) l'entrata dell'aria pura di solito avviene ad altezza d'uomo, se l'aria è stata riscaldata al di fuori dell'ambiente; nel caso diverso, come già si è detto, si fa entrare nelle stanze dai caloriferi; e la quantità è regolata mediante valvola girante od a palette mobili.

Lo scarico dell'aria impura si fa mediante un condotto, il quale ha due aperture diverse che si chiudono separatamente, l'una vicino al suolo, l'altra al soffitto. La prima funziona nell'inverno nelle ore del giorno; la seconda nell'estate o quando nella stanza è accesa l'illuminazione a gas.

Non vogliamo tralasciare di accennare alla cosiddetta *ventilazione a fori*, la quale può essere ottenuta tanto col sistema di compressione che con quello ad aspirazione, secondo la quale, allo scopo di evitare le correnti d'aria, l'aria è fatta passare attraverso una grande quantità di piccoli fori per entrare nella stanza; il principio scientificamente è giustissimo, ma all'atto pratico è purtroppo pieno di difficoltà.

*Quantità d'aria occorrente.* — La quantità d'aria che occorre nei singoli casi è quella che decide delle dimensioni che deve avere l'impianto; generalmente sono adottate le norme seguenti raccolte da L. Degen; ossia si calcola per ogni ora:

*In Ospedali . . .	} per ammalati comuni . . . . .	60-70	m. cubi	
		} per feriti e donne ammalate		100
				} in caso di epidemia . . . . .
*In carcere . . . . .		50	»	
*In stabilimenti	} comuni . . . . .	60	»	
		} con aria impura . . . . .		100
				} nel giorno . . . . .
*In caserme . . . . .		40-50	»	
In teatri . . . . .		40-50	»	
In sale d'adunanze di lunga durata		60	»	
	» di breve durata . . . . .	30		
In scuole popolari . . . . .		12-15	»	
	» per adulti . . . . .	25-30		
*In stalle di diverse specie . . . . .		180-200	»	

Le cifre segnate coll'asterisco \* ci paiono tuttavia alquanto elevate.

(Continua).

## NECROLOGIA

**Emilio De Fabris**, n. 28 ottobre 1807, † 27 giugno 1883.

Figlio delle opere sue, cresciuto in mezzo alle difficoltà, faticò assiduamente ed intensamente, non per sé, ma per l'arte. Da giovane, per vivere e poter studiare, non disdegnò colorire persino le stampe; ma più tardi, quando credette manomessi gli interessi della scuola in cui insegnava, non esitò ad abbandonare il posto onorifico e l'impiego lucroso.

Allevato in un'atmosfera tutta classica, e dell'arte classica ardente fautore, sentì nondimeno le bellezze di quella medievale, e postosi a lavorare alla facciata di Santa Maria del Fiore, tanto la comprese, che l'opera sua fu dovuta lodare eziandio da coloro i quali dapprima erano contrari al progetto che egli ne aveva disegnato. E lavorò scrupolosamente, sicché in mano sua lo scarso danaro, destinato all'opera grandiosa, parve moltiplicarsi in modo prodigioso: e lavorò modesto, accettando con artistica fratellanza il concorso del tagliapietre, in cui aveva scoperto sopravvivere l'antico intuito estetico fiorentino.

L'onore di continuare il monumento d'Arnolfo, di Giotto, di Orcagna, di Talenti, fu veramente per lui un onore meritato.

F.

## NOTIZIE

**Sulle norme per la costruzione dei fabbricati in località soggette ai terremoti.** — Dai giornali si apprese che il Ministero dei Lavori pubblici sottopose all'esame del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici il quesito circa il miglior sistema per rendere sicuri i fabbricati nell'isola d'Ischia dai danni dei terremoti.

Fin dall'anno 1877 l'*Ingegneria Civile* s'occupò dell'argomento pubblicando una nota dell'ing. Luigi Pessò (pag. 136 del 1877), nella quale si parlava specialmente del modo praticato in Calabria per consolidare i fabbricati, e noi crediamo non del tutto inutile ricordare quella monografia a chi avesse interesse di leggerla.

