

L'INGEGNERIA CIVILE

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.

FISICA INDUSTRIALE

NOTIZIE SUL TRATTAMENTO DEI MINERALI DI RAME
col processo dell'ing. MARCHESE
applicato a Casarza, presso Sestri Levante.

I.

Il trattamento elettrolitico dei minerali di rame secondo il metodo Marchese quale fu annunciato dapprincipio, come è noto, si basava sulla scomposizione dei solfuri naturali commisti alle rispettive matrici terrose, per mezzo della corrente elettrica formando dei voltometri, in cui per elettrolita si doveva mettere una soluzione di solfato di rame, per anodo il minerale di rame opportunamente disposto, e per catodo una lastra di rame sulla quale per effetto della corrente doveva deporsi il metallo derivante dalla scomposizione del solfuro. Il liquido elettrolitico non sarebbe stato che un intermedio o veicolo permettente al rame del solfuro anodo di trasformarsi in sale solubile, per tradursi tosto allo stato metallico sul catodo.

Alcune prove fatte in laboratorio su minerali di rame speciali, dettero dei risultati incoraggianti, ma tosto che si volle fare un'applicazione di tal procedimento di qualche importanza, s'incontrarono difficoltà pratiche grandissime.

Si può ben prevedere in parte di qual natura fossero quelle difficoltà, con anodi nei bagni tanto inomogenei per composizione, per stato di coesione e per irregolarità di forme. La resistenza al passaggio della corrente doveva certo essere grande, sempre variabile e sovente le parti formate di solfuro di rame da attaccarsi dovevansi trovare involte o incluse in una cortecchia di materia isolante o poco conduttrice; d'altra parte l'elevato potenziale che dovevasi dare alla corrente per vincere tanta resistenza, doveva produrre decomposizione dell'acqua, e quindi polarizzazione nei bagni, ed oltre a ciò dovevasi produrre un complesso di fenomeni di decomposizioni chimiche e reazioni nelle soluzioni dei bagni e sulle diverse sostanze componenti gli anodi, da rendere di continuo variabile l'effetto della corrente, e sempre con danno della buona utilizzazione di questa o della qualità del deposito metallico da ottenersi.

L'elettrolisi diretta dei minerali, come ben si sa, fu già oggetto di molti studi, e vennero, come è noto, enunciati già diversi procedimenti elettrolitici per diversi minerali, ma tutti basati in generale sulla decomposizione di sali metallici messi in soluzione e derivanti dal trattamento con reagenti chimici del minerale (processi Doucet, Atkins, Laue, Letrange, ecc.). L'alto potenziale richiesto nella corrente per la decomposizione dei sali delle soluzioni, formò sempre una difficoltà insuperata, atteso la polarizzazione ed il complesso di reazioni chimiche che avvengono nel bagno elettrolitico, e si può dire che nessuno di quei procedimenti poté divenire pratico.

Il Deligny ebbe forse per primo l'idea della scomposizione diretta dei solfuri metallici messi come anodi in un voltmetro. Questa produceva senza gli inconvenienti che si hanno coi sali perchè essa avviene con corrente a basso potenziale. Più tardi i signori Blas e Miest enunciarono un loro procedimento per il trattamento dei solfuri metallici naturali direttamente coll'elettrolisi, mettendo questi tritutati e tradotti in piastre di forme regolari come anodi in un bagno voltmetro, basandosi sullo stesso principio da cui parti l'ingegnere Marchese nello studio del suo procedimento. Ma quel processo in

pratica presentò tante difficoltà, che non fu ancora possibile di adottarlo nell'industria.

Le serie difficoltà pratiche, che pure, e non poche, dovette incontrare il processo Marchese nelle varie esperienze che di esso si sono fatte su scala industriale, vennero, con una perseveranza di studi e di lavoro non comuni superate man mano introducendo una serie di modificazioni pratiche e di trasformazioni al primitivo processo da cui si era partiti. Ed ormai si può dire che al punto cui è ora giunto il nuovo procedimento raggiunge la risoluzione del problema che si era proposto in modo pratico e ben soddisfacente. Si rinunciò innanzi tutto di assoggettare alla corrente elettrica direttamente i minerali, ed ora questi si fondono per metalline, parte soltanto delle quali traduconsi in anodi omogenei e di forma la più adatta per i bagni; si trae ora profitto di tutto lo zolfo del minerale traducendolo in acido solforico, parte solo del quale viene ad essere sufficiente per la traduzione in solfato della parte del rame del minerale occorrente per formare le soluzioni elettrolitiche per i bagni. Si giunse ad avere l'operazione dell'elettrolisi in condizioni uniformi e regolari in tutti i bagni in cui essa va suddivisa, ed infine si giunse a stabilire un circolo di operazioni così collegate fra loro da costituire un procedimento ben razionale estensibile a tutti i minerali di rame solfuri, qualunque sia la loro ganga o matrice.

*

Il procedimento Marchese, allo stato in cui è giunto attualmente, e quale lo si vede ora applicato, è costituito dalle seguenti operazioni:

- 1° Fondita di tutti i minerali per metalline;
- 2° Torrefazione completa di una parte di queste metalline, servendosi dell'acido solforoso prodotto per la fabbricazione dell'acido solforico. L'altra parte di metalline viene colata in stampi per far piastre da servire per elettrodi anodi nei bagni d'elettrolisi;
- 3° Lisciviazione con acido solforico degli ossidi prodotti colla torrefazione, per avere soluzioni di un tenore in rame non inferiore al 20/100;
- 4° Elettrolisi delle soluzioni ramifere in voltometri o bagni, dove come anodi vengono messe le piastre di metalline e come catodi lastre di rame. In quest'operazione il rame viene prodotto sui catodi dalla scomposizione del solfuro delle metalline in parte, e nel resto dalla scomposizione del solfato del liquido elettrolitico con sostituzione per quest'ultima parte di corrispondente equivalente di solfato di ferro derivante dal solfuro degli anodi.

