

L'INGEGNERIA CIVILE

E

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO QUINDICINALE

Si discorre in fine del Fascicolo delle opere e degli opuscoli spediti franchi alla Direzione dai loro Autori od Editori.
È riservata la proprietà letteraria ed artistica delle relazioni, memorie e disegni pubblicati in questo Periodico.

ESPOSIZIONE UNIVERSALE DEL 1900 A PARIGI

LE COSTRUZIONI METALLICHE MODERNE NEI LORO RECENTI PROGRESSI.

(Continuazione)

II.

Le strutture metalliche delle gallerie principali dell'Esposizione.

Gli edifi principali della Spianata degli Invalidi e del Campo di Marte, che coprono complessivamente 28 ettari di terreno, risultano ciascuno dal raggruppamento di più gallerie parallele coperte da centine reticolari, che si appoggiano e mutuamente si contrastano in corrispondenza dei piedritti metallici. Questa disposizione imposta dalla necessità di frazionare l'area coperta, e ricavar così, in uno spazio ritenuto *a priori* insufficiente, il posto richiesto dall'enorme quantità delle domande di oggetti presentati, offrì al tempo stesso la soluzione più semplice per costruire a 7 m. dal suolo, in una serie di ballatoi, un secondo piano, con cui si poté aumentare l'area disponibile senza danneggiare la grandiosità dell'insieme, permettendo ad un tempo di godere quasi in ogni punto del piano terreno la vista dell'edificio in tutta la sua altezza.

A tale scopo fra le navate maggiori si intercalarono gallerie di piccola luce, e si limitò ad esse il piano superiore, appoggiandolo su travi inchiodate ai piedritti delle centine, con vantaggio notevole per la rigidità di tutta la costruzione.

Fu anche facile ottenere partiti decorativi di buon effetto e della massima semplicità, facendo sporgere il primo piano a guisa di balconata sulle gallerie, o interrompendolo per creare atrii più spaziosi sormontati da cupole metalliche, o congiungendone i singoli riparti con passerelle gettate sulle grandi corsie longitudinali.

Le incavallature ricordano per la maggior parte i tipi dell'ing. Dion, che presero tanto sviluppo in Francia dopo le applicazioni ch'egli ne fece all'Esposizione del 1878 (1). Il loro aspetto elegante e leggero, dovuto allo spazio libero che lasciano al di sopra delle imposte ed alla possibilità di abbassare il piano della copertura fino al dorso dei correnti superiori delle centine, ne ha fatto il tipo tradizionale delle gallerie da esposizione.

Il Commissariato francese, adottandolo, ha saputo trasformarlo convenientemente per ottenere l'indispensabile varietà di motivi, senza menomarne i pregi; anzi in alcune felici disposizioni, alle quali spetta anche il merito della novità, è riuscito ad accentuarne i vantaggi.

(1) Cfr. SACHERI, *Le costruzioni moderne all'Esposizione di Parigi del 1878.*

*

Gli edifi principali della Spianata degli Invalidi sono disposti su due linee quasi perpendicolari all'asse del fiume, come indica la pianta della fig. 84; fra di esse si svolge l'*Avenue* che dal ponte Alessandro III conduce all'*Hôtel des Invalides*. Il metallo ne forma l'intelaiatura ed appare solo all'interno, mentre all'esterno uno *staff*, applicato su di un'ossatura di legno, simula una costruzione muraria riccamente decorata con affreschi e sculture.

Gli edifici sono poi divisi, secondo la destinazione, in tre gruppi, ciascuno dei quali risulta di due palazzi affacciati e simmetrici rispetto all'asse della Spianata.

*

Il primo gruppo adiacente alla Senna, denominato *Palazzo delle Manifatture nazionali*, risulta di due ali parallele al corso del fiume di 50 m. circa di lunghezza e di due corpi di fabbrica allineati sull'*Avenue Nicolas II*. Ciascuno di questi termina con un padiglione P (fig. 84) su pianta rettangolare di m. 20,31 × 23, fiancheggiato da due gallerie, una coperta da incavallature inglesi di 15 m. di portata, l'altra da centine Dion di 12 m. di luce che appaiono chiaramente nella sezione trasversale secondo GH della fig. 86.

Le costruzioni metalliche dell'intero edificio furono eseguite da J. Leclair, e richiesero l'impiego di 1900 tonn. di acciaio. Il tetto del padiglione ne costituisce la parte più rimarchevole: esso è portato da due capriate diagonali di m. 30,68, poggianti sui 4 piedritti d'angolo, e da 4 altre travature parallele ai lati della base, sorrette da 8 pilastri intermedii, ed è controventato per mezzo di tiranti di collegamento, accennati nella pianta schematica della fig. 85 con linee punteggiate.

Le centine diagonali sono travi reticolari col profilo superiore rettilineo inclinato come le falde del tetto, e l'inferiore piegato ad arco, in modo che la massima altezza della travatura ha luogo in corrispondenza dei piedritti, la minima al vertice.

L'aspetto leggerissimo della costruzione, dovuto alla disposizione accennata, non va disgiunto da una perfetta garanzia di stabilità; poichè ogni mezza incavallatura si comporta quasi come una mensola rigidamente fissata ad un estremo e libera all'altro, che trasforma l'azione dei carichi insistenti sul tetto in un momento d'incastro sollecitante il robusto telaio che cinge i piedritti.

*

Il secondo gruppo è formato dai due *Palazzi di mezzo del Mobilio*; quello, situato dalla parte di *Rue Constantine*, alla sinistra di chi volge le spalle alla Senna, accoglie i prodotti della manifattura francese; l'altro, prossimo alla *Rue Fabert*, è occupato dalla Mostra delle altre nazioni.

Il primo, di cui la fig. 87 rappresenta la sezione fatta secondo AB, copre un'area di m. 50 × 215, e risulta essenzialmente di una navata centrale di 23 m. di luce, fiancheggiata da due gallerie, l'una di 9 m., l'altra di 12 m., e suddivisa da passaggi trasversali, che interrompono la pro-

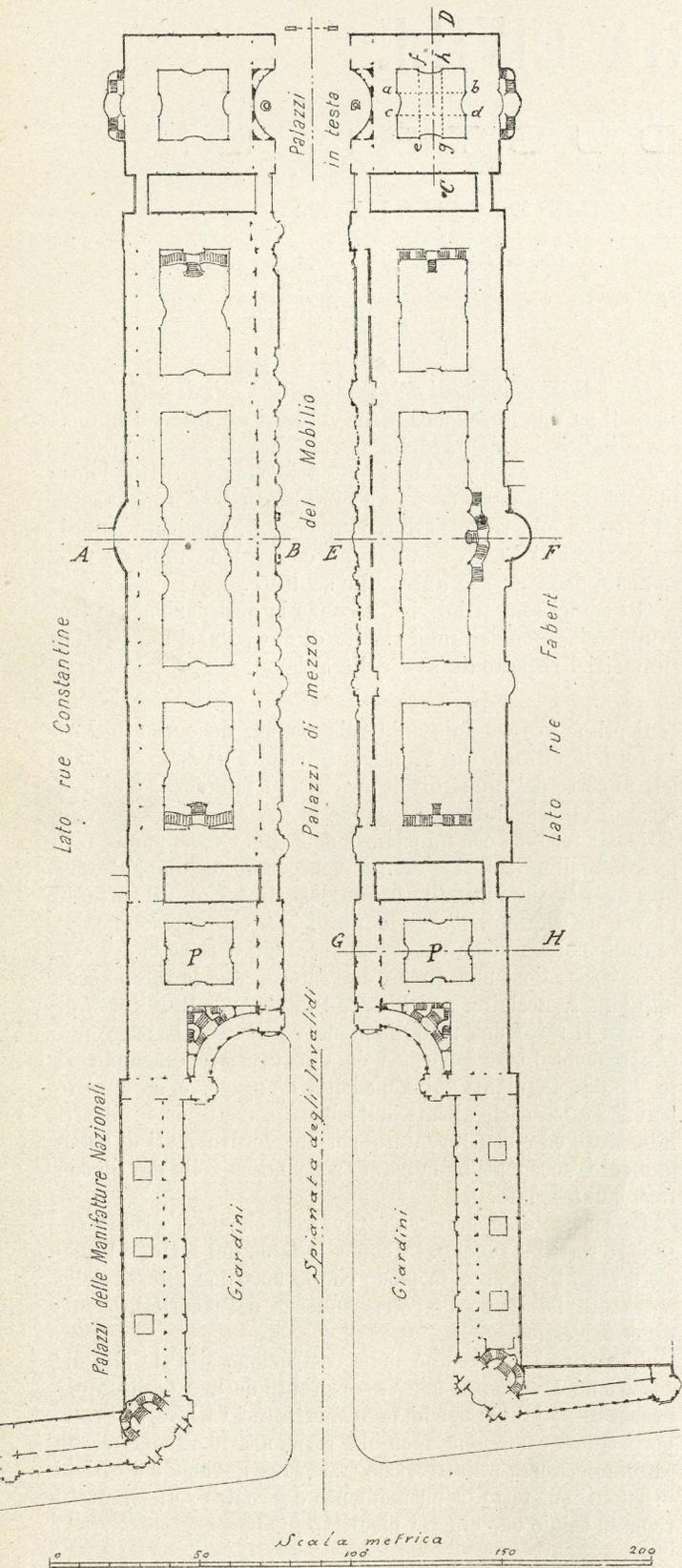


Fig. 84. — Planimetria degli edifici principali della Spianata degli Invalidi.

spettiva, troppo lunga e monotona in tre atrii, gli estremi di m. 41,50, l'intermedio di 84 m. In quest'ultimo, 10 centine del tipo descritto, spaziate di m. 7,67, reggono le falde del tetto, lasciando nel mezzo uno spazio a base quadrata di 23 m. di lato coperto da un'elegante cupola a vetri.

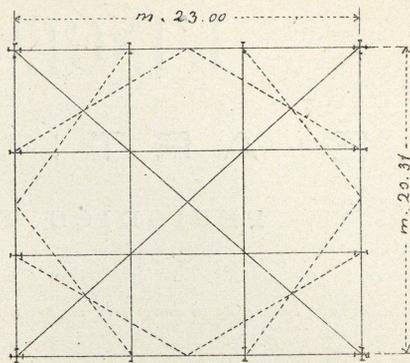


Fig. 85. — Pianta delle incavallature dei padiglioni P nel Palazzo delle Manifatture Nazionali.

Quasi perfettamente analogo per le dimensioni e per la disposizione interna, il palazzo situato dalla parte di *Rue Fabert* (fig. 88) differisce da quello descritto soltanto per l'assenza del padiglione quadrato nell'atrio centrale.

A evitare però la ripetizione stucchevole di uno stesso motivo, le centine normali sono sostituite di tanto in tanto da archi reticolari a pieno centro di bellissimo effetto.

La costruzione di questo edificio fu affidata a M. Schmid, ed occorsero 1564 tonn. di acciaio.

*

Il terzo gruppo, costituito dai *Palazzi in testa* della Spianata degli Invalidi, i quali accolgono i prodotti della gioielleria e delle piccole industrie ornamentali, comprende, come il precedente, due padiglioni simmetrici: uno per la Mostra francese, l'altro per le nazioni estere. Ciascuno, come appare dalla sezione data dalla fig. 89, risulta di una galleria di m. 10,10 di luce, che circonda l'atrio centrale su base rettangola di m. 24,60 \times 25,20. Quattro incavallature reticolari *ab*, *cd*, *ef*, *gh* (vedi fig. 84) parallele a due a due ai lati della base e rigidamente unite nei punti d'incontro, reggono il coperto, senza che occorranò nè centine diagonali, nè controventi.

Ognuna è composta di due travi inclinate *eE*, *Ff* riunite da un tratto orizzontale *EF*, che corrisponde al lucernario sovrastante; cosicchè sotto il tettuccio rialzato nel centro c'è un telaio quadrato, costituito dalle porzioni centrali delle quattro incavallature.

I costruttori Baudet, Donon e Comp. impiegarono 765 tonnellate di acciaio per eseguire la parte metallica di questi padiglioni.

*

Il peso di ferro impiegato nella costruzione degli edifici descritti per ogni m² di superficie coperta ammonta a kg. 170 per i Palazzi delle Manifatture Nazionali, a kg. 163 per quelli del Mobilio ed a soli kg. 146 per quelli in testa alla Spianata. I valori alquanto elevati di questi rapporti dipendono dal peso non indifferente di metallo adoperato nella costruzione dei solai che reggono il 1° piano; tanto è vero che nell'ultimo edificio citato, ove la superficie da essi occupata è relativamente minore, il rapporto dedotto è assai più piccolo.

*

Gli edifici principali nel Campo di Marte coprono un'area vastissima in forma di U, che si stende dalla torre Eiffel all'*Avenue de la Motte Picquet*. Il lato corto è occupato dall'antica ex-Galleria delle Macchine, dalle due tettoie per le batterie dei generatori del vapore in azione, dalla nuova Galleria delle Macchine, costruita in buona parte colle centine dell'atrio che conduceva al *Dôme central* nell'Esposizione

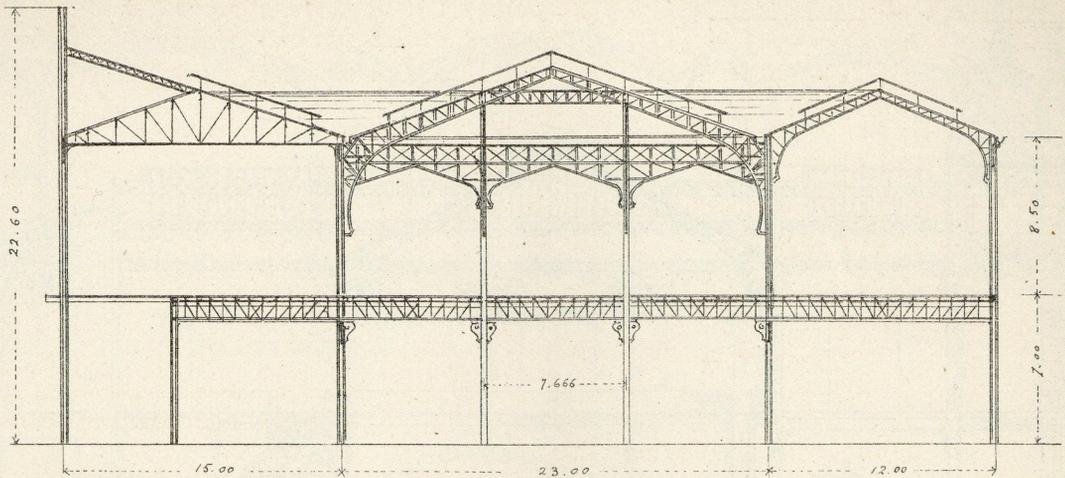


Fig. 86. — Sezione trasversale secondo G H del Palazzo delle Manifatture Nazionali.