Essenzialmente da quella memoria risulta che ad impedire lo sfasciamento dei fabbricati sono a prescriversi:

- 1° Abolizione delle volte;
- 2° Uso esclusivo di solai con travi di buona riquadratura;
- 3° Rilevante spessore dei muri;
- 4° Moderata altezza delle fabbriche (che non dovrebbero avere più di due piani, compreso il terreno);
- 5° Buon collegamento dei muri con catene di ferro;
- 6° E meglio ancora del collegamento con catene, intelaiature di legnami entro i muri delle case, nel modo che si pratica nelle Calabrie, e come è descritto nella monografia succitata.

L'esempio poi della costruzione delle città che vanno soggette a terremoti ha addimostato che la pianta delle città deve essere disposta a grandi e frequenti piazze, a vie larghe ed a case piuttosto basse. Catania, dopo le terribili scosse di terremoto di due secoli fa, venne rifabbricata in tal modo.

G. S.

**La forza d'adesione del cemento Portland.** — Il sig. Isaac John Mann ha presentato uno studio su questo argomento alla *Institution of Civil Engineers*; e questa, in considerazione della sua importanza, l'ha fatto pubblicare.

Il signor Mann osserva che, in generale, pel cemento non si sperimenta che la forza coesiva. Si fanno mattonelle o di cemento puro, o di cemento mescolato con sabbia, e, dopo averle lasciate per 7-28 giorni nell'acqua, si sottopongono alla rottura per tensione. Siccome però la funzione principale del cemento è di convertire materiali sciolti e disgregati in un corpo solido, così pare che la sua resistenza alla tensione sia un indizio fallace del suo valore, a meno che si ritenga che quella coincida colla sua forza adesiva.

L'autore preferisce di sottoporre a prova l'aderenza prodotta fra due lamine di pietra calcare segate, o due lamine di vetro pulite munite di un sottile strato di cemento. Il passaggio dalla prova delle mattonelle di cemento e sabbia a questa non è così forte come potrebbe sembrare a primo aspetto. Nella prima si impiegano molti piccoli pezzi di pietra sotto forma di sabbia, nella seconda si hanno due pezzi soli e così la prova riesce più semplice e meglio definita. Colla sabbia si fa una prova, in proporzione non bene definibile, della coesione e dell'adesione.

Il cemento che si trova in commercio consiste di un miscuglio di una polvere quasi impalpabile con particelle più grossolane molto inerti e incapace di sviluppare una forza cementizia considerevole nei limiti di tempo assegnati in generale alle prove

Non si può porre in dubbio che la resistenza che il cemento ordinario presenta in un determinato punto debba dipendere dalla posizione accidentale di queste particelle più grossolane rispetto alla superficie cementale; e perciò è necessario che una delle prove sia fatta con cemento privo di tali particelle.

Il Mann studiò dapprima il grado di polverizzazione necessario per convertire i noccioli non macinati in cemento attivo, e fece a questo uopo numerose esperienze. Da queste fu condotto a concludere che per una prova di 7 giorni le particelle di cemento arrestate da uno staccio N. 176 (1) hanno poca o punto forza cementizia dopo quel periodo di tempo, e che spingendo fino a 28 giorni il tempo della prova, la forza delle particelle di cemento arrestate dallo staccio N. 176 varia da 0 a 20 libbre per pollice quadrato a seconda delle fabbriche, e che tale resistenza aumenta lentamente per periodi più lunghi. Volendo trarre una conclusione generale da queste esperienze si potrebbe dire che la forza cementizia delle particelle grossolane si sviluppa molto più lentamente di quella delle particelle fine. È così dimostrata la necessità di spingere molto la polverizzazione. Per esempio, le particelle che possono passare attraverso a uno staccio N. 103 (10,600 fori per pollice quadrato) hanno meno di 1/5 della forza cementizia di quelle che passano attraverso ad uno staccio N. 176. Il grado medio di polverizzazione del cemento ordinario è tale che il 45,6 % è arrestato dallo staccio N. 176.