Con questa formola di trattamento si ha, è bensì vero, il carico non lieve della fondita di tutto il minerale, ma si viene con tal mezzo a rendere il trattamento stesso indipendente dalla natura della ganga o matrice del minerale ed entro larghi limiti indipendente dal loro grado di ricchezza, epperò estensibile a tutte le varietà dei minerali solforati. Formando gli anodi dei bagni elettrolitici colle metalline colate in lastre, si riesce ad avere resistenze uniformi e relativamente deboli, con vantaggio dell'uniformità di prodotti e dell'economia dell'energia elettrica da adoperarsi. Nè avverrà mai, come si vedrà, con minerali solforati qualsiasi di aver in generale deficienza di solfo per la fabbricazione dell'acido solforico occorrente per il trattamento, ma se ne avrà di quest'acido sempre in eccesso.

Come prodotto del trattamento si hanno lastre di rame purissime, compatte, uniformi, di grosso spessore, costituite

dai catodi stessi i quali come vengono estratti dai bagni, raggiunto che abbiano il peso voluto, sono messi in commercio. Inoltre, quali prodotti secondari, si ha l'acido solforico eccedente i bisogni del trattamento, e solfato di ferro cristallizzato. Di acido solforico se ne produce sempre dippiù del bisogno pel trattamento perchè l'acido che occorre non è che quello richiesto per disciogliere una parte del rame del minerale, quello cioè che sta nei residui della torrefazione diretta delle metalline e nei residui degli anodi che si estraggono dai bagni che hanno già ceduto sui catodi una parte del loro rame che avevano in origine. Rimane sempre eccedente l'acido corrispondente allo solfo del solfuro di ferro che non manca mai nelle metalline che si producono, oltre a parte di quello del solfuro di rame e di altri metalli che eventualmente si possono nelle metalline stesse trovare.

A Casarza, vicino a Sestri Levante, venne stabilita dalla Società Elettro-metallurgica un'officina importante per il trattamento di minerali di rame secondo il processo suindicato, la quale è ora in attività ed è atta a produrre, col suo regolare esercizio, 2000 chg. di rame elettrolito al giorno. La lavorazione in quell'officina non è però ancora del tutto regolare, per alcune operazioni; mancano ancora gli impianti opportuni per la torrefazione delle metalline come conviensi, e si è perciò costretti a fabbricare l'acido solforico necessario al trattamento con piriti non ramifere che si provvedono dalla miniera di Libiola, e di versare invece nell'atmosfera l'acido solforoso proveniente dalle metalline. Questa deficienza però non toglie che si possano già fin d'ora egualmente apprezzare i risultati ottenibili col processo Marchese, e che si otterranno quando a quella deficienza si sarà provveduto. L'operazione dell'elettrolisi funziona regolarmente, ed è l'essenziale, quella che più di tutto interessa e che ha importanza.

In una mia visita a quell'officina, fatta nel settembre u. s. ho visto in esercizio metà dell'impianto elettrico, corrispondente cioè ad una produzione di circa 1000 chg. di rame al giorno, ed ebbi l'opportunità di constatare dei risultati di fatto assai importanti e tali, a mio avviso, da meritarsi tutta la considerazione degli industriali seri e competenti, risultati ben valevoli a mio avviso a stabilire il rilevante valore pratico che va attribuito al nuovo procedimento.

Ritengo pertanto di far cosa utile, o per lo meno interessante per chi si occupa di metallurgia, l'espone qui, come mi propongo di fare, gli appunti che ho potuto raccogliere nella mia visita a quell'officina sul procedimento Marchese colà applicato ed i risultati che sul medesimo mi venne dato di constatare. Un altro motivo poi che mi determina a pubblicare questi appunti con alcuni dati e considerazioni d'ordine economico che ne faranno seguito, è che dessi potranno forse contribuire a dissipare delle prevenzioni troppo sfavorevoli che si ebbero finora in generale sul merito industriale del processo, il quale va giudicato indipendentemente dall'esito che si ebbe fin qui come affare di speculazione, riflettendo che i risultati economici ad esso riguardanti ottenutisi finora si riferiscono ad un periodo di prove e di lavori fatti con impianti e con mezzi forse troppo anticipati e grandiosi nelle condizioni di imperfezione e di incertezze in cui ancora trovavasi in origine il procedimento stesso.

II.

L'officina di Casarza è situata ad 8 chilometri circa da Sestri Levante, e discosta circa di altrettanto dal mare; trovasi in un'ampia vallata in cui scorre un torrente che abbonda di acqua per quasi tutta l'annata, e dal quale l'officina deriva la forza motrice che le è necessaria.

L'impianto dell'officina nella sua parte essenziale consiste in due forni a tino per la fondita dei minerali, una serie di forni a stalli per la torrefazione delle metalline, un'altra serie di dodici forni a griglia per bruciare la pirite che ora si usa per la fabbricazione dell'acido solforico. Annessi a questi ultimi forni sonvi le camere di piombo, misuranti circa una capacità di 1000 m. c. cogli accessori occorrenti per la fabbricazione di detto acido, ad eccezione però delle torri di Glower e di Gay-Lussac.

Poco discosti dai forni sonvi i bacini di lisciviazione in numero di 12, costituiti da vasche in legno foderate internamente di piombo, della capacità di circa 5 m. cubi ciascuna. Altre vasche consimili veggonsi distribuite in locali diversi per altri usi, cioè per la cementazione, per la cristallizzazione del vetriolo o solfato di ferro, e per serbatoi.

La parte più importante dello stabilimento per lo spazio occupato, sono due vasti locali coperti, in cui si eseguisce la operazione dell'elettrolisi. In ciascuno di questi sono disposte 10 macchine dinamo-elettriche e 120 vasche di legno, di circa un metro cubo di capacità ciascuna, serventi pei bagni elettrolitici. Oltre a questi apparecchi, negli stessi locali sonvi altre poche vasche e qualch'altra dinamo per operazioni accessorie al trattamento, per la luce elettrica con cui s'illumina lo stabilimento, e per le esperienze.