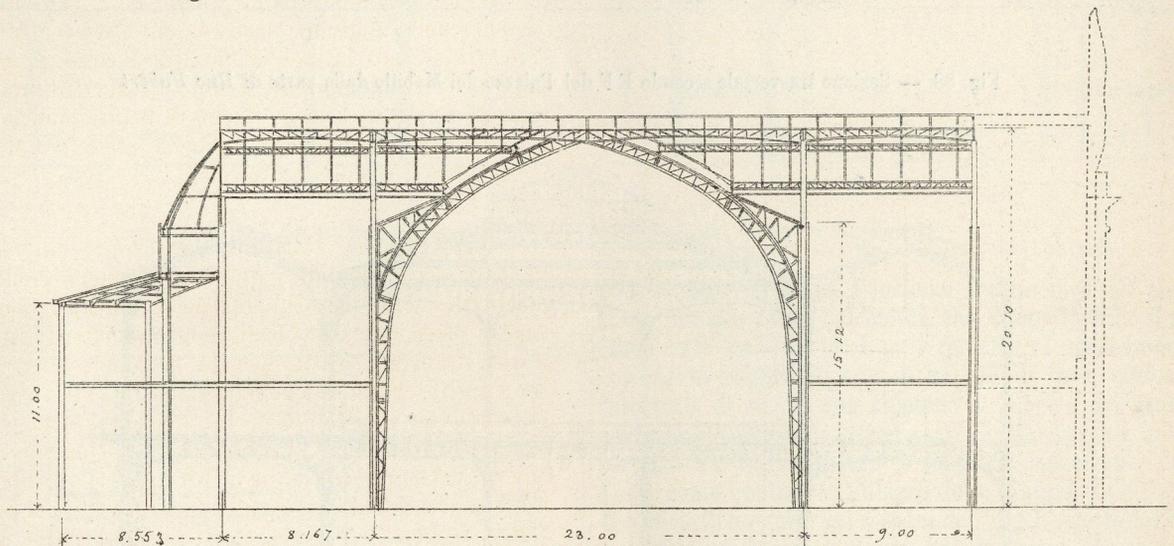


Fig. 87. — Sezione trasversale secondo A B del Palazzo del Mobilio di parte della Rue Constantine.

del 1889 e dal fantastico *Palazzo dell'Elettricità*. Tutte queste costruzioni, e l'ultima in modo speciale, meritano per i loro caratteri singolari una descrizione particolareggiata ed uno studio attento.

Invece i padiglioni allineati sui due lati lunghi e paralleli, che fiancheggiano le *Avenues de la Bourdonnais* e *de Suffren*, furono eseguiti con criteri analoghi a quelli che servirono di guida nella costruzione degli edifici sulla Spianata degli Invalidi; è quindi sufficiente per essi un rapido cenno.

Ognuno dei due bracci di fabbrica si divide in tre gruppi, ciascuno dei quali, per le dimensioni della pianta e per le linee generali dell'insieme, è il simmetrico di quello che gli sta affacciato. Cosicché, procedendo dagli edifici più vicini alla Senna verso il *Château d'eau*, si incontrano successivamente: a sinistra il *Palazzo delle Miniere e della Metallurgia*, cui corrisponde a destra quello dell' *Educazione, dell'Insegnamento e dei Processi generali delle Lettere, Scienze ed Arti*; poi il *Palazzo dei Filati, Tessuti e Vestimenti* e dirimpetto ad esso quello del *Genio Civile e dei Mezzi di trasporto*; finalmente il *Palazzo dei Materiali e Procedimenti della Meccanica*, e quello delle *Industrie chimiche*.

*

Il *Palazzo delle Miniere e della Metallurgia*, costruito dalla Casa Nicolle e Dubois su disegni dell'ing. Louis Varcollier, copre un'area di m. 120 di larghezza e 132,96 di

lunghezza, misurata parallelamente all'asse del piazzale, sul quale si allinea il grandioso portico di facciata, che dissimula le costruzioni metalliche dei padiglioni. Essi, come indicano chiaramente la pianta (fig. 90) e la sezione trasversale (fig. 91), risultano di due gallerie di 27 m. e di una terza di m. 18, separate l'una dall'altra da corsie di 9 m. di larghezza. In queste si svolgono i ballatoi del piano superiore, che si estendono alla piccola galleria periferica, la quale fiancheggia l'*Avenue de la Bourdonnais* fino all'estremità del Palazzo, ove si ripiega parallelamente alla Senna. Quasi nel centro dell'edificio, sull'asse della galleria di mezzo di 27 m., si eleva una sala su pianta ottagonale di 45 m. di diametro, sulla quale convergono una galleria trasversale, anch'essa di 27 m., ed un passaggio obliquo che conduce alla rotonda di entrata. La copertura è sorretta da 8 centine, che si aggruppano sul telaio del lucernario, e si raccorda benissimo coi tetti delle corsie adiacenti.

Notevoli le capriate delle gallerie, tutte del tipo reticolare, col corrente inferiore piegato secondo una curva a tre centri tangente ai piedritti metallici, e il contorno superiore disposto a spezzata trilatera, col lato intermedio orizzontale ed i lati estremi inclinati come le falde del tetto.

Il tipo ricorda le incavallature dell'atrio centrale dei Palazzi in testa della Spianata degli Invalidi (fig. 89); ma è meno elegante, poiché la travatura ha quasi la medesima altezza tanto alle imposte quanto alla chiave.

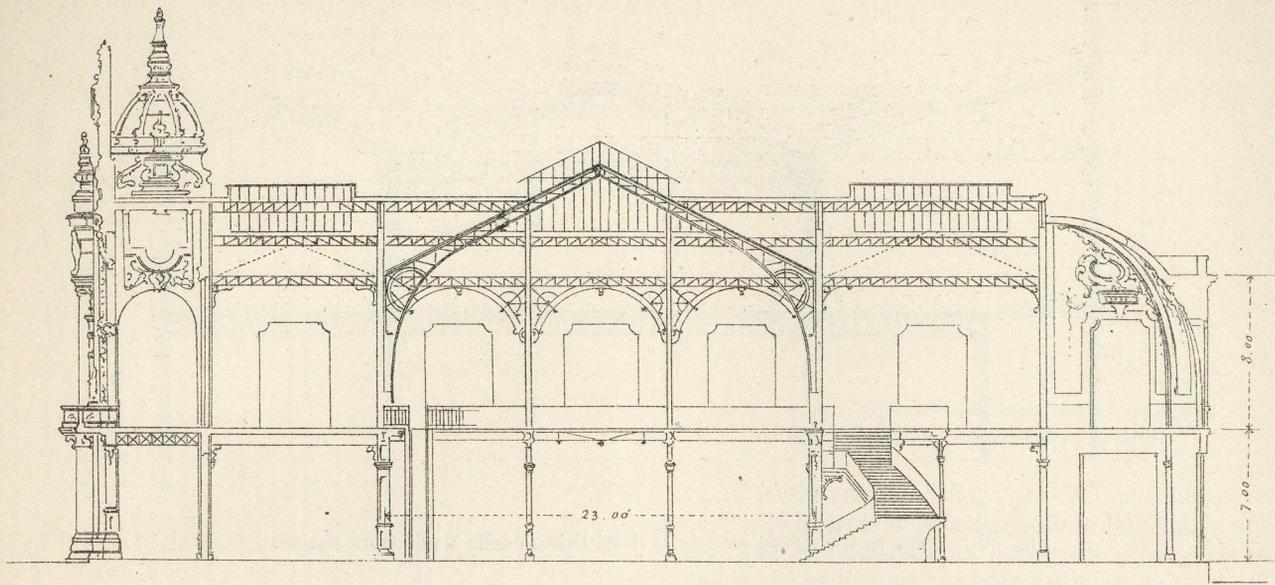


Fig. 88. — Sezione trasversale secondo EF del Palazzo del Mobilio dalla parte di Rue Fabert.

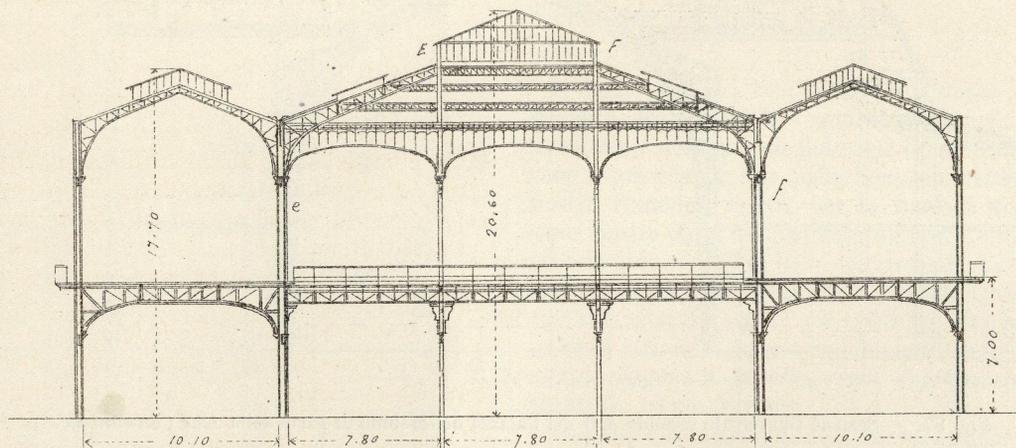


Fig. 89. — Sezione secondo CD di uno dei Palazzi in testa alla Spianata.

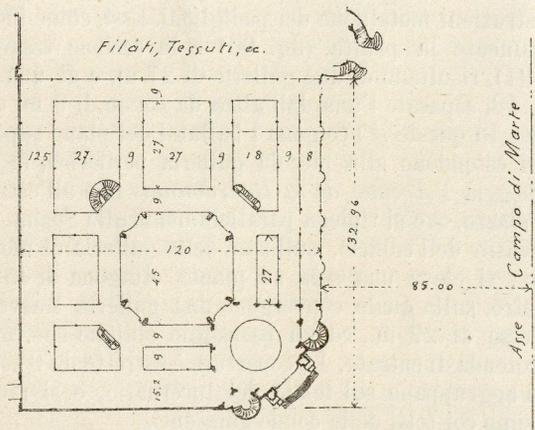


Fig. 90. — Pianta del Palazzo delle Miniere e della Metallurgia.

Inoltre l'effetto di insieme è peggiorato dalle robuste travi a traliccio, che nelle tre gallerie di maggiore ampiezza corrono da centina a centina, collegandosi a ciascuna di esse in corrispondenza dei montanti *a, b* (fig. 91), sui quali insistono i peducci estremi del lucernario. Con tale disposizione si offre un appoggio ai falsi puntoni che si alternano colle incavallature, e riducono a metà la portata degli arcarecci.

*

Il Palazzo dei Filati, Tessuti e Vestimenti, che occupa una superficie di 36.000 mq., forma continuazione all'edificio descritto, di cui riproduce la disposizione interna, salvo alcuni cambiamenti imposti dalla sua maggiore larghezza verso il piazzale. Essi consistono nella sostituzione di una galleria di 27 m. a quella che nel Palazzo delle Miniere e della Metallurgia ha una luce ridotta di m. 18, e nelle due corsie della larghezza complessiva di m. 10, che fiancheggiano il portico di facciata invece del passaggio di 9 m.

La pianta data nella fig. 93 e la sezione trasversale data dalla fig. 92 pongono in evidenza questa disposizione.

La setteplice navata, in cui a m. 7 dal suolo si svolgono i 4 ballatoi del primo piano, è separata dal Palazzo della Meccanica, che la segue, per mezzo di una galleria di m. 9 di luce e da quello delle Miniere con un'altra di m. 29,40: una terza galleria trasversale di m. 27, fiancheggiata da due corsie di m. 9, l'attraversa, partendo dall'entrata dell'Avenue Rapp, e forma un grandioso atrio S nel mezzo, sorretto da una cupola metallica di m. 45 di lato.

Gli archi reticolari a pieno centro, che ne sostengono il tetto, esili alla chiave e robusti sugli appoggi, sono rigidamente uniti ai piedritti estremi delle gallerie, che sboccano

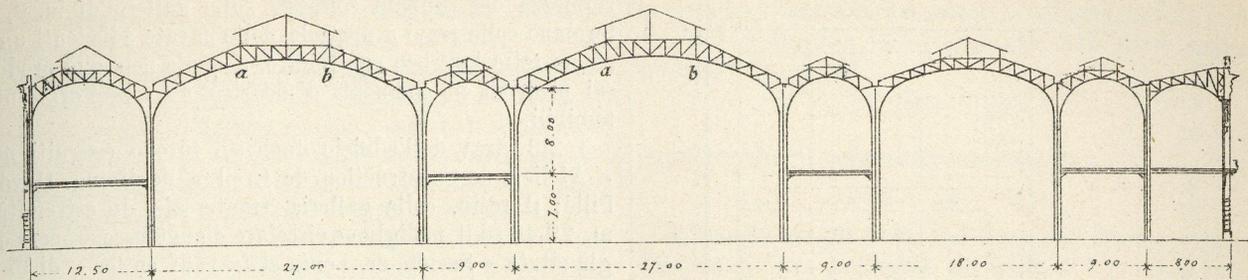


Fig. 91. — Sezione trasversale del Palazzo delle Miniere e della Metallurgia.