Mann determinò poi la forza cementizia delle particelle fini. A quest'uopo fece passare il cemento dallo staccio N. 176. La polvere finissima così ottenuta faceva presa in 40-5 ore all'aria. Dopo 7 giorni d'immersione la media di 62 saggi diede una forza adesiva di 78 libbre per pollice quadrato, e dopo 28 giorni 38 saggi diedero una media di 93 libbre. La massima forza misurata fu di 204 libbre per pollice quadrato dopo 15 mesi (\*).

Provando il cemento quale era fornito dal commercio dopo 7 giorni la forza cementizia media fu di 75 libbre per pollice quadrato, la minima 51 libbre, e la massima 76 libbre. Dopo 28 giorni la forza media risultò di 78 libbre, la minima 69, la massima 108, sempre per pollice quadrato. Tutti i cementi sperimentati sottoposti alle prove per coesione risultarono di buona qualità. Si può concludere, in generale, che la forza cementizia del cemento stacciato è del 37 % superiore a quella del cemento ordinario dopo 7 giorni, del 20 % dopo 28 giorni, del 18 % dopo 13 settimane.

La relazione fra la forza coesiva e l'adesiva o cementizia del cemento puro, se pure esiste, sembra essere molto oscura, come si può arguire dal fatto che la presenza di particelle grossolane entro certi limiti aumenta la prima e diminuisce la seconda. I seguenti esempi serviranno a dimostrare che la prova ordinaria dopo 7 giorni della forza coesiva di un cemento non può servire di base per dedurre la forza adesiva.

Q U A L I T À					Forza media in libbre per pollice quadr.	
					adesiva	coesiva
1	Cemento ordinario	dopo 7 giorni			59	532
2	Id.	id.			51	336
3	Cem. passato allo staccio N. 176,	dopo 7 giorni			94	428
4	Id.	id.	id.	id.	57	345
5	Id.	id.	id.	id.	65	500
6	Id.	id.	id.	dopo 28 giorni	105	500
7	Id.	id.	id.	id.	109	387
8	Id.	id.	id.	id.	84	428
9	Id.	id.	id.	id.	110	309
10	Id.	id.	id.	id.	85	320

Dallo studio dell'influenza che ha la rapidità della presa sulla forza adesiva che il cemento è capace di sviluppare nei limiti di tempo ordinariamente adottati per le prove, risulta che, tolte una o due eccezioni, il cemento di rapida presa manifesta una forza adesiva maggiore di quello di lenta presa, mentrè che per la forza coesiva sembra che il primo si comporti in modo opposto.

Per determinare il tempo occorrente alla presa, Mann procedeva nel seguente modo: un ago verticale, d'acciaio, mobile libe-

(1) Ossia avente 176 fili per pollice lineare, equivalenti a 31005 fori per pollice quadrato. È lo staccio più fino, fatto con filo di seta, che si adopera. Il pollice quadrato inglese equivale a cent. quad. 6,45.

(\*) Una libbra sul pollice quadrato equivale a Cg. 0,070264 sul centimetro quadrato; epperò 204 libbre per pollice quad. equivalgono a Chilogr. 14,33 per cent. quadrato.

ramente fra guide, colla punta smuzzata del diametro di 1/16 di pollice, era caricato del peso di una libbra. Quando la pressione dell'ago non lasciava traccia visibile sulla superficie del cemento si riteneva che questo avesse fatto presa.

La pressione esercitata dall'ago caricato corrisponde approssimativamente a quella dell'unghia, ma ha il vantaggio d'essere meglio definita e più sicura.

La forza d'adesione del cemento Portland alle varie sostanze varia considerevolmente; però la natura più o meno rozza delle superficie da cementare ha un'influenza minore di quello che generalmente si suppone.