Nell'officina veggonsi ancora altri forni a manica ed un piccolo forno a riverbero, che servivano per lo passato pel trattamento col processo ordinario di fusione di minerali di rame, che venne qui applicato provvisoriamente per qualche tempo e per circostanze speciali, ma che ora sono fuori d'uso.

La forza motrice è data da una caduta d'acqua formata da una derivazione che vien presa a monte del torrente che scorre accanto lo stabilimento, ed è ripartita su due turbini: una atta a sviluppare un lavoro dinamico di 70 cavalli e l'altra di 120 cavalli. Questi motori sono collocati accanto ai due locali dell'elettrolisi, e servono per mettere in attività tutte le dinamo in essi stabilite, il ventilatore dei forni a tino e serviranno altresì per l'apparecchio di triturazione delle metalline, che sarà attivato quanto prima, e che vedesi già stabilito nonchè per eventuali altre occorrenze dello stabilimento.

I minerali che si trattano ora a Casarza provengono dalla vicina miniera di Gallinara; sono calcopirite a ganga serpentina e quarzifera con poca pirite, del tenore medio in rame del 10 a 12 per 100.

La lavorazione dell'officina la si può distinguere nelle seguenti parti:

Fusione dei minerali per metalline — Torrefazione delle metalline e fabbricazione dell'acido solforico — Lisciviazione dei residui della torrefazione — Elettrolisi di metalline e delle soluzioni ramifere — Trattamento accessorio delle soluzioni dette sature per lo spoglio completo del rame e per l'estrazione del solfato di ferro.

Esamineremo ora con qualche dettaglio ciascuna di codeste operazioni coi relativi dati economici.

*

Fusione dei minerali. — Tutti i minerali, come già fu detto, vengono fusi per metalline. Si fa una fondita cruda, nel letto di fusione della quale si aggiungono ai minerali i residui della lisciviazione, che vedremo più avanti, costituiti essenzialmente di ossidi di ferro, con 4 a 5 per 100 di rame, e che ammontano in peso a circa il 10 per 100 del minerale; aggiungonsi altresì le scorie ricche, derivanti da precedenti operazioni. Non occorre altro fondente, essendo la ganga del minerale facilmente fusibile colle aggiunte indicate.

Due sono i forni in cui si opera questa fusione, e ciascuno dei quali passa nella giornata di 24 ore 10 tonnellate di minerale. Questi forni sono a tino, dell'altezza di 5 metri circa: sono a due crogioli esterni, sono soffiati da un solo ugello, e per mezzo di un semplice ventilatore rotativo a palmette e vengono serviti da un piccolo montacariche a verricello.

Il profilo interno dei forni non ha nulla di particolare; è dei più comuni con camicia di mattoni refrattari. La bocca è aperta e non è munita di nessun apparecchio di caricamento. I gas uscenti sono aspirati in un condotto che si diparte dall'orificio di caricamento e mette capo in un camino posto a circa 50 metri distante dai forni, in un punto elevato sul pendio del monte, contro cui sono addossati essi forni. A questo camino affluiscono tutti i prodotti gassosi della officina da espellersi.

Il coke con cui sono attivati questi forni giunge nell'officina per la via di Sestri, e costa nell'officina L. 45 la tonnellata; se ne brucia in media quintali 1,5 a 2 per tonnellata di minerale che si fonde.

Due mute di operai bastano per la condotta di un forno

nelle 24 ore. Da questa operazione si ottengono metalline aventi in media la composizione seguente:

| | |
|-----------------|---------------|
| rame | 27 a 30 per % |
| ferro | 43 a 40 » |
| zolfo | 30 » |

Per tonnellata di minerale passato alla fusione si ottiene quintali 4 di metalline e quintali 6 circa di scorie di rigetto.

Le scorie vengono colate continuamente dai forni e le metalline si fanno affluire ad intermittenze nei due crogiuoli esterni. Da questi vengono con cucchie riprese e colate in stampi di ghisa e così tradotte in piastre piane quadrate di uniforme spessore di 3 cent., di lati 0,80 per 0,80, e del peso di 110 chilog. in media.

Al momento della colata nello stampo predetto, collocato questo con un lato verticale si introducono dal bordo superiore in modo simmetrico all'asse centrale del medesimo due nastri di rame di 2 cent. di larghezza per 2 mm. di spessore, i quali dopo fatta la colata restano rappresi nella metallina solidificata e vengono a sporgere dal bordo delle placche formate di circa 20 cent.

Le lastre di metallina sono destinate a servire di anodi nelle vasche voltometri e le appendici metalliche in esse rapprese sono messe per il collegamento col conduttore della corrente elettrica.

Non tutte le placche quando si levano dagli stampi si trovano senza difetti. Si scartano quelle che hanno screpolature o disomogeneità, e si mettono da parte le meglio riuscite. Quest'ultime soltanto sono destinate per anodi; le altre vengono spezzate per portarle ai forni di torrefazione.

Si valuta a Casarza che in media il quantitativo di metalline che serve a formare anodi è circa $2\frac{1}{3}$ del prodotto totale dei forni. L'altro $1\frac{1}{3}$ va direttamente alla torrefazione.

La parte delle metalline prodotta dai forni di fusione che va destinata per anodi viene valutata su queste norme:

Per una produzione di 1000 chilog. di rame nelle 24 ore colla disposizione che verrà indicata e colle dinamo che si hanno per l'elettrolisi è necessario, come si vedrà, avere in azione per il miglior rendimento una superficie complessiva di anodi rappresentata da 2000 placche delle dimensioni indicate, cioè mq. 2560 di superficie d'anodi, corrispondenti ad un peso originario di 220000 chilog. Si valuta che una placca d'anodo sta in bagno nel voltmetro tre a quattro mesi e in media 100 giorni prima che venga estratta per passare ad altre operazioni. Quindi avrebbersi un rinnovo giornaliero medio nei bagni della centesima parte degli anodi ossia di 20 placche di metalline del peso di 2200 chilog.