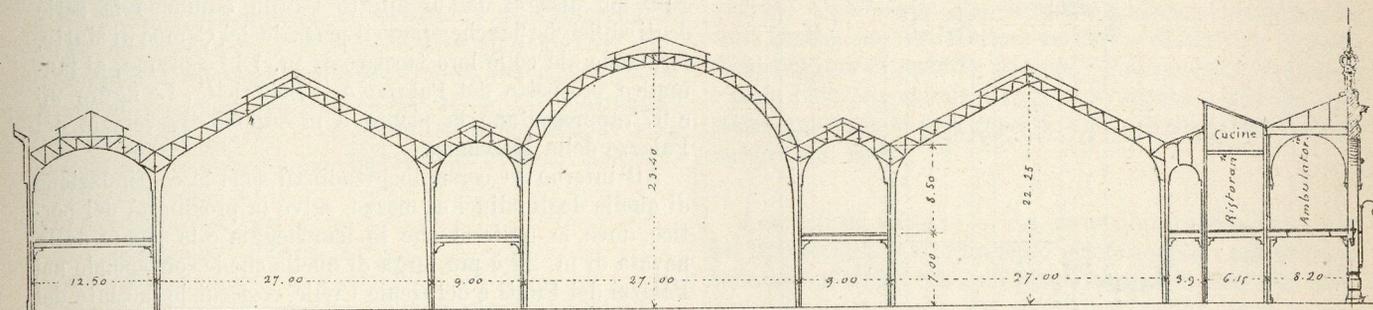


Fig. 92. — Sezione trasversale del Palazzo dei Filati, Tessuti e Vestimenti.

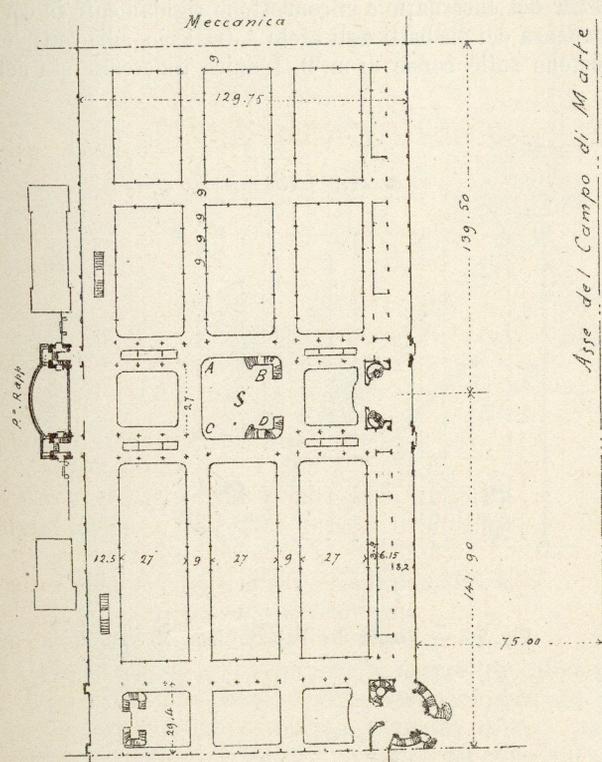


Fig. 93. — Pianta del Palazzo dei Filati, Tessuti e Vestimenti.

sui 4 lati della sala, e si incrocciano a m. 18 dal piano d'imposta in corrispondenza ai punti A B C D della pianta, reggendo i montanti di angolo del grandioso lucernario, che raggiunge l'altezza di m. 52 sul suolo.

Un particolare notevolissimo è l'incroccchio delle travate, nel quale gravi difficoltà costruttive furono superate con ottimo successo.

L'aspetto di tutto l'insieme è armonico ed elegante; tanto più che dalla balconata, che cinge l'atrio, si abbracciano collo sguardo le 4 gallerie, che vi concorrono, tutte coperte da centine ad arco di m. 27 di luce, collocate ad intervalli di m. 9, che ripetono il motivo del padiglione centrale. Il tetto delle altre navate di grande portata è invece sorretto da incavallature a mensole concorrenti del tipo Dion, come quelle del Palazzo delle Manifatture Nazionali. L'edificio fu eseguito sui disegni dell'ing. Blavette dai costruttori Moisant, Laurent, Savey e C. di Parigi, che ne fabbricarono la parte adiacente al Palazzo della Meccanica e la cupola centrale, impiegandovi 2980 tonn. di acciaio; il rimanente fu costruito dalla « Société des ponts et travaux en fer ».

Simmetrico all'edificio descritto, il *Palazzo del Genio Civile e dei Mezzi di trasporto* copre un'area di m. 129,50 \times 281,40. Esso presenta la medesima disposizione interna, all'infuori della cupola centrale sostituita, economicamente e con felicissimo effetto, dall'atrio A (fig. 94) formato nell'incontro della navata longitudinale di mezzo di m. 27, colla galleria trasversale di uguale ampiezza, che fa capo all'entrata del palazzo.

L'architetto accrebbe la grandiosità di questo atrio, sopprimendo le gallerie di m. 9, che fiancheggiano la navata longitudinale, e facendo retrocedere nel tratto di mezzo quelle che accompagnano la galleria trasversale, per collocarvi quattro scaloni di accesso al piano superiore.

Ma la parte più lodevole delle costruzioni consiste nelle incavallature leggiadrissime rappresentate schematicamente nella fig. 95, che si svolgono in tutto l'edificio alla distanza di m. 9 l'una dall'altra, conservando costantemente il medesimo tipo. In esse l'incastro sugli appoggi, adottato dall'ing. Dion per dare alle sue centine la massima leggerezza di aspetto, fu utilizzato in tutta la sua efficacia dal valente architetto J. Hermant allo scopo di sorreggere il tetto per mezzo di due mensole reticolari assolutamente indipendenti, che portano sui loro montanti estremi le piccole centine del lucernario.

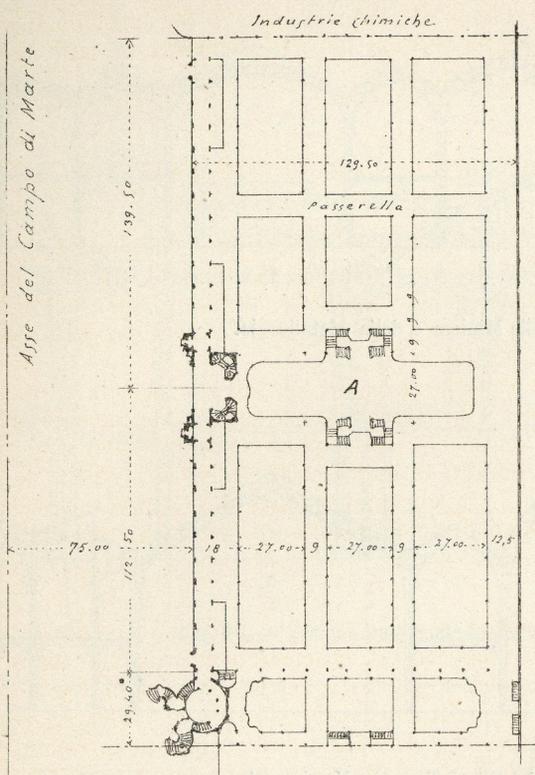


Fig. 94. — Pianta del Palazzo del Genio Civile.

Così la travatura del tetto lascia perfettamente libero tutto lo spazio disponibile fino alla copertura a vetri del lucernario, e la stabilità della costruzione è assicurata dalla

rigidezza dei timpani collocati sulle gallerie di m. 9, che formano colle travi a mensola delle navate adiacenti un sistema reticolare ben equilibrato, il quale non può produrre sui piedritti nè momenti d'incastro, nè spinte orizzontali temibili.

I 2/3 circa dell'edificio descritto furono eseguiti negli « Ateliers de Construction de Creil » degli ing. Dayé e Pillé; il resto, colla galleria trasversale di estremità di m. 29,40 ed il padiglione circolare d'angolo, sono opera della già citata « Société des ponts et travaux en fer » di Parigi.

*

I due palazzi perfettamente simmetrici delle *Industrie chimiche* e dei *Procedimenti generali della meccanica*, eseguiti sui disegni dell'architetto Paulin, chiudono la serie degli edifici che fiancheggiano il piazzale del Campo di Marte, formando ala colle loro facciate di m. 139 ciascuna, al fantastico prospetto del Palazzo dell'Elettricità. Le figure 96 e 97 rappresentano la pianta e la sezione trasversale del Palazzo della Meccanica.

All'interno le corsie longitudinali sono la continuazione di quelle degli edifici di mezzo, salvo in prossimità del portico, dove la galleria che lo fiancheggia e lo separa dalla navata di m. 27 è più larga di quella che le corrisponde nei Palazzi dei Filati e del Genio Civile, cosicchè le facciate dei padiglioni di fondo sporgono in aggetto su quelle che li precedono, migliorando l'effetto di prospettiva.

La copertura delle grandi navate è sorretta, come nel Palazzo del Genio Civile e dei Mezzi di trasporto, da due travi reticolari a mensola, che rimangono separate da tutta la larghezza del lucernario e si connettono rigidamente in corrispondenza dei piedritti agli archi a traliccio adiacenti, che insistono sulle corsie di m. 9. L'unica differenza sta nella

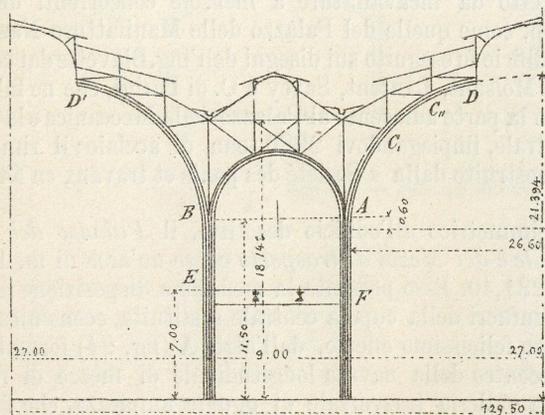


Fig. 95. — Schema delle incavallature del Palazzo del Genio Civile.

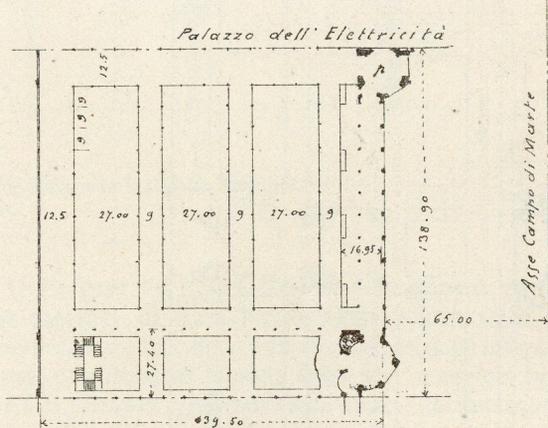


Fig. 96. — Pianta del Palazzo della Meccanica.

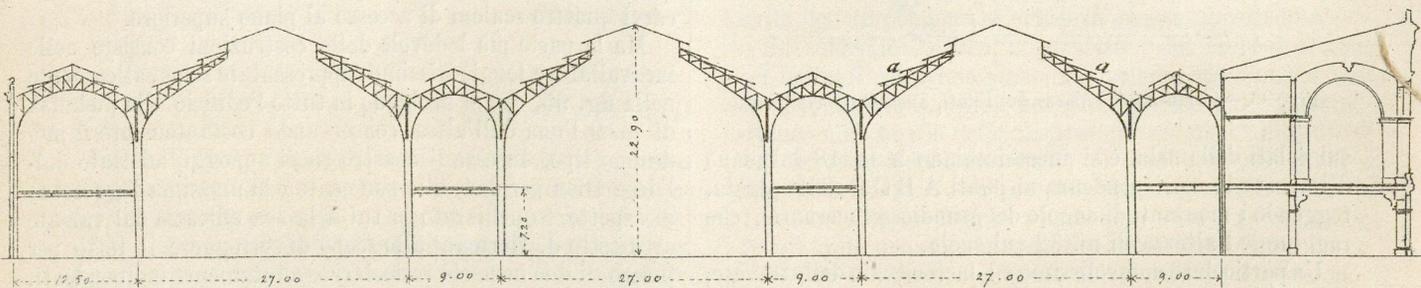


Fig. 97. — Sezione trasversale del Palazzo della Meccanica.

forma di queste centine, che hanno qui il profilo superiore rettilineo, inclinato secondo la pendenza del tetto, e in una disposizione costruttiva assai razionale, consistente nell'eseguire l'attacco fra le incavallature ed i piedritti con soli ferri piatti, allo scopo di rendere minimi i momenti d'incastro.

Nel Palazzo della Meccanica poi, per lasciare un maggiore sfogo ai gas ed al vapore, che possono casualmente sfuggire dalle tubazioni e dalle macchine, il tetto è formato da piccole falde larghe quanto l'intervallo fra due arcarecci consecutivi e disposte, come indica in *a* la figura 97, ad embrice. Si creano così altrettante luci di comunicazione coll'esterno.

Le costruzioni metalliche dei due edifici rappresentano un peso totale di 4800 t. e furono eseguite pel Palazzo delle Industrie chimiche dalla Ditta Baudet, Donon e C., per quello della Meccanica da J. Roussel. Esse comprendono anche due saloni *p* (fig. 96) collocati negli angoli del piazzale del Campo di Marte, innalzati sopra una pianta pentagonale inscritta in una circonferenza di m. 9,765 di raggio, che serve ottimamente di raccordo fra la galleria di testa degli edifici descritti e i padiglioni del Palazzo dell'Elettricità.

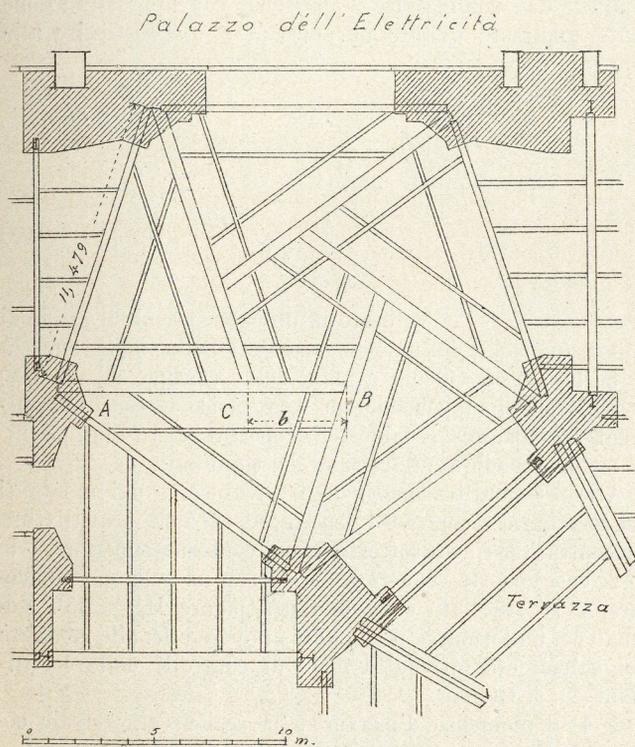


Fig. 98. — Solaio delle sale pentagone adiacenti al Palazzo dell'Elettricità.