Le esperienze e le deduzioni dell'autore possono così essere riassunte:

1° Che il miglior modo di determinare la potenza cementizia, e quindi il valore vero, del cemento Portland è di misurarne la forza adesiva;

2° Che il grado di polverizzazione è probabilmente l'unica altra condizione da imporre. Questa esige la determinazione di uno staccio tipo;

3° Che uno staccio N. 176 (ossia con 176 fili per pollice lineare) è sufficiente per ogni caso nella pratica.

Adottando la sostituzione della prova della forza adesiva a quella in uso per l'accettazione del cemento Portland, si dovrebbe stabilire che: « il cemento sia macinato in modo che non oltre il 45 % sia trattenuto dallo staccio di seta N. 176, e che la sua forza adesiva, dopo 28 giorni d'immersione, sia di 95 libbre per pollice quadrato per il cemento passato allo staccio suddetto, e non meno di 75 per quello ordinario ».

(Giornale di Artiglieria e Genio).

Sono pervenute alla Direzione le seguenti pubblicazioni dai loro Autori od Editori:

— La recente discussione della legge: Disposizioni intese a promuovere le irrigazioni. — Lettere dell'Ingegnere Ettore Paladini alla « Perseveranza ». — Op. in 8° di pag. 16. — Milano, 1883.

— Il Porto di Savona e la Strada ferrata del Piemonte. — Considerazioni e proposte dell'Ingegnere Carlo Gallarini Sordi. — Traccia di una nuova strada ferrata fra Torino e Savona, per gli Ingegneri C. Gallarini Sordi e G. B. Cassinis. — Op. in 8° di pag. 42 con planimetria ed altimetria. — Savona, 1883. — Prezzo L. 2.

— Nuovo metodo per filettare, che permette di calcolare con rapidità le ruote da fissarsi sul tornio per costruire qualunque passo di vite, ecc., per J. Bocquet, Ing. in capo dei lavori alla Scuola Municipale degli Apprendisti a Parigi. — Versione dal francese di G. Berti Calura. — Op. in 16° di pag. 48 con 1 tav. — Firenze, 1883. — Prezzo L. 1,20.

— Sulla trasmissione del movimento fra due assi qualunque. — Nota dell'Ing. Scipione Cappa. — Dagli Atti dell'Accademia delle Scienze. — Op. in 8° di pag. 10 con figure. — Torino, 1883.

— Manuale di cinematica applicata. — Nuova classificazione dei meccanismi, dell'Ing. Francesco Masi, libero docente di meccanica applicata nella R. Scuola di applicazione degli Ingegneri di Bologna. — Op. in 8° di pag. 250 con 17 tavole. — Bologna, 1883.

— La question du feu dans les théâtres, par M. D. V. Piccoli. — Extrait des Mémoires de la Société des Ingénieurs civils. — Op. in 8° di pag. 24. — Paris, 1883.

— Sopra una nuova linea ferroviaria direttissima da Torino a Savona per Alba e Cortemiglia. — Memoria agli enti interessati, degli Ingegneri Modesto Soleri e Costanzo Molineris. — Op. in 8° di pag. 24 con una planimetria. — Cuneo, 1883.

— I prodotti minerali della provincia di Roma. — Cenni di Lamberto Demarchi, Ingegnere nel R. C. delle miniere. — Op. in 8° (estr. dagli Annali di statistica del Ministero di agricoltura, industria e commercio) di pag. 117. — Roma, 1882.

— Ministero di agricoltura, industria e commercio. — Annali di agricoltura, 1883. — Relazione sul Servizio minerario nel 1880. — Op. in 8° di pag. 326. — Roma, 1883.

— Sopra un modo per determinare graficamente l'area delle figure piane. — Nota dell'Ing. Vittore Gattoni, Professore di geometria pratica e costruzioni nel R. Istituto tecnico di Reggio-Calabria. — Op. in 8° di pag. 15 con una tavola. — Casale, 1883.

— Sulle linee ferroviarie di raccordo al traforo del Gottardo nel migliore interesse della città di Torino. — Memoria dell'Ing. Edoardo Piana, letta ed approvata dalla Società degli Ingegneri e Industriali di Torino. — Op. in 4° di pagine 8 con planimetria delle diverse linee progettate o proposte. — Torino, 1883.