Il minerale al 12 p. 0/0 di rame che devesi fondere per avere la produzione in rame indicata computata la perdita nella fondita è di chilog. 8600 circa da cui ricavasi chilog. 3400 di metalline dal 27, al 30 p. 0/0 circa di rame. Ne risulta quindi che i $2\frac{1}{3}$ di esse metalline bastano per formare gli anodi e l'altro $1\frac{1}{3}$ passa alla torrefazione appunto come s'è indicato.

Queste proporzioni possono però variare durante l'esercizio stesso secondo che le placche anodi si conservano più a lungo nei bagni senza cadere a pezzi, dipendendo ciò dalle precauzioni che si hanno nella colata delle placche e dalla composizione delle medesime.

In ogni modo esse devono venire estratte dai bagni prima che la loro decomposizione sia divenuta completa acciò non abbiano a cadere a pezzi sul fondo delle vasche.

*

Le condizioni economiche dell'operazione della fondita per metalline sono queste:

Nelle 24 ore un forno passa in media tonnellate 10 di minerale commisto alle materie indicate del letto di fusione e produce in media chilog. 4000 di metalline e 7000 chilog. circa di scorie di rifiuto.

Queste ultime sono in media del tenore $1\frac{1}{2}$ p. 0/0 di rame e costituiscono quindi una perdita sul rame contenuto nel minerale di circa il 3 p. 0/0. E questa è tutta la perdita che si ha nel trattamento completo del minerale come vedremo.

Per questa produzione giornaliera di metalline si hanno le seguenti spese speciali:

| | |
|---|---------|
| Coke = (il 15 a 20 p. 0/0 del minerale fuso) | |
| chilog. 2000 a L. 45 la tonnellata | L. 90 |
| Mano d'opera: | |
| N. 2 capi fonditori a L. 3,50 | L. 7 |
| » 2 aiutanti a L. 3 | » 6 |
| » 2 caricatori a L. 3 | » 6 |
| » 8 manovali a L. 2,50 | » 20 |
| | — |
| | 39 » 39 |
| | == |
| Spese di fucina, di utensili e diverse | » 10 |
| Scarto degli stampi in ghisa per la colata in placche e riparazioni diverse | » 14 |
| | — |
| | L. 153 |
| | == |

ciò che corrisponde a L. 15,30 per tonn. di minerale fuso ossia a L. 61,20 per tonn. di metalline del tenore indicato del 27 a 30 p. 0/0 in rame.

*

Torrefazione. — Le metalline da torrefarsi come già fu detto, ammontano al $1\frac{1}{3}$ all'incirca di quelle prodotte dai forni e ad esse si aggiungono i residui degli anodi che vengono estratti giornalmente dalle vasche d'elettrolisi.

Le placche anodi quando si estraggono dai bagni dopo circa tre o quattro mesi di immersione si trovano molto ricche di zolfo libero e con un tenore in rame sempre sensibilmente superiore a quello che le medesime placche di metallina avevano in origine.

Questo fatto proviene da che il ferro delle metalline sotto l'azione della corrente passa in soluzione preferibilmente al rame atteso che l'acido solforico derivante dalla decomposizione del solfato di rame delle soluzioni tende in presenza degli anodi di metalline, a formare preferibilmente solfato di ferro che non solfato di rame essendo il primo un composto più stabile o meglio che produce più calorie nel formarsi che non l'altro. Ne deriva da ciò un aiuto alla corrente elettrica nel lavoro di decomposizione dei solfuri che deve fare, atteso che la parte di essa corrente assorbita dalla scomposizione del sale di rame disciolto è più piccola di quella riprodotta colla formazione, coilo stesso acido, del sale di ferro nel liquido elettrolita. La differenza fra queste due quantità di elettricità va tutta in diminuzione di quella che deve prodursi colle dinamo per la esclusiva decomposizione delle metalline anodi. Si è perciò che il ferro nelle metalline non è ritenuto svantaggioso nell'operazione dell'elettrolisi.

Si ritiene in media che su 100 di metallina in placche anodi che si introducono nei bagni vengono estratti 50 (e spesso anche solo 40) di residui contenenti 25 di solfo libero e 25 di metallina molto ricca, cioè circa del 50 p. 0/0 di rame. Il contenuto complessivo in solfo di questi residui viene ad essere del 65 p. 0/0 circa.

Ne risulta che su 27 a 30 di rame contenuto nelle metalline anodi introdotte nei bagni elettrolitici, soltanto 12 a 15 circa si traduce in rame metallico sui catodi, ed il resto rimane ancora come solfuro nei residui delle placche anodi da estrarsi.

Il quantitativo di metalline da passarsi direttamente ai forni di torrefazione coll'aggiunta dei detti residui va ad ogni modo calcolato su queste considerazioni:

Il rame che si dispone sui catodi nelle vasche d'elettrolisi è fornito in parte dagli anodi ed in parte dalle soluzioni. Se gli anodi per ipotesi non contenessero rame e fossero costituiti di solo solfuro di ferro, tutto il rame dovrebbe essere fornito dalle soluzioni. Se al contrario gli anodi fossero ricchissimi di rame o formati di solo solfuro di rame non si avrebbe che da fornire una sola volta le soluzioni, le quali senza mai cambiarle servirebbero fino ad esaurimento degli anodi, senz'altra cura che di fare aggiunte di acqua per compensare le perdite per evaporazione.

Col variare di composizione delle metalline come vedesi deve variare le quantità di soluzioni da rifornirsi ai bagni, e quindi la quantità di rame da far entrare nelle soluzioni; e cioè per metalline anodi poverissime di rame occorrerebbero

molte soluzioni, ed il rame da ottenersi sui catodi sarebbe fornito quasi tutto dalle soluzioni; per metalline invece molto ricche si richiederebbe meno quantità di soluzioni, ed il rame deposto nei catodi sarebbe fornito in maggior parte dagli anodi.