Curiosissimo il tipo di solaio che le ricopre (fig. 98) e riproduce con tutta la serietà di una costruzione accurata un esperimento di scienza divertente. Ciascuna delle 5 travi maestre poggia ad un estremo A su di uno dei pilastri d'angolo del muro perimetrale, all'altro estremo B sulla trave che la segue, mentre in un punto intermedio C regge la precedente. Le equazioni fornite dalla statica bastano nel caso generale a determinare le reazioni d'appoggio. Se poi il carico è ripartito simmetricamente rispetto al centro del pentagono, la soluzione è immediata. In fatti la reazione in B è uguale in valore assoluto alla pressione P nel punto C, e per conseguenza la reazione in A vale la risultante R dei pesi applicati alla trave, cioè la quinta parte del carico totale insistente sul solaio. Prendendo quindi i momenti di tutte

le forze applicate alla trave rispetto all'appoggio A, se con *a* si indica la distanza della risultante R da detto appoggio, si ottiene l'equazione:

$$Ra = Pb,$$

che determina il valore dell'incognita P.

*

Rifacendo per gli edifici del Campo di Marte il computo del peso di ferro impiegato per unità di superficie coperta, si trovano valori assai prossimi fra di loro e notevolmente inferiori a quelli dedotti per le costruzioni della Spianata degli Invalidi.

La causa principale è quella già indicata a questo riguardo: è però certo che la forma perfettamente razionale delle centine ha contribuito a rendere possibile un impiego assai limitato di metallo, che per i Palazzi della Meccanica e delle Industrie chimiche raggiunse appena i 124 kg. per metro quadrato di area coperta e per gli altri edifici se ne scostò assai poco.

*

I metodi di calcolo. — Le incavallature descritte sono del tipo reticolare strettamente indeformabile; ma in causa delle unioni rigide che collegano ciascuna di esse alle adiacenti in corrispondenza dei piedritti metallici, ogni gruppo costituisce un sistema staticamente indeterminato, che si potrebbe risolvere con rigore solo ricorrendo alla teoria della trave continua su appoggi elastici capaci di spostarsi verticalmente e di rotare.

Però l'ufficio di controllo delle costruzioni per l'Esposizione ritenne, che, data la rigidità delle piccole incavallature di m. 9 fraposte alle altre di maggior portata, si potesse studiare la stabilità di queste, considerando ciascuna indipendentemente dalle adiacenti come una trave ad arco reticolare con sole cerniere di imposta immobili.

A vero dire, osservando lo schema di una qualsiasi di queste centine, nelle quali, come si notò a proposito del loro aspetto eminentemente decorativo, l'altezza e quindi il momento d'inerzia della sezione vanno aumentando dalla mezzera alle imposte, sembrerebbe più giusto ritenerle perfettamente incastrate sugli appoggi.

E, volendo procedere col metodo grafico, al quale ricorsero gli ingegneri per eseguire i calcoli di stabilità, questa ipotesi non avrebbe complicato per nulla il problema, come risulterà da un esempio che svolgeremo in tutti e due i modi.

*

Il procedimento adottato consiste nel sostituire alla trave reticolare una trave a parete piena ideale, che la equivalga per le deformazioni che subisce e quindi per le reazioni di appoggio che genera. E come nella prima è lecito trascurare il lavoro di deformazione delle aste di parete, così non si tiene conto di quello dovuto alle tensioni tangenziali nella seconda.

Allora nell'ipotesi ammessa che l'arco abbia cerniere di imposta immobili e di livello, si può dedurre l'espressione della spinta orizzontale H (l'unica incognita del problema), ricorrendo alle equazioni di elasticità della trave ad arco (*); ma è anche facile calcolarla direttamente, applicando ad esempio il teorema del minimo lavoro.

Ritenuto infatti il raggio di curvatura dell'asse geometrico del sistema abbastanza grande per poter esprimere con approssimazione sufficiente le deformazioni elementari

(*) Cfr. C. GUIDI, *Lezioni sulla Scienza delle Costruzioni*. Parte IV, *Teoria dei Ponti*. — Tip. Camilla e Bertolero, 1897.

colle formole proprie delle travi ad asse rettilineo, il lavoro di deformazione di tutta la travatura è dato da:

$$L = \int_0^{2l} \frac{M^2 ds}{2EI} + \int_0^{2l} \frac{N^2 ds}{2EF}, \quad (1)$$

ove $2l$ è la corda dell'asse geometrico dell'arco riferito a due assi x, y , orizzontale il primo, verticale il secondo coll'origine nel baricentro della sezione d'imposta sinistra; N, M, F, I sono lo sforzo normale, il momento flettente, l'area ed il momento d'inerzia della sezione il cui baricentro ha per coordinate x ed y , e si può porre:

$$N = N_0 + H \frac{dx}{ds} \quad M = M_0 - Hy \quad (2)$$

se con N_0 ed M_0 si indicano lo sforzo normale ed il momento flettente nella sezione corrente per $H = 0$.

Derivando allora l'espressione (1) del lavoro rispetto alla H , di cui N ed M sono funzioni in virtù della (2), ed uguagliando a zero la derivata, si deduce l'equazione di condizione:

$$\int_0^{2l} \frac{M y}{I} ds - \int_0^{2l} \frac{N}{F} dx = 0, \quad (3)$$

che è senz'altro la seconda delle equazioni di elasticità d'una trave ad arco, qualora si ritengano trascurabili i termini, che hanno a divisore il raggio r (*).

La risoluzione numerica della (3) è assai laboriosa; si preferì quindi calcolare la quantità staticamente indeterminata H , ricorrendo ad un metodo grafico, del quale già il Dion stesso aveva intuiva la possibilità, limitandosi però ad indicare un procedimento grossolanamente approssimato (**); mentre il professore americano Eddy (***), valendosi delle proprietà del poligono funicolare, ne scopriva la soluzione rigorosa, tuttochè vi giungesse con ragionamenti alquanto diversi da quelli qui riferiti.

Il metodo consiste nel ritenere trascurabile il valore del secondo integrale della (3) rispetto al primo; nel ricavare dall'equazione che ne risulta, sostituendo ad M il valore (2), l'espressione della spinta orizzontale:

$$H = \frac{\int_0^{2l} \frac{M_0 y}{I} ds}{\int_0^{2l} \frac{y^2}{I} ds} \quad (4);$$

e nell'eseguire graficamente le operazioni indicate con tre poligoni funicolari successivi.

Il primo connette con una distanza polare arbitraria H_0 i carichi verticali insistenti sull'arco, e dà, per mezzo delle ordinate η intercette nel diagramma limitato dalla sua retta di chiusa, i momenti:

$$M_0 = H_0 \eta.$$

Il diagramma così tracciato e la figura compresa fra l'asse geometrico della travatura e la sua corda vengono

(*) È superfluo notare che, applicando il teorema del minimo lavoro, come nel caso trattato, o ricorrendo a qualunque altra proposizione, conseguenza del principio dei lavori virtuali, si possono ottenere con altrettanta speditezza le equazioni più rigorose, purchè l'espressione del lavoro si deduca dalla formola trinomia, che dà il valore della tensione σ in una sezione d'una trave ad arco di raggio r :

$$\sigma = - \left(\frac{N}{F} + \frac{M}{Fr} + \frac{Mv}{I} \right).$$

(**) Cfr. *Notices sur Henri de Dion*, par MM. MOLINOS et SEYRIG (« Mémoires de la Société des Ingénieurs civils », pagina 422, anno 1879).

(***) HENRY T. HEDDY, *Researches in graphical Statics*. Chapter V. « Arch rib with end joints ». — New-York, 1878.

poi suddivisi da un sistema di verticali in un ugual numero di striscie, tali che i segmenti Δs intercettati sulla fibra media risultino tutti uguali fra loro.

Si connettono poi con un secondo poligono funicolare forze numericamente uguali ai valori medi di $\frac{\eta}{I}$ per ogni troncato, applicate ai punti di mezzo dei segmenti Δs e dirette orizzontalmente; cosicchè i suoi lati estremi limitano sulla orizzontale passante per le cerniere ideali di appoggio un segmento z , tale che:

$$\lambda z = \sum \frac{\eta}{I} y,$$

se λ è la distanza polare scelta.

Il terzo poligono connette colla medesima distanza polare forze uguali ad $\frac{y}{I}$, applicate pure orizzontalmente negli stessi punti delle precedenti, e fornisce in modo analogo un segmento z' , tale che:

$$\lambda z' = \sum \frac{y^2}{I}.$$

Ma le due sommatorie si possono, con approssimazione tanto maggiore quanto più piccolo è Δs , sostituire alle espressioni:

$$\frac{1}{\Delta s} \int_0^{2l} \frac{\eta}{I} y ds, \quad \frac{1}{\Delta s} \int_0^{2l} \frac{y^2}{I} ds.$$

Se ne deduce quindi subito:

$$H = H_0 \frac{z}{z'} \quad (5)$$

Esempio. — Per valutare in un caso speciale il grado di approssimazione del metodo si eseguì nella metà sinistra della fig. 99 il calcolo grafico delle cerniere del Palazzo delle Miniere, supponendo un sovracarico esteso uniformemente ad entrambe le falde della copertura di 120 kg. per m² di tetto, secondo le prescrizioni dei capitolati.

Alle pressioni trasmesse dagli arcarecci e dai montanti del lucernario si aggiunse il peso proprio dell'incavallatura concentrato nei nodi sottostanti del contorno superiore, e le forze così dedotte vennero connesse con un poligono funicolare $A'B'$ tracciato colla distanza polare $H_0 = 35'$. Volendo poi uniformarsi, per quanto era possibile, alle modalità dei calcoli eseguiti dall'Ufficio di controllo delle costruzioni (*), si ritenne:

1° il momento d'inerzia della sezione trasversale costante;

2° l'asse geometrico della travatura coincidente con l'arco di cerchio AB tracciato con centro in C .

Nei punti d'intersezione dell'asse coi montanti della centina furono applicate orizzontalmente forze rappresentate da segmenti pari alla metà delle ordinate y ed η dei diagrammi AB ed $A'B'$. Il che è perfettamente lecito, poichè essendo i montanti disposti tutti ad uguali distanze fra loro (tranne gli estremi, a cui vennero sostituite due verticali poco discoste) la condizione $\Delta s = \text{costante}$, enunciata esponendo il metodo, si può ritenere soddisfatta con approssimazione sufficiente, grazie alla piccolezza della freccia dell'arco AB rispetto alla sua corda (**).

(*) Cfr. R. WEIL, *Palais des Mines et de la Métallurgie* (« Le Génie Civil », 1° luglio 1899).

(**) Non è invece ammissibile come regola generale il metodo seguito nella monografia testè citata di applicare forze proporzionali ai valori delle ordinate y ed η nei soli punti in cui l'asse geometrico della travatura è intersecato dalle verti-

Ricavati con due poligoni di moltiplicazione p e p' di distanza polare λ uguale alla freccia dell'arco, i segmenti z e z' , che misurano gli integrali della formola (4), si dedusse colla (5) $H = t. 41,85$, e si potè tracciare il poligono definitivo A D delle pressioni, passante pel baricentro delle sezioni d'imposta.

A scopo di confronto si riprese lo stesso problema, ricorrendo all'espressione più rigorosa della spinta:

$$H = \frac{\int_0^{2l} M_o y ds - \rho^2 \int_0^{2l} N_o dx}{\int_0^{2l} y^2 ds + \rho^2 \int_0^{2l} \frac{dx}{ds} dx} \quad (6)$$

che la (3) fornisce, sempre nell'ipotesi di sostituire alla sezione variabile dell'arco una sezione media costante di raggio d'inerzia ρ .

Intanto col calcolo precedente si ottenne già:

$$\int_0^{2l} M_o y ds = H_o \lambda z \Delta s \quad , \quad \int_0^{2l} y^2 ds = \lambda z' \Delta s.$$

Si sa inoltre che l' $\int_0^{2l} \frac{dx}{ds} dx$ vale la semisomma t della lunghezza dell'arco A B e del suo seno.

Quanto all' $\int_0^{2l} N_o dx$, lo si può calcolare graficamente,

deducendo dalla retta delle forze, come si è fatto nella figura 99 (a), i valori medi degli sforzi normali N_o per cia-

cali dei carichi: poichè, data la distribuzione di queste verticali nel caso presente, la norma predetta equivarrebbe a suddividere i diagrammi in alcune striscie di larghezza notevolmente maggiore delle altre.

I valori dei segmenti z e z' riescono infatti notevolmente alterati, come risulta dal confronto della fig. 99 colla trattazione grafica della stessa travatura svolta nella nota dell'ing. Weil; ma il valore della spinta orizzontale H, per uno di quei compensi così frequenti a verificarsi, è quasi lo stesso.

scuno dei 7 tronchi, nei quali il semiarco è diviso dai carichi che gli sono applicati. L'integrale esteso ad una metà dell'arco si trasforma così nella somma:

$$N_o' x_1 + N_o'' (x_2 - x_1) + N_o''' (x_3 - x_2) + \dots,$$

che equivale a:

$$(N_o' - N_o'') x_1 + (N_o'' - N_o''') x_2 + \dots + N_o^{vii} l.$$

I termini $N_o' - N_o''$, $N_o'' - N_o'''$, ... N_o^{vii} furono detti, ribaltando gli uni sugli altri i valori successivi dello sforzo normale, e vennero indicati con numeri I, II, ... VII; la somma fu poi eseguita col poligono di moltiplicazione p'' , adottando una distanza polare 2λ : cosicchè, detto m il segmento (letto nella scala delle forze) intercettato da' suoi lati estremi sulla verticale per A, si può porre:

$$\int_0^{2l} N_o dx = 4 \lambda m.$$

E per conseguenza:

$$H = \frac{H_o z \Delta s - 4 m \rho^2}{z' \Delta s + \frac{t \rho^2}{\lambda}} = t. 38,70.$$

Il confronto fra i due valori della spinta orizzontale così detti, dimostra che la risoluzione della (3), fatta trascurando il secondo integrale rispetto al primo, non è sempre lecita. Del resto, lo stesso Ufficio di controllo avvertì l'insufficiente rigore del procedimento, e ne verificò i risultati, calcolando la travatura come un sistema reticolare, come è di fatto, ma sempre supponendo le due sezioni d'imposta vincolate da due cerniere ideali. Ora, per le ragioni già dette, questa non è un'ipotesi abbastanza giustificata dalla struttura dell'arco; e se, anche ritenendolo perfettamente incastrato nei piani di appoggio, non s'interpreta a rigore il vero stato di cose, si deve riconoscere che la seconda supposizione è più verosimile della prima.