Fig. 1. Sezione longitudinale di metà del ponte.

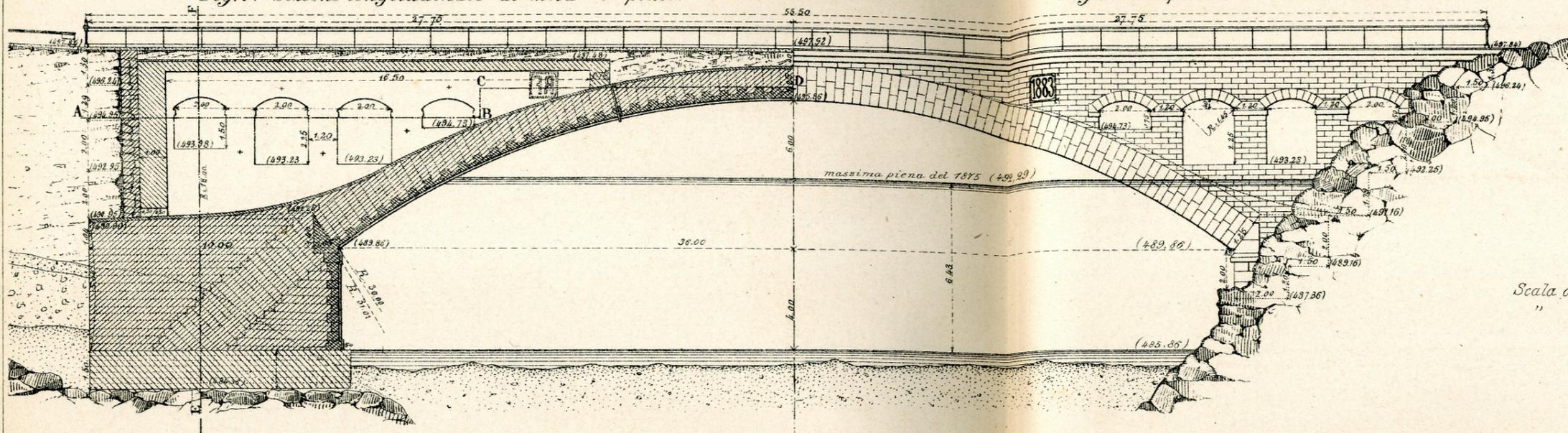


Fig. 2. Prospetto.

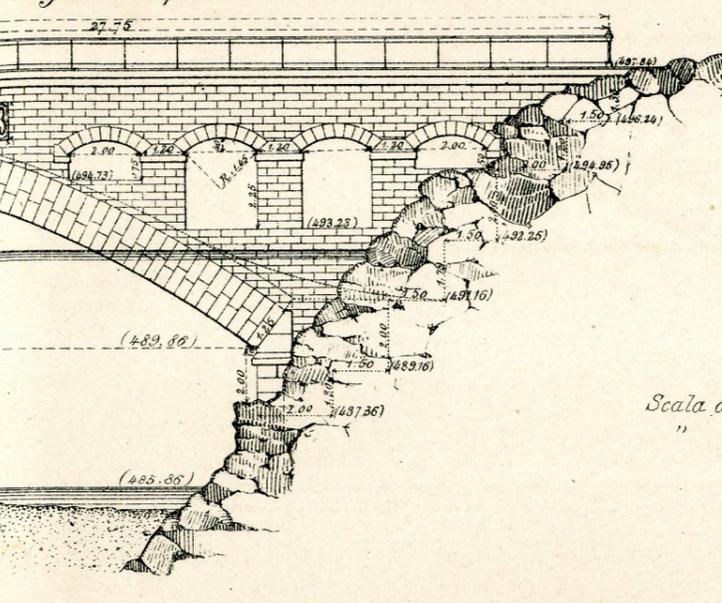


Fig. 7. Curva delle pressioni.