Pel caso che presentasi a Casarza nel trattamento dei minerali di Gallinara, con metalline cioè della composizione suindicata, l'esperienza dimostrò, come già implicitamente fu detto che su 100 chilog. di rame deposto sui catodi: 35 a 40 chilog. provengono dagli anodi e 65 a 60 provengono dalle soluzioni. Sulla base quindi di una produzione giornaliera di 1000 chilog., si deve mettere nelle soluzioni 600 chilog. di rame derivante dalla lisciviazione degli ossidi costituenti i materiali torrefatti. Siccome però i residui dei materiali lisciviati non sono spogli del tutto di rame, così per detta produzione sarà d'uopo di passare alla torrefazione un quantitativo di materiali che contenga un poco di più di 600 chilog. di rame.

I residui anodi che si hanno giornalmente a disposizione per una produzione di 1000 chilog. di rame elettrolitico sono formati, come fu detto, di 20 placche del peso metà di quello che esse avevano in origine, cioè del peso complessivamente di chilog. 1100 circa, di cui la metà circa è solfo libero e il resto è metallina al 50 p. 010 di rame.

Il contenuto complessivo di questi residui essendo di 275 chilog. di rame, occorre quindi prendere dalle metalline provenienti direttamente dalla fondita non meno di 325 chilogrammi di rame per avere il quantitativo metallico suindicato nel cumulo di materiali da torrefarsi, ossia nel caso che considerasi è necessario di passare giornalmente alla torrefazione in media chilog. 1300 delle metalline derivanti dai forni.

La carica da passarsi giornalmente ai forni di torrefazione per detta produzione sarà quindi costituita come segue:

| | | |
|-----------------------------|----------------|-------|
| Residui anodi | chilog. | 1100 |
| Metalline dei forni | » | 1300 |
| | | ----- |
| | Totale chilog. | 2400 |
| | | ----- |

La torrefazione ebbe luogo finora in stalli coperti quali si usano comunemente nelle officine di trattamento ordinario dei minerali di rame per via ignea, in cui le metalline miste al combustibile si ripassano a parecchi fuochi per poter eliminare tutto il loro solfo.

Si prosegue tuttora con tal mezzo inopportuno non avendosi ancor provveduto all'impianto di forni convenienti.

Si hanno 16 di tali forni a stalli riuniti in un solo masiccio, ciascuno dei quali ha la capacità di circa mc. 12.

I prodotti della torrefazione di questi stalli coperti vengono emessi nell'atmosfera passando per lunghi condotti in comunicazione col camino che si è indicato.

Questo modo di procedere è seguito in via provvisoria, ed è destinato a scomparire ben presto.

La torrefazione delle metalline, secondo il processo Marchese, come fu detto, devesi fare in forni che permettano di utilizzare i prodotti gasosi per la fabbricazione dell'acido solforico, epperò si ha in progetto d'impiantare dei forni *Maretra* nei quali, come si sa, riesce possibile torrefare completamente i solfuri per la fabbricazione di acido solforico anche se questi sono ad un basso tenore in solfo (fino al 25 p. 010) caso che potrà forse verificarsi trattandosi nel seguito altri minerali più ricchi in rame. Sarà d'uopo perciò triturare le metalline prima di passarle in questi forni, ed a tal uopo havvi già stabilito nell'officina, come s'è già accennato, un frangitore a mascelle del tipo *Marsden* atto a polverizzare giornalmente 12 a 15 tonnellate di metalline.

I forni *Maretra* che sono progettati devono poter torrefare ciascuno nelle ore 24 da 500 a 800 chg. di materie solforose.

Il tenore in solfo delle metalline che produconsi ora dai forni, è all'incirca del 30 p. 010, ma coll'aggiunta dei residui degli anodi che sono di un tenore in solfo di circa del 60 a 65 p. 010 si viene ad avere un materiale da torrefarsi del contenuto medio in solfo dippiù del 40 p. 010. Un tal materiale è quindi bene addatto alla torrefazione in detti forni per la fabbricazione dell'acido solforico. Valga questa considerazione ancora per assicurare che qualora si avessero delle metalline da trattarsi meno ricche di solfo di quelle che ora

si hanno, in grazia dell'aggiunte dei residui d'anodi che è d'uopo farvi si otterrà sempre una miscela di materie da torrefarsi con un tenore in solfo al disopra del limite richiesto per la traduzione di questo metalloide in acido solforico bruciandole nei forni *Maretra*.

Infatti quanto più le metalline sono povere di solfo saranno in generale ricche di rame, epperò richiederanno poche soluzioni da mettersi nelle vasche voltometri e molte placche anodi invece da ricambiarsi perchè il rame che si deporrà sui catodi proverrà in maggior quantità dalle metalline anodi, e meno dalle soluzioni, come già si è detto, ed occorrerà quindi meno acido pel trattamento.

Le aggiunte di residui ricchi di solfo che s'avranno da fare in questo caso alle metalline aumenteranno in rapporto alle metalline da torrefarsi e si compenserà così il basso tenore in metalloide di queste.

Non è che pel caso specialissimo che col basso tenore in solfo delle metalline, si avesse anche basso tenore in rame nelle medesime che si avrebbe d'uopo ancora di molte soluzioni, ma sarebbe questo un caso eccezionale nella pratica e verificandosi sarà sempre possibile di far miscele di minerali da fondersi perchè la composizione delle metalline riesca conveniente al trattamento.

*

Dati economici. — Attualmente si fabbrica l'acido solforico nell'officina per i bisogni della lavorazione torrefacendo della pirite di ferro in pezzi al 45 p. 010 di zolfo che proviene dalle miniere di Libiola. Si hanno, per bruciare questa pirite, n. 12 forni a griglia, ed annessi a questi sonvi camere di piombo allo scoperto di una capacità complessiva di mc. 1000 circa.

I residui gasosi all'uscire delle camere si lasciano affluire liberamente nell'atmosfera.

Per un quintale di rame allo stato di ossido che trovasi nei residui della torrefazione si richiede per tradursi in solfato, e passare in tale stato nelle acque di lisciviazione chilog. 157 di acido solforico monoidrato ($SO^4 H^2$) ossia chilog. 250 di acido a 50° Beaumé. Quindi per la produzione di 1000 chilog. di rame elettrolitico al giorno dovendosene tradurre in solfato 600 chilog., come s'è detto, occorrerà un quantitativo di acido a 50° Beaumé di quintali 1500 pei bisogni dell'operazione della lisciviazione. Non si dovrà eccedere nell'acido delle soluzioni per non incorrere nell'inconveniente nei bagni di elettrolisi di avere attacchi delle metalline con produzione di HS.