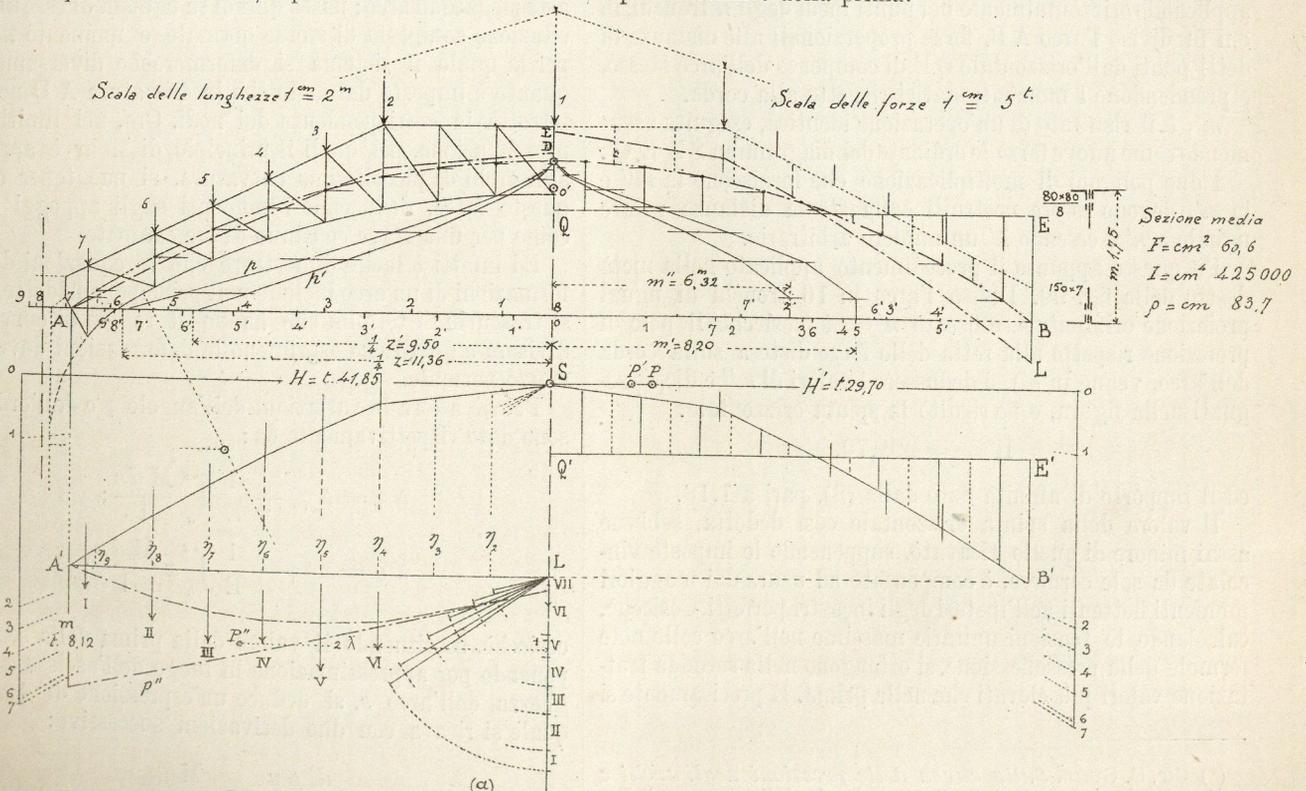


Fig. 99. — Calcoli grafici delle centine

del Palazzo delle Miniere e della Metallurgia.

In tale ipotesi il metodo grafico, dovuto ad un illustre autore italiano, il prof. Guidi, permette la soluzione esatta del problema con una speditezza non inferiore a quella del procedimento Eddy, che trascura le deformazioni prodotte dallo sforzo normale, o ne tiene conto separatamente.

Il prof. Guidi dedusse le operazioni grafiche del suo metodo con un'interpretazione originale delle tre equazioni di elasticità d'un arco simmetrico, incastrato perfettamente e abbastanza ribassato per potervi trascurare i termini che hanno a divisore il raggio di curvatura (*).

Il calcolo è possibile anche nel caso di un sopraccarico ripartito asimmetricamente, e di un arco con sezione variabile secondo una legge qualsiasi.

Qualora però si ammetta che questa legge è tale che:

$$I \frac{dx}{ds} = \text{cost.} \quad (7)$$

e si supponga simmetrica la distribuzione del carico, la soluzione riesce di una semplicità straordinaria. Poichè allora due delle equazioni risolventi esprimono che il diagramma compreso fra l'asse geometrico dell'arco e la curva delle pressioni è di area nulla, e che il suo momento statico rispetto a ciascuna delle verticali di incastro è pure uguale a zero.

La terza equazione, che coincide colla (3), serve a dedurre (fig. 99) il poligono delle pressioni definitivo EL (di distanza polare H') da un poligono funicolare qualunque A'B' (di distanza polare H₀) connettente i carichi che insistono sull'arco. In vero, valendosi della (7), l'equazione (3) fornisce il rapporto di affinità fra i diagrammi limitati da ciascuno dei poligoni anzidetti e dalla corrispondente orizzontale di compenso (QE pel primo, Q'E' pel secondo).

Il valore reciproco di questo rapporto è espresso da:

$$\frac{H'}{H_0} = \frac{m'_1}{m'' + \frac{n}{n'} \rho} \quad (8)$$

ove m'' è la misura di una sommatoria eseguita graficamente, applicando orizzontalmente nei punti medi degli n tronchi, in cui fu diviso l'arco AB, forze proporzionali alle distanze di detti punti dall'orizzontale QE di compenso dell'arco stesso, e prendendone i momenti statici rispetto alla corda.

m'_1 è il risultato di un'operazione identica, eseguita assumendo come nuove forze le ordinate del diagramma SB'E'Q'.

I due poligoni di moltiplicazione che forniscono la m'' e la m'_1 , devono essere costruiti colla stessa distanza polare uguale a $n'\rho$, essendo n' un numero arbitrario.

Fu questo appunto il procedimento applicato nella metà destra della fig. 99. Diviso l'arco in 16 tronchi di ugual proiezione orizzontale, e fissato $n' = 4$ (cosicchè il polo di proiezione rispetto alla retta delle forze distesa sulla corda dell'arco, venne in o'), si dedussero i valori di m'' e di m'_1 segnati nella figura, e ne risultò la spinta orizzontale:

$$H' = 29^t, 70,$$

ed il rapporto di affinità dato dalla (8), pari a 1,18.

Il valore della spinta orizzontale così dedotta, sebbene assai minore di quello ricavato, supponendo le imposte vincolate da sole cerniere, è compensato ad usura dai maggiori momenti flettenti nell'ipotesi degli incastrati perfetti. Cosicchè, calcolando le tensioni unitarie massime nell'arco colle note formole della pressoflessione, si ottengono nella seconda trattazione valori più elevati che nella prima. E precisamente si

ha nella sezione in chiave una compressione unitaria all'estradosso di kg. 8,6 per mmq. nella prima ipotesi, e di kg. 9,5 nella seconda, onde risulta più conveniente attenersi al secondo procedimento, anzichè al primo.

*

Gli stessi metodi di calcolo si possono applicare a tutte le altre incavallature dei padiglioni descritti, eccettuate quelle dei Palazzi della Meccanica, delle Industrie chimiche e del Genio Civile (vedi fig. 95).

Si tratta qui di travi reticolari sporgenti oltre gli appoggi A, B, nei quali la rigidità dei piedritti impedisce i movimenti che renderebbero il sistema staticamente determinato. È facile però convincersi che le forze orizzontali prodotte dal sistema di appoggio sono di piccola entità. Considerando infatti i piedritti come perfettamente incastrati in corrispondenza delle travi EF che reggono il primo piano, le loro estremità superiori si trovano alla distanza $l = 450$ centimetri dal supposto incastro; si deduce quindi che per ottenere la variazione di 1 cm. nella luce AB basta una spinta orizzontale di 560 kg. La piccolezza di questo numero rispetto alle componenti verticali delle reazioni di appoggio, che nelle condizioni di carico supposte nei capitoli valgono t. 30,9, giustifica pienamente il metodo di calcolo adottato dall'Ufficio di controllo, ritenendo nulla la spinta orizzontale del sistema.

Poteva invece sembrare meno giustificato il sostituire una serie di sbarre articolate ai nodi dei correnti superiore ed inferiore delle incavallature, fabbricati d'un sol pezzo. Si volle quindi tenerne un certo conto, almeno nel calcolo delle singole aste, ragionando nel seguente modo:

Sia $A C_1 C_2 D$ la membratura d'incastro, per esempio, di una delle travi a mensola: se immaginiamo eseguiti in essa due tagli in C_1 e C_2 e vi sostituiamo due cerniere, e se facciamo altrettanto per l'estradosso, potremo determinare le forze applicate ad ogni asta con un diagramma reciproco. Dette forze, supponendo il peso proprio concentrato nei nodi, sono dirette come le corde degli assi geometrici delle aste piegate ad arco; nasce quindi in ognuna di esse una sollecitazione composta di sforzo normale e momento flettente, per la quale il sistema si deformerebbe diversamente da quanto è imposto dal fatto che la travatura AD non è interrotta in corrispondenza dei nodi. Ora, nei limiti di approssimazione, nei quali il principio di Mohr è applicabile agli archi di piccolissima curvatura, si può tener conto di questo fatto, deducendo i momenti sugli appoggi C_1 e C_2 come per una trave continua di tre campate.

Ed infatti è facile dimostrare che le equazioni delle deformazioni di un arco includono il principio anzidetto, purchè si trascurino i termini che hanno il raggio di curvatura a divisore e quelli che esprimono le deformazioni dovute allo sforzo normale.

Poichè allora le variazioni dell'angolo ϕ e dell'ordinata y sono date rispettivamente da:

$$\Delta \phi = \Delta \phi_0 + \frac{1}{E} \int_0^s \frac{M ds}{I};$$

$$\Delta y = x \Delta \phi - \frac{1}{E} \int_0^s x \frac{M ds}{I};$$

cosicchè, sostituendo il valore della prima nella seconda, e ponendo per approssimazione in luogo dell'ascissa x la lunghezza dell'arco s , si deduce un'espressione di Δy , dalla quale si ricava con due derivazioni successive:

$$\frac{d^2 \Delta y}{ds^2} = \frac{M}{EI}.$$

(*) Cfr. C. GUIDI, *Sulla curva delle pressioni negli archi e nelle volte* (« Memorie della R. Accademia delle Scienze di Torino », 1886). Vedi pure l'opera già citata dello stesso autore.

Essa esprime che gli abbassamenti verticali Δy dei singoli punti dell'asse geometrico di un arco, portati a partire da un'orizzontale di riferimento, sulla quale sia stato sviluppato detto asse, determinano una curva, che è linea funicolare del diagramma dei momenti flettenti, considerato come diagramma di carico.

Ricorrendo a questo principio, si possono dedurre colle note costruzioni grafiche i momenti flettenti nei punti C_1 e C_2 , dopo avere tracciata la superficie semplice dei momenti, che si ricava dai tre segmenti circolari racchiusi fra l'arco AD e la spezzata AC_1C_2D .

Le pressioni sui quattro appoggi facili ad ottenersi come conseguenza delle ricerche fatte darebbero poi modo di fissare le tensioni nelle aste di parete con più probabilità di accostarsi alla legge colla quale effettivamente si ripartiscono gli sforzi.

Naturalmente il procedimento non è rigoroso, poichè esamina separatamente il modo di comportarsi di alcune membrature, mentre da esso dipende il regime interno di tutta la trave. Ma la speditezza dei calcoli, che il metodo accennato richiede, può farlo preferire quando si tratti di costruzioni di piccola portata, come quelle dei padiglioni descritti.

(Continua)

Ing. M. PANETTI.

TECNOLOGIA INDUSTRIALE

LA FABBRICAZIONE DELLA LANA DI LEGNO.

La lana di legno si può ottenere con qualunque qualità di legname, e questa varia secondo l'uso cui si destina il prodotto. Tuttavia è generalmente ricavata da legname dolce, sia per ragioni di prezzo, sia perchè si presenti più pieghevole e morbida. Talvolta essa si tinge, ma quasi sempre le si lascia il suo colore naturale, non essendo necessario tingergela, visto che il suo uso principale è quello di servire come mezzo d'imballaggio.

Per prepararla, si comincia a scortecciare il legno, ed a ridurlo in piccoli blocchi lunghi ad un dipresso cinquanta cm., mediante seghe. I blocchi così preparati sono quindi collocati nella macchina che li riduce in lana.

Le macchine per la fabbricazione della lana di legno, si riducono essenzialmente a tre tipi: il primo comprende quelle in cui l'utensile tagliente ha moto rettilineo alternativo; il secondo raccoglie quelle in cui l'utensile ha moto rotativo continuo; il terzo tipo dà le macchine che ricavano la lana non da blocchi di legno, ma da trucioli ottenuti da altra lavorazione, cioè da cascami.

Le macchine per fare la lana di legno si basano sull'azione di taglio di un ferro da pialla, preceduta da quella di una specie di pettine a punta tagliente, che chiameremo *divisore*, il quale ha per ufficio di suddividere in parti più o meno larghe il truciolo che stacca il ferro.