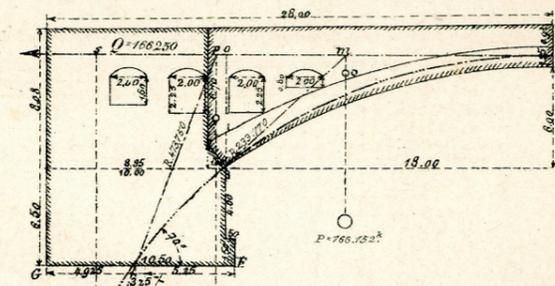
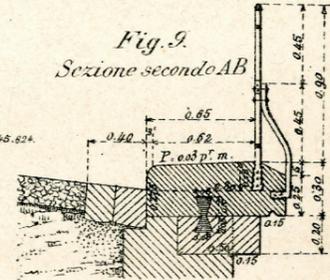
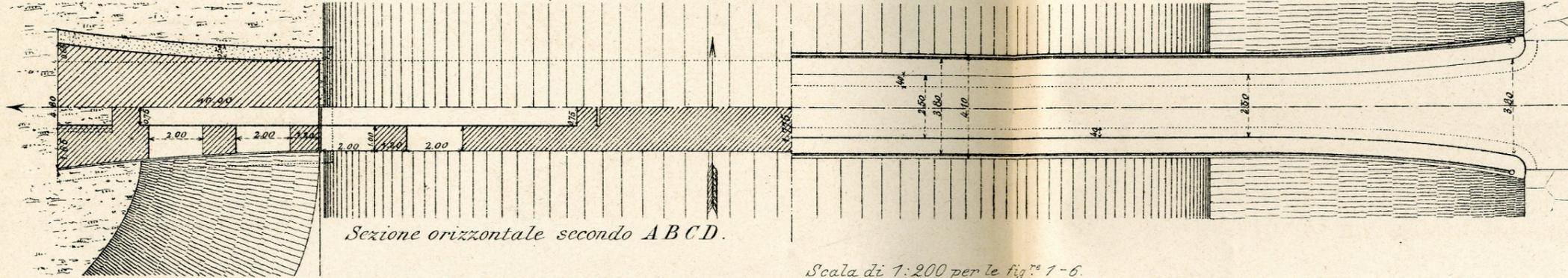


Fig. 9. Sezione secondo AB.



Scala di 1:400 per il ponte.  
" 1:4000 per le forze.

Sezione orizzontale al piano delle fondazioni. - Fig. 3. -



Pianta ad opera finita.

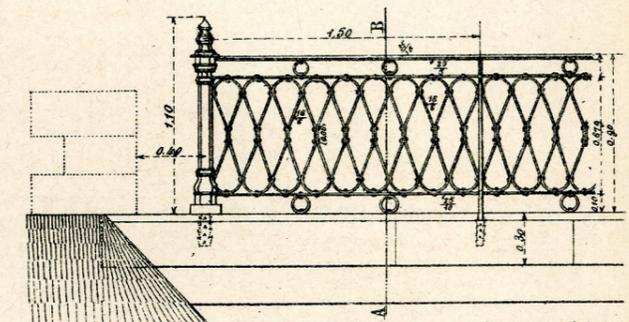
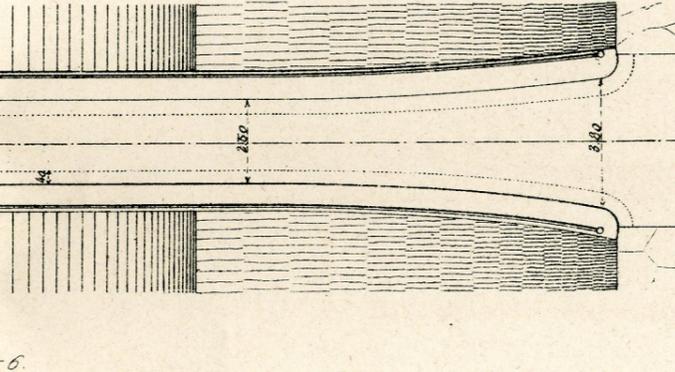


Fig. 8. Particolare della ringhiera.