La produzione giornaliera di acido dell'officina di Casarza è ben superiore al consumo che richiede ora quella lavorazione e fu calcolata per la produzione di rame elettrolitico di 2 tonnellate al giorno.

Le condizioni economiche della torrefazione e della produzione dell'acido solforico non devono dedurre dalla lavorazione come ora viene fatta poichè si uscirebbe dal metodo e trattamento che vuolsi considerare; è d'uopo bensì esaminare il costo di queste operazioni pel caso che gli impianti dei forni *Maretra* sieno eseguiti, e che le metalline vengano regolarmente in questi forni trattate, valendosi dei prodotti gasosi che ne devono derivare per la fabbricazione dell'acido solforico. Si metterà a carico del trattamento tutta la produzione di questo acido ed a beneficio il valore dell'acido eccedente i bisogni del trattamento.

Riferendosi alla produzione di 1000 chilog. di rame elettrolitico al giorno, nel caso che considerasi si avrà, come già s'è visto, chilog. 2400 di metalline e residui anodi da macinarsi, indi da torrefarsi.

a) *torrefazione.* — Col frangitore si tritura in 10 ore circa 12 tonnellate delle materie che considerasi colla spesa in mano d'opera e manutenzione di circa L. 4. Quindi per chilog. 2400, si avrà un costo per la triturazione di L. 0.80

Con un forno *Maretra* del modello di quelli in progetto si può valutare di poter torrefare nelle 24 ore all'incirca chilog. 800 di metalline e due operai bastano per attendere a tre di tali forni. Quindi il costo in mano d'opera per la torrefazione di chilog. 2400 di materia può ritenersi di . . . » 6.—

A riportarsi L. 6.80

| | |
|--|------------------------|
| | <i>Riparto</i> L. 6.80 |
| Aggiuntovi spese di manutenzione, di utensili e diverse » | 0.50 |
| | — |
| Costo della torrefazione per 1000 chilog. di rame prodotto L. | 7.30 |
| | == |
| b) <i>acido solforico</i> . — Per la fabbricazione di 1000 chg. di acido solforico a 50° Beaumé derivato dalla pirite, non contando il costo di questa si hanno attualmente le seguenti spese: | |
| Chilog. 18.77 di nitrato di soda a L. 27.50 al quintale L. | 5.16 |
| Chilog. 90 di litantrace per la produzione del vapore da mandarsi nelle camere di piombo a L. 3.5 il quintale » | 3.15 |
| Mano d'opera in complesso » | 3.— |
| Utensili » | 0.60 |
| Spese diverse » | 0.50 |
| | L. 12.41 |
| A dedursi il bisolfato di soda che si ottiene dalla scomposizione del nitrato coll'acido solforico: chilog. 30 circa a L. 3 il quintale » | 0.90 |
| Costo di 1000 chilog. di acido solforico a 50° Beaumé L. | 11.51 |
| | == |

Nel caso che si debba produrre l'acido colle metalline non si dovrebbe sensibilmente discostarsi da questo costo per tonnellata di acido a 50° Beaumé, atteso che il tenore in zolfo di esse metalline commiste ai residui anodi viene ad essere all'incirca lo stesso di quello che hanno le piriti che trattansi attualmente.

Si può tuttavia ritenere per ogni evento ed a miglior garanzia nel preventivo un costo di L. 13 per tonn. di acido ricavato dalle metalline.

Per la produzione che s'è tenuta per base, di 1000 chilog. di rame elettrolitico al giorno, coi minerali che ora trattansi a Casarza si verrebbe colla torrefazione di chilog. 2400 di materie solforate al 40 p. 0/10 di zolfo, a produrre non meno di chilog. 3600 d'acido solforico a 50° Beaumé al giorno, di quali solo chilog. 1500, come s'è visto, occorrono per la lisciviazione. Il carico di spesa quindi per la produzione di tutto l'acido sarebbe di $L. 13 \times 3,600 = L. 46,80$.

L'acido eccedente i bisogni della lisciviazione risulta essere di chilog. 2000 circa che valutato a L. 4 rappresenta un valore di L. 80.

Riassumendo le spese delle operazioni di torrefazione e produzione d'acido per tonnellata di rame prodotto pel caso di andamento regolare della torrefazione delle metalline per acido solforico nei forni *Maretra*, si avrebbe:

| | |
|---|-----------------|
| Macinazione metallina e torrefazione L. | 7.30 |
| Produzione acido solforico » | 46.80 |
| | Totale L. 54.10 |
| | == |

Come vedesi se si tenesse qui conto del beneficio derivante dalla vendita dell'acido l'operazione che considerasi si effettuerebbe con un guadagno di L. 25 circa per ogni tonn. di metallo prodotto.

Lisciviazione. — Le materie torrefatte estratte dai forni passano alla lisciviazione coll'acido solforico, previa una triturazione che ora subiscono provvisoriamente a mezzo di martelli a mano.

Sonvi nell'officina due apparecchi o impianti distinti di lisciviazione che possono agire indipendenti fra loro, e ciascuno dei quali fu progettato in condizioni da poter essere sufficiente pei bisogni del trattamento riferentesi alla produzione di una tonn. di rame al giorno, ossia fu valutato ciascuno come annesso occorrente per l'esercizio della metà delle macchine dinamo stabilite nell'officina per il lavoro di elettrolisi.

Un apparecchio di liscivio consiste in una serie di quattro

casce di legno foderate internamente con lamine di piombo onde siano sempre a perfetta tenuta; sono disposte allineate in gradinata con dislivello dall'una all'altra di m. 0.20 e comunicanti tutte fra loro mediante tubi di cuoio stabiliti alle parti inferiori. Questi tubi si possono chiudere per modo che le casce non comunicano fra loro che quando occorre. Ogni cassa ha forma parallelepipedica, è profonda circa m. 1, misura in sezione orizzontale circa m. 1.50 per 2 ed è divisa in due compartimenti uguali da una parete verticale continua.