L'insieme degli organi che agiscono, è rappresentato schematicamente in pianta nella fig. 100 ed in elevazione nella fig. 101, avvertendo che in dette figure non sono indicate nè l'intelaiatura, nè i sostegni, nè le parti accessorie del congegno. Una slitta A , scorrevole tra guide laterali, riceve un moto di va e vieni per mezzo di una biella B , comandata dall'albero posto in rotazione dalla puleggia P . La slitta porta inferiormente il ferro da pialla a (inclinato) ed il divisore b (verticale), che può essere fatto anche non in un pezzo solo, ma in più pezzi per facilità di arrotatura. Se contro alla slitta che si muove, si mantiene fermo un blocco di legno D , ad ogni corsa di andata (da destra a sinistra nel caso della figura) viene staccato uno strato di legno, mentre nel ritorno della slitta evidentemente il ferro a non agisce.

Generalmente i blocchi di legno D sono in numero di due, che indichiamo nella fig. 100 con D e D' . Per spingere il blocco D contro la slitta, lo si adatta fra due ruote a denti acuminati c, d , le quali girano in senso opposto e tendono a

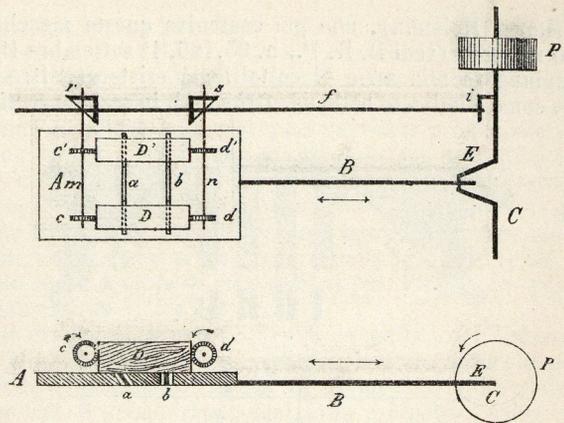


Fig. 100 e 101.

spingere in basso il blocco. Analogamente dicasi per il pezzo D' . Le coppie di ruote c, c' e d, d' sono rispettivamente montate su due alberetti m ed n , che per mezzo di ingranaggi conici r ed s vengono fatti rotare dall'albero f , che a sua volta è azionato dall'albero principale C della macchina con uno dei soliti congegni a nottolino per produrre il movimento di f solo nell'istante in cui è finita la corsa della slitta. Invece degli ingranaggi conici, che costano assai e producono attriti, si pongono anche sugli alberi m ed n due ruote elicoidali imboccanti con viti senza fine filettate in senso opposto e poste sull'albero f .

Qualunque sia il congegno che produce la rotazione degli alberi m ed n per mezzo dell'albero f , poco importa; ma quello che invece deve osservarsi si è che la rotazione di f non deve accadere mai durante il movimento per cui il ferro da pialla stacca la lana, perchè in tal caso questa non avrebbe spessore costante. Il moto di f deve succedere quindi non solo quando a non taglia, ma deve risultare di una quantità costante ad ogni corsa, perchè i trucioli che si staccano riescano tutti di spessore uguale. A tal fine, come dicemmo, l'albero C comanderà f , o mediante un nottolino che si impigli colla ruota i , oppure mediante un settore graduato fisso su C ed imboccante con i per qualche dente ad ogni rotazione di C , giacchè ad ogni giro di C succede una corsa di andata ed una di ritorno del carro A , la cui biella B è articolata all'albero a gomito E di C .

Per controbilanciare l'azione delle ruote c e d , alla macchina è aggiunto un congegno a leva e contrappeso (non indicati in figura), che può anche regolarsi a mano mediante un manubrio.

La larghezza dei trucioli dipende evidentemente dalla distanza dei denti del divisore, e la lunghezza da quella della corsa della slitta. Generalmente la slitta ha una corsa di circa 60 centimetri, ed i blocchi di legno che si preparano prima, scortecciandoli e riducendoli alle dimensioni volute, sono lunghi circa 50 centimetri. Lo spessore del truciolo dipende dal maggiore o minore abbassamento del blocco ad ogni taglio.

Una macchina siffatta produce lana solo durante la corsa di andata della slitta, quindi si pensò di porre non uno, ma due ferri da pialla disposti simmetricamente inclinati; così si ha un taglio tanto nella corsa di andata quanto in quella di ritorno, e perciò il tempo impiegato si riduce alla metà di prima, cioè si ha produzione doppia. Una macchina di questo tipo a doppio effetto, con 150 giri, può produrre da 250 a 450 kg. di lana in 10 ore di lavoro, consumando da 1 a 2 HP, secondo l'essenza del legname.

Nelle macchine come quella indicata vi è un unico divisore, fatto in un sol pezzo o costituito da molti coltelli disposti uno contro l'altro; quindi, volendo variare la larghezza dei trucioli, è necessario cambiare il divisore stesso, il che, a parte altri inconvenienti, conduce ad inevitabile perdita di tempo.

Ma anche senza questa considerazione, è chiaro che nel caso che si volesse produrre lana fina come capelli, usata per alcuni usi chirurgici, occorrerebbero divisori a denti esilissimi, i quali sono di difficile arrotatura e di difficile montaggio. Per evitare questo inconveniente, la Ditta Anthon e Söhne di

Flensburg (Holstein), che già costruiva queste macchine, pensò nel 1885 (vedi D. R. P., n. 35.166, 1° settembre 1885) di aggiungere alla serie di coltelli già esistente, altre due serie, come è indicato nelle fig. 102 e 103, in sezione verticale

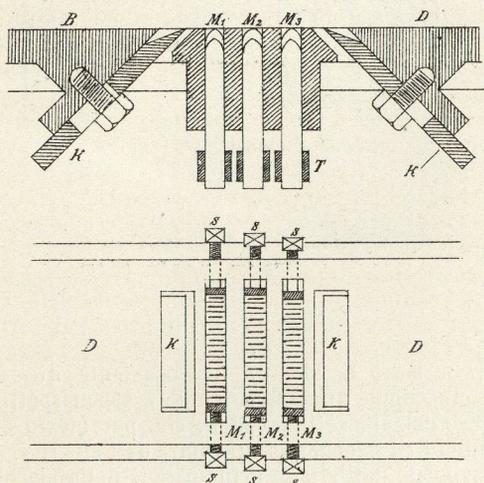


Fig. 102 e 103.

ed in pianta. Le tre serie di divisori sono però montate sulla slitta, in guisa che una serie presenti i tagli sfalsati di $\frac{1}{3}$ del vano dei tagli della serie che la precede; quindi sul legno da cui si stacca poi il truciolo, si fanno tre serie di tagli longitudinali, e le larghezze delle strisce tagliate risultano eguali ad $\frac{1}{3}$ della larghezza dei vani tra due denti consecutivi della stessa serie. La fig. 104 ci dà, vista di fianco, una serie di divi-

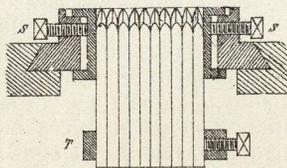


Fig. 104.

sori. Così si riesce a tagliare il truciolo in strisce finissime, da usarsi per lo scopo di chirurgia sopradetto.

La stessa Ditta Anthon e Söhne, come aggiunta al primo attestato di privativa di cui abbiamo parlato testè, ottenne ancora, il 17 gennaio 1886, un attestato completo (D. R. P., n. 38.653), col quale modificò il porta-ferro piallatore, in guisa tale da potere facilmente variare la posizione dei ferri e produrre senza difficoltà trucioli più o meno sottili.

Le macchine a doppia azione provano qualche volta difficoltà di marcia, poichè il ferro quando cammina a ritroso, per quanto non tagli, provoca un po' d'attrito. Ad evitare questo inconveniente, la Casa Kirchner e Comp. di Leipzig-Sellerhausen, portò una modificazione di certa importanza pratica nell'attacco dei porta-ferri alla slitta.

In questo caso, secondo quanto rilevasi dall'attestato di privativa rilasciato alla Ditta anzi nominata, dal Governo germanico il 2 ottobre 1885 (D. R. P., n. 35.654), i ferri f ed f' (fig. 105) sono sostenuti dai pezzi a e a' attaccati ai bracci a e a' , i quali sono articolati alla slitta A e collegati inferiormente

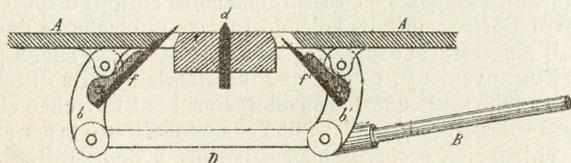


Fig. 105.

a snodo con un tirante D , ed alla biella B , che dà il movimento alla slitta. Nulla è mutato riguardo al divisore d . Con questa disposizione è permessa una piccola oscillazione ai ferri piallatori, in guisa che tanto nella corsa di andata quanto in quella retrograda, quello che non taglia si abbassa di una piccola quantità e non genera più attrito sul blocco di legno, mentre l'altro si innalza e taglia; è manifesto che il movimento concesso al complesso è tale, che quando un ferro si alza per tagliare, deve innalzarsi solo della quantità sufficiente a dare lo spessore voluto al truciolo.

La Meissner Eisengiesserei und Maschinenbau-Anstalt vorm. F. L. ed E. Jacob in Messer, ottenne, il 18 gennaio 1887, una patente (D. R. P., n. 40.239), colla quale si assicurò la proprietà di un congegno atto ad arrestare la macchina automaticamente, quando il blocco di legno è prossimo ad essere consumato, e ciò nell'intendimento di non guastare i coltelli, se per disattenzione l'operaio non arrestasse la macchina quando occorre sostituire il blocco esaurito con uno nuovo.

Così analogamente C. L. P. Fleck di Berlino modificò sostanzialmente l'intelaiatura della macchina (vedi D. R. P., n. 41.633, 28 novembre 1886) per aggiungergli organi di tensione e compressione, azionati da contrappesi capaci di equilibrare la pressione che il blocco di legno fa contro la slitta, che lo riduce in trucioli. E quest'azione si può regolare in modo da ottenere trucioli di spessore più o meno grande.

Si volle anche, per diminuire l'attrito del ferro contro il legno, costruire la macchina col telaio verticale od inclinato. L'ultimo tipo è quello adottato da Rudolf Behrisch e W. O. Reichel di Löbau (Sassonia) (vedi D. R. P., 42.078, 24 aprile 1887). Essi portarono ancora una modificazione e costrussero la macchina secondo lo schizzo indicato nella fig. 106, che ne rappresenta il fianco in parte sezionato.

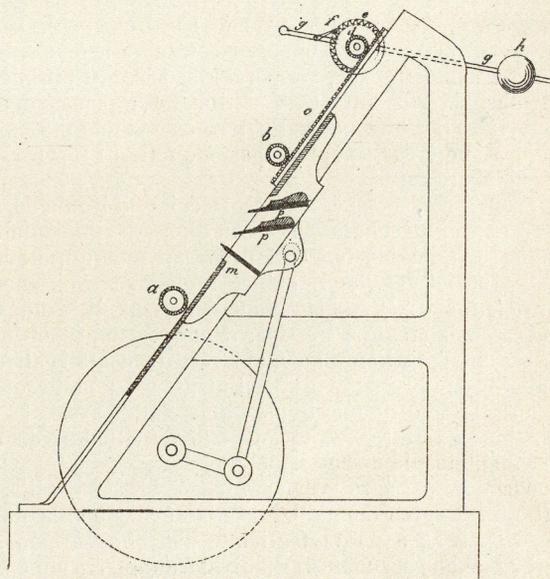


Fig. 106.

La modificazione di cui si tratta ha per scopo ancora di poter variare la marcia del blocco in senso normale al piano della slitta, e di conseguenza lo spessore del truciolo, mentre la macchina è in azione. Per ottenere ciò, si fa spostare uno dei rulli d'alimentazione (nel caso della figura è indicato in b), e quindi, aumentando o diminuendo la distanza fra i due rulli, questi, girando, fanno scendere di più o di meno il legno verso la slitta. A questo scopo il supporto che sostiene b non è fisso, e porta una dentiera o , la quale dentiera scorre sulle guide quando su essa agisca una ruota d fissa sullo stesso albero che porta la ruota a denti di sega e , in cui si impiglia il nottolino f imperniato alla leva g a contrappeso h .

Supponiamo, mentre la macchina cammina, di afferrare la leva ed abbassarla e di lasciarla poi risalire per l'azione del contrappeso, allora il nottolino fa girare la ruota e , e questa il suo alberetto, e quindi anche d ; ruotando d , la dentiera

scorre verso il basso, ed il rullo *b* si avvicina ad *a*. Naturalmente se si movesse la leva *g* in senso opposto a quello testè detto, si otterrebbe l'effetto contrario. Può parere che questo piccolo movimento per stringere più o meno il blocco, non sia sufficiente a far variare la marcia del legno in direzione normale al piano della slitta, ma lo è effettivamente, e difatti basta pensare che la variazione dello spessore del truciolo è sempre piccola cosa.

La macchina ha due o più coltelli (2 in figura, *p*, *p'*) per tagliare due strati di trucioli ad ogni corsa della slitta e porta avanti ad essi una serie di divisori, come al solito.

Dall'attestato di privativa germanico n. 45.906, rilasciato il 14 ottobre 1887 ai signori Adolf Völker di Schippach (presso Oberburg a/M) e Giovanni Zifferer di Vienna, si rileva che questi meccanici hanno ideato una macchina per produrre lana di legno, nella quale il moto di discesa del blocco non è più dato da ruote d'alimentazione che girano in senso inverso, come vedemmo nelle macchine finora spiegate, ma bensì mediante ganascie che stringono il blocco sulle testate.

Queste ganascie, simili ai granchi che si adattano ai banchi da falegnami, hanno il loro gambo filettato a madre-vite, e così possono salire e scendere guidate da viti poste perpendicolarmente al piano della slitta: le viti sono girevoli attorno al proprio asse, ed il movimento si effettua per mezzo di ruote d'angolo ed un congegno di inversione di moto (simile a quello delle piallatrici da metallo) per trasmettere il movimento nell'istante in cui la slitta è all'estremità della corsa di andata o di ritorno. Questo perfezionamento sembraci di poco valore, visto anche che gli organi aggiunti per ottenerlo ingombrano notevolmente la macchina.