Sezione orizzontale secondo ABCD.

Scala di 1:200 per le fig. 1-6.  
" 1:40 per le fig. 8 e 9.

Fig. 4. Prospetto d'una centina dell'armatura.

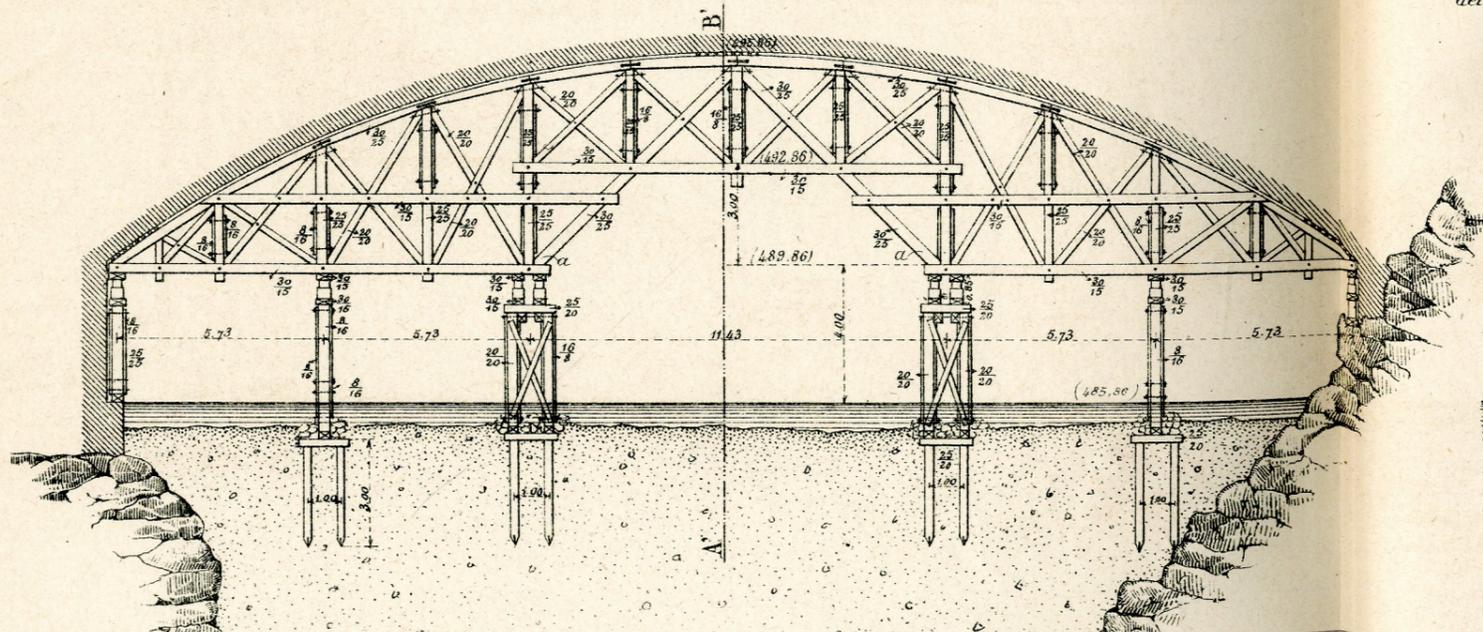


Fig. 5. Sezione trasversale dell'armatura secondo A'B.

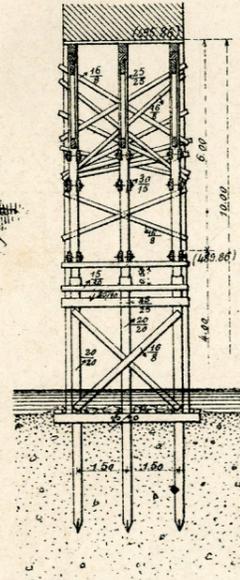


Fig. 6. Sezioni trasversali