Le acque di liscivio vengono versate nella cassa più elevata e fatte passare ad intervalli opportuni da un bacino all'altro fino al più basso, aprendo i tubi di comunicazione indicati. I materiali o terre da liscivarsi vengono versati nel bacino inferiore della serie, e si fanno successivamente, con manovre di pala a mano, rimontare da una vasca alla contigua con marcia inversa di quella del liquido.

Le acque pel liscivio delle terre ramifere sono prese ad intervalli da quelle che, come vedremo, stanno in circolazione nei bacini di elettrolisi, e per poca parte soltanto sono acque nuove e pure che a quelle derivazioni si aggiungono.

I residui della torrefazione da liscivarsi contengono il 4 a 5 per 0/10 di solfo, il 35 per 0/10 circa di rame allo stato di ossido, e nel resto sono costituiti da perossido di ferro. Trattati con acido solforico diluito si hanno soluzioni di solfato di rame con pochissimo ferro, essendo, come si sa, pochissimo solubile il solfato ferrico $(SO_4)_2Fe^3$ che può formarsi.

La lisciviazione vien fatta a caldo, facendo gorgogliare nel liquido dei bacini del vapore d'acqua fino a portare esso liquido a 70°. Le soluzioni arricchite che si ottengono da questa operazione devono contenere dal 6 al 7 per 0/10 di rame, nè vuolsi maggior arricchimento perchè s'avrebbero in allora delle terre residue ancor molto ramifere, ossia una lisciviazione troppo incompleta, e neppure vogliansi soluzioni più povere perchè si avrebbero in allora dei risultati poco soddisfacenti nell'operazione di elettrolisi.

I residui della lisciviazione contengono ancora il 4 e più per cento di rame, e vengono passati, come già fu detto, nel letto di fusione per metalline coi minerali.

Il quantitativo di questi residui lisciviati da rifondersi si riducono a circa il 10 per 0/10 del peso dei minerali da cui ebbero origine. In tal proporzione vengono appunto, come si è detto, a trovarsi coi nuovi minerali di rame nel letto di fusione per metalline.

Importa di rendersi conto di questo peso a cui si riducono i residui della lisciviazione da rifondersi, onde dissipare subito delle dubbiezze.

Per 100 di minerale che si fonde si ha 40 di metalline.

Con $\frac{2}{3}$ di queste si fanno anodi, che nei bagni si riducono poi alla metà del loro peso originario; si hanno cioè residui anodi: $\frac{1}{2} \times \frac{2}{3} \times 40 = 13.30$.

L'altro $\frac{1}{3}$ di metalline passa con questi residui alla torrefazione, cioè in tutto passa a quest'operazione 26.60 per 100 di minerale. Colla torrefazione, e successiva lisciviazione, queste materie perdono solfo e rame e qualche poco di ferro e si riducono in peso al 40 per 100 in media di quello che avevano prima di torrefarsi, cioè a 40 circa appunto come si è asserito.

Vedesi qui che il quantitativo di materia da rifondersi è piccolo e non costituisce aggravio del procedimento come potrebbe forse a prima impressione sembrare. Si hanno invece con questa rifondita dei vantaggi i quali consistono: nell'aver un utile fondente per la scorificazione della silice e silicati terrosi della ganga, matrice del minerale (caso che si verifica molto frequentemente in pratica), nell'evitare perdite di rame nei residui lisciviati e nel semplificare inoltre l'operazione della lisciviazione, non richiedendo questa di farsi qui in modo molto perfetto con operazioni prolungate come devesi invece fare di solito nei trattamenti per via umida dei minerali di rame. In quest'ultimo caso i residui della lisciviazione danno luogo a rilevanti perdite sempre in metallo; nel caso invece che considerasi non vi ha perdita sensibile.

Nel bacino superiore dell'apparecchio di lisciviazione vengono introdotte le acque pure, oppure le acque povere derivate da quelle che s'è detto essere in circolazione nelle vasche d'elettrolisi. Qui esse acque si trovano a contatto delle terre impoverite provenienti dal bacino attiguo inferiore nel quale esclusivamente vien fatto l'attacco coll'acido solforico a 50° di esse terre dopo che le medesime attraversarono gli altri due bacini successivi inferiori. Dopo che l'acido solforico a detto grado di concentrazione e nel quantitativo opportuno ha agito sulle terre del terzo bacino, contando dal più basso, per il tempo sufficiente per solfatizzare il rame in esse ancor contenuto, si fanno in questo bacino discendere le acque del bacino più elevato, le quali qui, dopo opportuno rimescolamento, giungono ad arricchirsi del 2 a 3 p. 0/0 in rame di più di quel che contenevano prima, più disciolgono l'acido libero. Le acque così arricchite e contenenti molto acido libero si fanno affluire nel successivo inferiore bacino dove trovandosi a contatto di terre più ricche di rame ne disciolgono un'altra dose, fino a giungere ad avere il tenore in metallo del 4 a 5 p. 0/0. Finalmente giunte nel bacino più basso a contatto delle terre, le più ramifere, quali pervengono direttamente dalla torrefazione, giungono esse acque ad arricchirsi fino al 6 e 7 per 0/0 con saturazione completa dell'acido. A questo grado di ricchezza vengono immesse nella corrente liquida che circola nelle vasche di elettrolisi, mano mano che occorre di arricchire in rame essa corrente liquida circolante onde conservarvi un tenore circa costante in metallo sotto l'azione della energia elettrica che di continuo la impoverisce.