La Ditta Anthon e Söhne già citata, ha ideato una slitta (D. R. P., n. 42.778, 5 aprile 1887), in cui (fig. 107) al divi-

sulla slitta stessa, può alzare più o meno il porta-coltelli, di guisa che il piano di tale pezzo *D* rimanendo un po' inclinato verso la cerniera (sito in cui si attacca la biella, che per trazione costringe i coltelli a tagliare), si tagliano quattro strati di truciolo per volta, e così si ha una forte produzione.

Non sembra però che questa disposizione in pratica abbia dato risultati molto buoni, poichè la stessa Ditta costruisce in questi ultimi anni macchine a grande produzione, le quali hanno slitte a due coltelli fissi, ma lavoranti quattro blocchi in una volta, come si può vedere dalla fig. 108. In essa, mediante ruote dentate di ricambio, si può variare lo spessore dei trucioli da 4 $\frac{1}{15}$ a 4 $\frac{1}{2}$ mm.

Per evitare di lavorare col ferro da pialla e col divisore, la Casa Ole Evenstad e Olaus Senstad di Rasten (Norvegia) pensò di riunire i due utensili in uno solo. Il nuovo arnese è costruito in tre tipi. Il primo, rappresentato in prospetto e fianco nella fig. 109, è costituito da un ordinario ferro da pialla *a* a cui si sovrappone un ferro *d* munito di tanti prismetti *e* triangolari collo spigolo arrotondato: il pezzo *d* è quello che funge da divisore; i ferri *a* e *d* sono tenuti assieme per mezzo di viti *b*.

Opportune feritoie permettono di registrare i due ferri.

Il secondo tipo è rappresentato dalla fig. 110 e si compone del ferro da pialla *a*, di un ferro *g* dentato cogli spigoli dei denti perpendicolari al piano del disegno, e di un controferro *d* il quale con *a* stringe *g* in mezzo, ed il tutto si registra e si tiene saldo con viti.

Il terzo tipo, indicato nella fig. 111, non è che una modificazione del secondo, nel quale, alla lamina dentata *g*, è sostituita una specie di pettine a punte taglienti *a* cacciate in appositi vani praticati in una sbarra *g* che li collega.

Le macchine che abbiamo descritte, ad eccezione di quella che ha la slitta scorrevole su telaio verticale od inclinato (vedi fig. 106), hanno tutte l'inconveniente di occupare molto posto: così, per esempio, quella a quattro blocchi indicata nella fig. 108 occupa uno spazio rettangolare di m. 4,50 per m. 1,50. Visto questo ingombro, alcuni costruttori idearono macchine nelle quali invece di avere una slitta a moto di va e vieni, i ferri piallatori ed il divisore sono posti su un organo a moto rotatorio continuo. Una di queste macchine, costruita dalla già più volte citata Casa Anthon e Söhne, è quella patentata in Germania il 20 marzo 1888 (D. R. P., n. 45.087) e che indichiamo in tripla proiezione nelle fig. 112, 113, 114. In questo congegno i trucioli che si staccano non sono più rettilinei ma arcuati, poichè la serie *C* dei divisori è disposta secondo un raggio e per conseguenza i tagli che essi fanno nei due blocchi risultano ad arco di cerchio, di vario raggio. La disposizione degli utensili taglienti è tale, che sul disco *A* che li porta, il divisore *C* precede il ferro *B* che pialla.

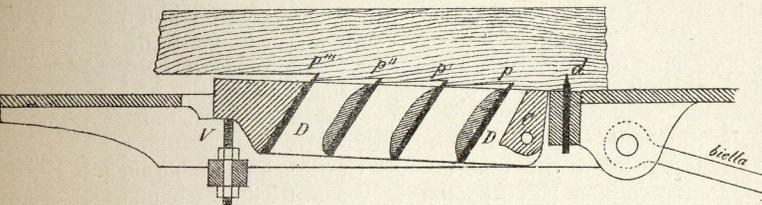


Fig. 107.

sore *d* fa seguito un pezzo *D*, che è collegato alla cerniera *C* in prossimità del divisore e munito di quattro ferri da pialla *p*, *p'*, *p''*, *p'''*. Dalla parte opposta alla cerniera, una vite *V*, posta

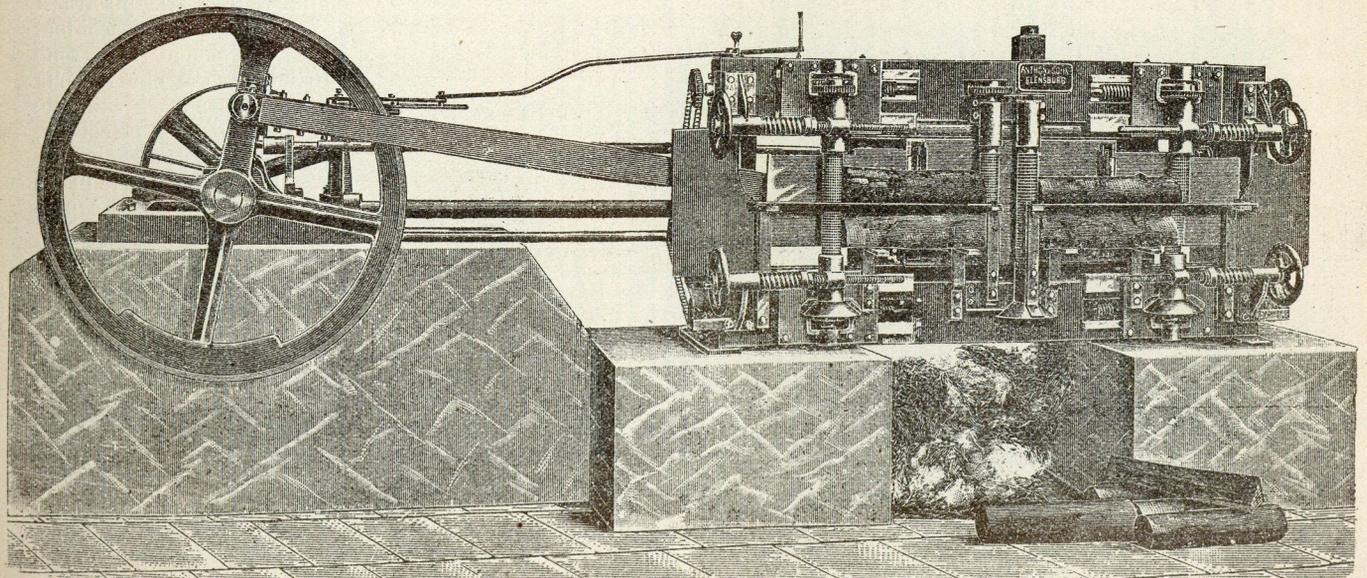


Fig. 108.

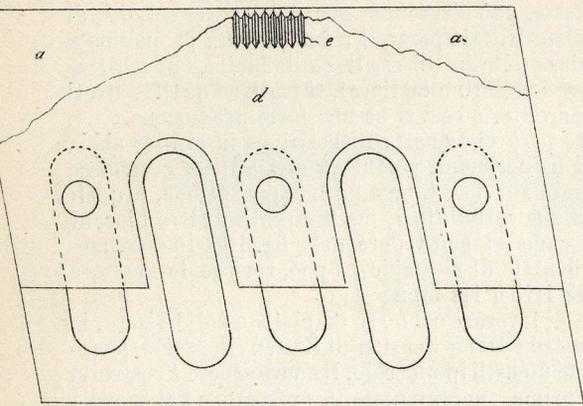


Fig. 109.

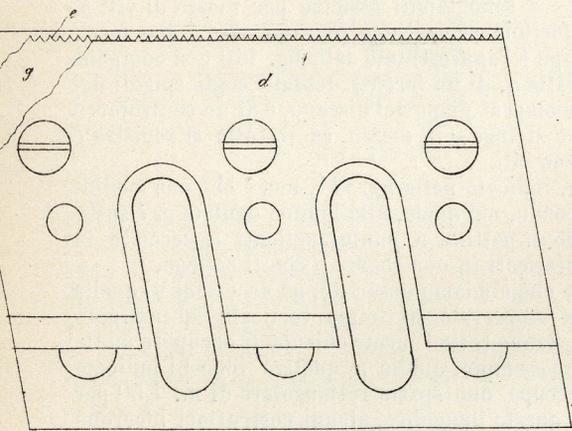


Fig. 110.

Avanti al disco, si trovano due staffe D, D le quali si aprono a cerniera, essendo esse girevoli attorno all'asse E. Le staffe terminano con ganasce filettate H, H che abbracciano le viti G, G. È sotto tali staffe che si adagiano i blocchi, i quali si assicurano con cunei *x, x* e con granchi a leva *a*.

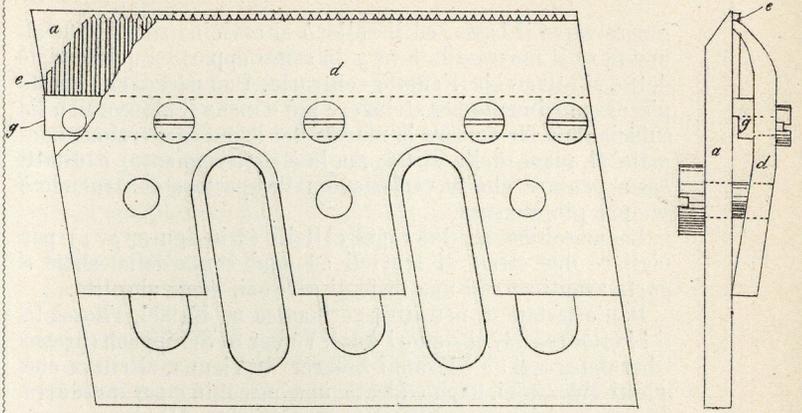


Fig. 111.

Per spingere continuamente i blocchi contro i coltelli, man mano che diminuiscono di spessore, l'albero principale della macchina mediante gli ingranaggi L e K fa girare le viti G, le quali richiamano le madreviti H delle staffe D, D, e così queste spingono innanzi a loro i blocchi stessi. Quando i blocchi sono consumati, colle leve *b, b* si disimboccano le ganasce H dalle viti G e così si aprono le staffe D e si ricambiano i blocchi.

Il lettore avrà inteso che il disco A che porta i ferri ed il divisore è fisso sull'albero M principale della macchina, il quale ha la solita coppia di puleggie fissa e folle. Qualora si faccia la macchina molto grande, le staffe invece di due si possono mettere in numero maggiore e così aumentare il lavoro del congegno.

Vedemmo che colla macchina descritta i trucioli sono separati dal divisore con tagli ad arco di cerchio, e ciò non è buona cosa in considerazione che il taglio succede non in direzione della fibra e quindi avvengono non solo lacerazioni, ma i trucioli risultanti non hanno forza, si sfilacciano e si rompono facilmente. Per evitare ciò i signori J. R. Bate, S. H. Shadbolt, Ch. Buckley Houghton, W. F. Houghton e G. R. Houghton di Cincinnati (Ohio, U. S. A.), il 7 febbraio 1892 presero una patente (D. R. P., n. 64.366) per una macchina circolare nella quale il divisore agisce secondo le fibre del blocco di legno. In tale macchina, che rappresentiamo in prospetto nella fig. 115, il blocco si pone dentro ad

una specie di scatola H ed è trattenuto fisso e spinto contro i coltelli mediante un giogo di leve articolate, comandate da un braccio snodato I ed una molla K fissa alla piastra A di fondazione della macchina. I ferri F che piallano sono uniti al disco M che li porta in giro, essendo M calettato sull'albero D della macchina, sul quale sta la puleggia motrice D'. Ciascuna serie di divisori (sono tre serie) è portata da una slitta F' capace di girare in versi opposti secondo un raggio del disco M, guidata da una piastra come *h* avvitata allo stesso disco M. L'estremità (verso l'albero D) della slitta F' porta una rotellina *f* folle sul proprio asse, e contro alla stessa slitta e dalla stessa parte viene ad appoggiarsi una molla *t* attaccata al supporto C, la quale tende a spingere la slitta F' verso la periferia di M. Ora, durante la rotazione del disco, quando la rotellina *f* incontra la cassa H

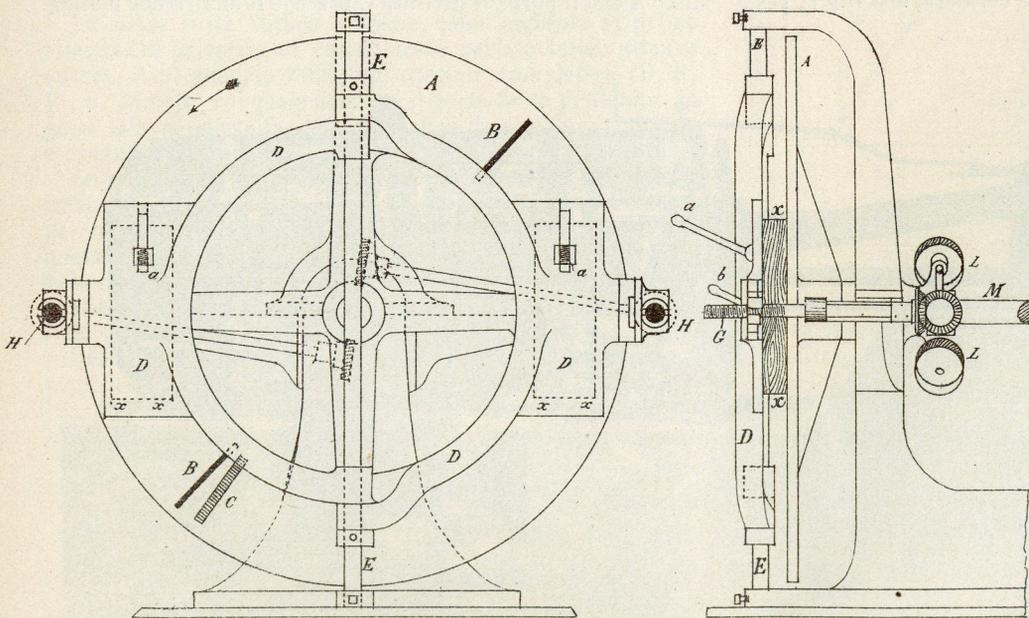


Fig. 112 e 113.

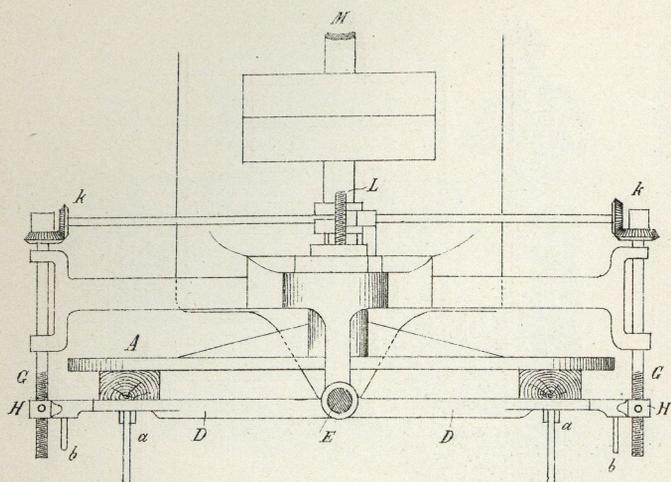


Fig. 114.

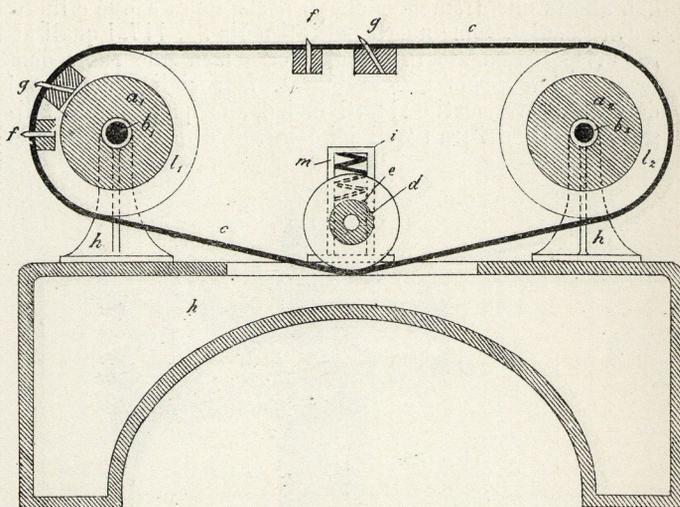


Fig. 116.

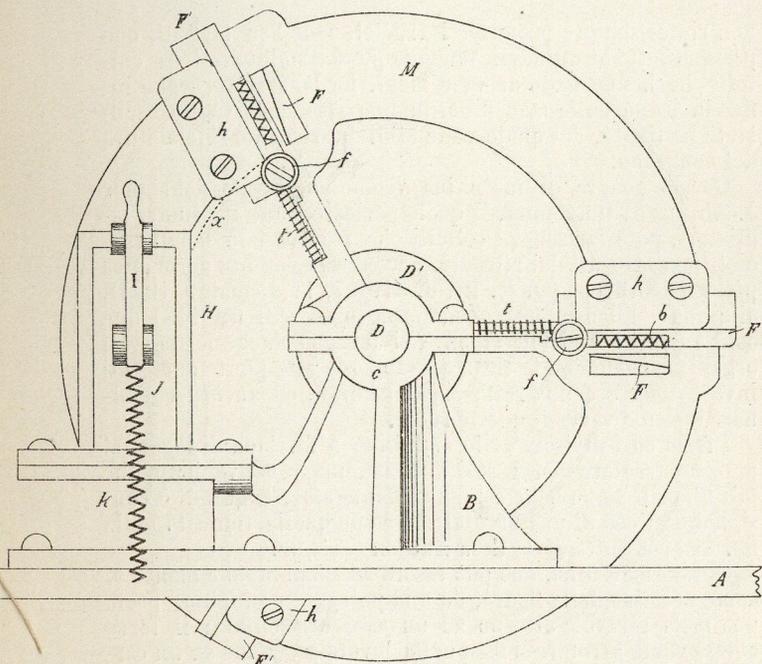


Fig. 115.

è obbligata a portarsi verso il centro D , e serrando la molla, trascina con sé la slitta; ma appena f abbandona il contatto con H , la molla spinge nuovamente in fuori la slitta che porta la serie dei divisori. C posto le cose sono combinate in modo che il moto relativo di rotazione della slitta, e quello pure relativo di traslazione da quest'ultima, danno alla slitta e con essa al divisore un moto assoluto tale, che nel momento in cui il divisore passa sotto il blocco di legno, lo divide con tagli rettilinei, cioè in direzione delle fibre. Come si vede la macchina è semplice ed ingegnosa ad un tempo.

Il costruttore $C. Bartsch$ di Michelsdorf b/Libau, per aumentare la produzione delle macchine da lana di legno, pensò di moltiplicare i ferri ed i divisori; a tal uopo egli applicò tante coppie come f e g di tali utensili su una cinghia senza fine assai robusta, come è indicato nella fig. 116, che ci offre una sezione verticale del congegno.

La cinghia c si accavalla su una puleggia a_2 , sulla puleggia a_1 che è calettata sull'albero motore b_1 della macchina, e viene tesa da una puleggia e i cui perni sono costantemente sollecitati in basso da una forte molla a spirale m .

Nelle pulegge a_2 ed a_1 sono praticate le gole l_2 ed l_1 affine di lasciar passare agevolmente i porta-ferri e porta-divisori. Il blocco di legno si dispone contro la cinghia mediante i soliti mezzi che conosciamo e che non sono indicati in figura. Per questa macchina l'inventore ottenne in Germania un attestato di privativa (D. R. P., n. 42.803, 31 agosto 1887), ma dubitiamo che il trovato abbia dato esito felice, poichè anzitutto è necessario che le pulegge a_1 e a_2 siano molto grandi per non dar luogo a guasti ai porta-utensili e quindi la macchina diventa voluminosa; in secondo luogo le vibrazioni inevitabili della cinghia non conferiscono al congegno quella sicurezza di movimento che è necessaria per ottenere un taglio netto e trucioli di uniforme spessore.

La lana di legno può anche ottenersi sminuzzando trucioli già fatti con una pialla qualunque, e così si possono utilizzare i trucioli che si producono durante la lavorazione dei legnami; però questa lana rimane di qualità molto scadente. La Casa Ole Evenstad e O. Senstad di Rasten (Norvegia) ha brevettato una macchina atta a tale scopo (D. R. P., n. 45.685,

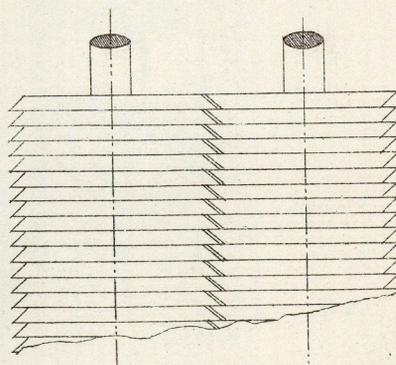


Fig. 117.

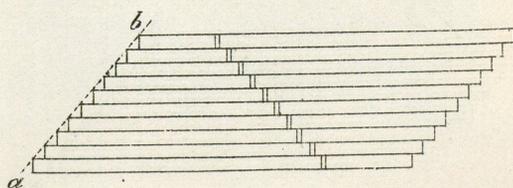


Fig. 118.

22 marzo 1888). In questa macchina i trucioli sono condotti dall'alto in una tramoggia che li porta sopra a due cilindri a denti conici, come quelli indicati nella fig. 117, i quali girano rispettivamente in senso inverso mediante ruote dentate che imbroccano una nell'altra. I trucioli cadono tra i denti, sono stracciati e ridotti in lana, la quale passa al di sotto dei cilindri tra i vani dei denti. Siccome però il taglio

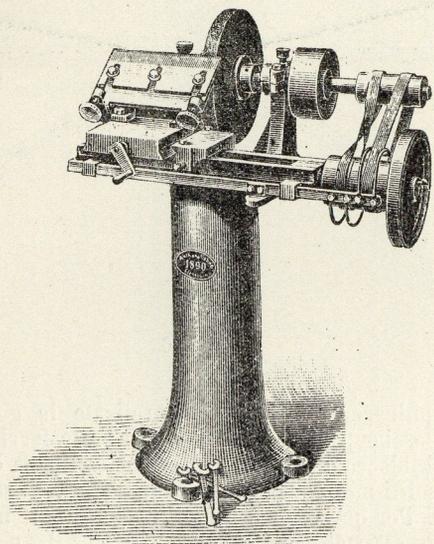


Fig. 119.

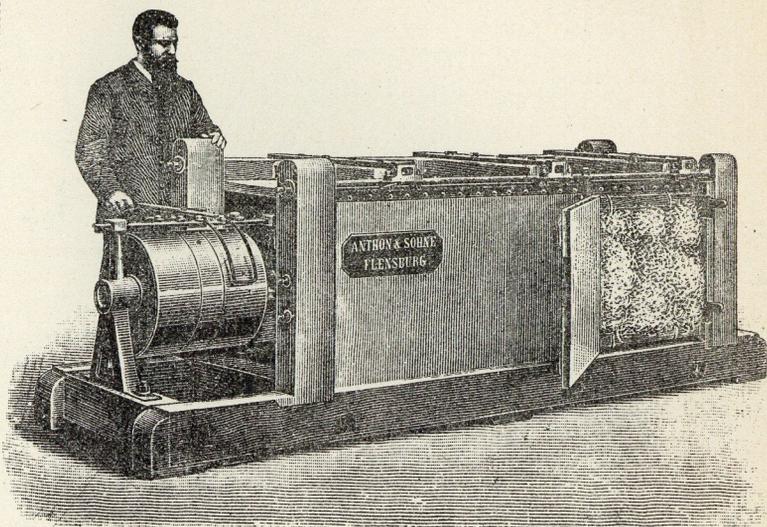


Fig. 121.

non riesce sempre perfetto, i trucioli non ben tagliati, che passano sotto ai cilindri, vengono poscia sminuzzati da coltelli che hanno moto di va e vieni. La lana si raccoglie infine in basso della macchina, in una specie di vaglio oscillante inclinato, dal quale cade al di fuori della intelaiatura del congegno.

Questo genere di macchina venne migliorato dal signor J. Ahrens di Dortmund, il quale perfezionando i cilindri tagliatori, potè far senza i coltelli che riducono in lana i trucioli non lavorati dai cilindri. Secondo la patente germanica presa dall'Ahrens (D. R. P., n. 81.617, 11 dicembre 1894), ai cilindri a denti conici, sono sostituiti (vedi fig. 118) due coni a denti cilindrici. Oppure si possono anche fare questi organi in modo che la linea *ab* tangente alle punte dei denti invece di essere una retta sia una curva, od ancora combinare insieme varie di queste ruote.

I ferri ed i divisori delle macchine a far lana di legno, si possono arrotare con i soliti mezzi, ma è conveniente che tali utensili siano bene e regolarmente affilati, quindi è consigliabile l'uso di una arrotatrice come quella indicata nella fig. 119 costrutta dalla Casa Anthon e Söhne.

Questa macchina, che può essere messa in moto a mano, o, come nel caso della figura, da una puleggia e cinghia, porta una mola girevole attorno ad un asse orizzontale; il ferro che si vuole arrotare si fissa nella dovuta posizione su un carrello che riceve moto di traslazione in due sensi, uno normale all'altro, per ottenere che l'arrotatura sia completa lungo tutto il filo dell'utensile che si arrotta.

La stessa Ditta costruisce ancora speciali presse per imballare la lana onde presenti poco volume. Due tipi sono rappresentati nelle fig. 120 e 121. La prima è costrutta tutta in ferro, è verticale e la pressione viene fatta a mano; la seconda, costrutta invece parte in ferro e parte in legname, è orizzontale e la spinta al cappello premente è ottenuta con puleggie che ricevono forza da motore inanimato. La prima fornisce balle che hanno per base un rettangolo di m. 0,75 per 0,70 di lato ed un'altezza variabile da m. 0,40 a m. 0,70, e quindi il peso della balla varia da 20 a 50 kg.; la seconda pressa invece forma balle cubiche di m. 0,70 di lato e del peso da 35 a 40 kg. La semplice ispezione delle figure ci dispensa da ogni ulteriore spiegazione riguardo a queste semplicissime macchine, il cui modo di agire è troppo conosciuto nell'industria e nel commercio.

Roma.

Ing. LUIGI BELLOC.

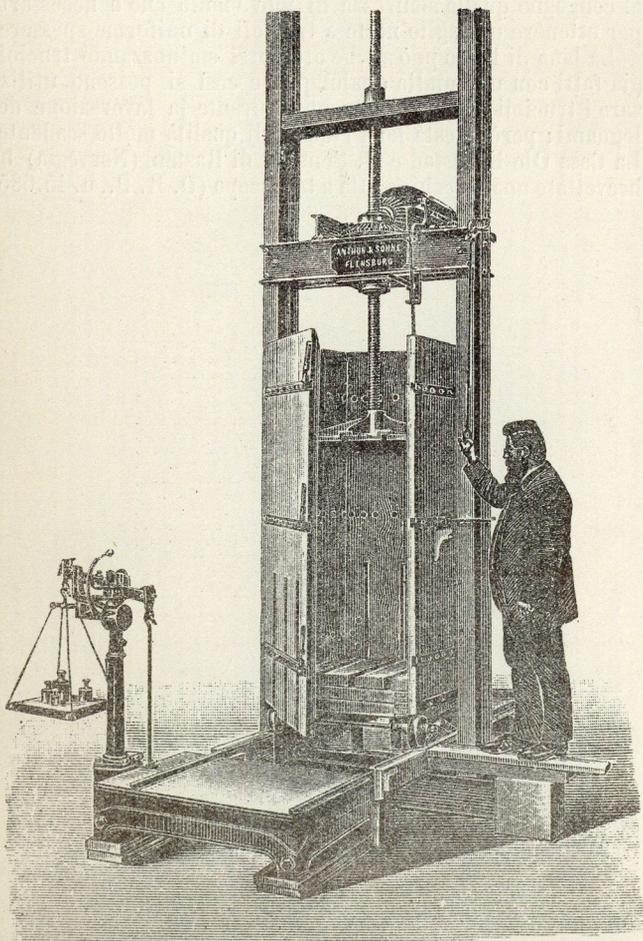


Fig. 120.