Le soluzioni ramifere che si assoggettano all'azione dell'elettrolisi, devono essere in continua circolazione, onde avere dei buoni risultati di deposito sui catodi nei bagni d'elettrolisi. In un grandioso bacino in muratura, che diremo principale (posto ad un livello inferiore dei locali dell'elettrolisi), affluiscono e raccolgonsi le soluzioni che da questi locali escono di continuo. In questo bacino le acque si fanno limpide — ciò che è molto importante — indi mediante una pompa, esse vengono sollevate di circa 8 metri fino al livello delle vasche di liscivio in un canale disposto lungo queste vasche, e dal quale si possono fare derivazioni, sia per alimentare i bacini stessi di liscivio, sia per scaricarsi in altri bacini di cementazione o di cristallizzazione. In detto canale si immettono ad intervalli le soluzioni ricche in rame del bacino più basso di liscivio, e la corrente, con queste continue aggiunte di sale di rame corrispondenti alle sottrazioni continue derivanti dall'elettrolisi prosegue il suo percorso e rientra nei locali dell'elettrolisi nel canale che, come già s'è detto, percorre questi per tutta la loro lunghezza ad un livello elevato sopra il pavimento. Da questo canale elevato distaccansi in ciascun salone d'elettrolisi tanti tubi di derivazione quanti sono i compartimenti di bacini che ivi sono disposti e distribuiscono così la corrente dell'elettrolita in modo continuo.

Sortendo poi da questi bacini d'elettrolisi i più bassi, le acque affluiscono in un canale comune incassato nel pavimento, il quale le porta nel bacino principale, da cui sono partite per venire di nuovo rialzate, e ripetere senz'interruzione la stessa circolazione descritta.

Sulle acque di questo bacino principale di raccolta si fanno continui assaggi sulla densità e sul tenore in rame. Quando si riscontra che esse acque segnano all'areometro di Beaumé 27° a 28° con un contenuto in rame del 2 per 0/0 all'incirca, in allora contengono circa il 38 e 40 per 0/0 di solfato di ferro e si dicono sature, ed è d'uopo di renderle più povere in ferro e più ricche in rame per evitare degli inconvenienti che altrimenti si verificherebbero nell'operazione di elettrolisi. In allora si scarica una certa quantità di quelle soluzioni dette sature dal canale superiore di circolazione nei bacini speciali, dove si fa il depauperamento o spoglio completo del rame che esse contengono. Questo depauperamento viene fatto per mezzo della cementazione o di un'operazione di elettrolisi a parte condotta in modo speciale, indi le acque residue si fanno concentrare coll'evaporazione per poi assoggettarle alla cristallizzazione del solfato di ferro che tengono disciolto, e finalmente si scaricano nel torrente. Questo li-

quido di scarico, che è in piccola quantità, come vedremo, e le scorie della fusione per metalline sono le sole materie di rigetto che si hanno in tutto il trattamento.

Nello stesso tempo che si sottrae dalla circolazione una parte di acque sature, nei bacini superiori di lisciviazione si introduce un egual volume di acqua pura e dai bacini inferiori si immette nella corrente altrettanto volume di acque arricchite.

In tal modo si giunge ad avere una massa liquida in circolazione sempre dello stesso volume e di una composizione poco variabile e oscillante dal 2 al 3 per cento in rame e dal 35 al 40 per 0/0 in solfato ferro. Questa composizione della massa delle acque circolanti nei bacini di elettrolisi è quella che l'esperienza trovò la più conveniente per avere buone condizioni nell'effetto utile della corrente, nella qualità del deposito di metallo sui catodi, e per avere le minori quantità possibili di acque sature da sottrarre dalla circolazione per una determinata produzione. Queste acque sature che ad intervalli regolari occorre di sottrarre dall'elettrolita circolante costituiscono un aggravio del trattamento, poichè il depauperamento o spoglio del rame che contengono non si può fare ancora in buone condizioni economiche.

*

Nell'operazione dell'elettrolisi, scomponendosi il solfato di rame delle soluzioni, l'acido che si porta sugli anodi tende preferibilmente, come s'è detto, a formare del solfato di ferro, il quale va sempre più aumentando nelle soluzioni mano mano che queste s'impoveriscono di rame. Quando le soluzioni oltrepassano il contenuto del 38 a 40 per 0/0 di questo solfato il rendimento della corrente elettrica in deposito di rame non è più proporzionale all'intensità della medesima nel rapporto normale di poco di meno di quello indicato dalla teoria, cioè di gr. 1.17 di metallo per Ampère-ora, ma è sensibilmente inferiore, e tanto di meno quanto più aumenta il ferro nella soluzione. Ciò ben probabilmente è dovuto per l'effetto soprattutto che ha la corrente nei bagni, di produrre cioè del sale ferrico nelle soluzioni in vicinanza degli anodi per ridurlo poi di continuo in sale ferroso presso ai catodi. Questa riduzione assorbe dell'energia elettrica a scapito del deposito ramifero, e diminuisce il rendimento elettrico col crescere del ferro rispetto al rame nel liquido elettrolita. Oltre a ciò col troppo arricchirsi in ferro delle soluzioni si facilitano i disperdimenti per le cristallizzazioni che si formano e pei contatti che si producono.

In quanto poi al deposito di rame sui catodi si verifica che finchè non si oltrepassa nelle soluzioni il limite indicato in sale di ferro esso deposito non prova influenza sensibile, alla condizione però che la ricchezza in rame delle soluzioni non scenda sotto l'1,5 al 2 per 0/0. Al di sotto di questo tenore in rame il deposito sui catodi non si fa più bene, si fa pulverulento, nerastro e irregolare. Importa perciò di non avere in circolazione un liquido al disotto di detto tenore in rame. Per avere un buon deposito di rame sui catodi è sempre necessario che il liquido elettrolita circoli continuamente con una certa velocità nelle vasche d'elettrolisi, e ciò anche pel caso di soluzioni ricche di rame.

Gioverebbe di avere delle soluzioni circolanti povere in ferro e molto ricche in rame, ma per ciò ottenere sarebbe d'uopo di espellere dalla circolazione molto liquido elettrolita saturo, per sostituirne del nuovo non molto ferroso derivante dal liscivio con acque pure, il quale liquido sottratto dovrebbe poi concentrare con evaporazione artificiale ed assoggettarsi ad altre operazioni costose per raccogliere il rame che ancora contiene ed il solfato ferroso. Si è già detto che le soluzioni sature sottratte dalla circolazione costituiscono un aggravio del trattamento e si è perciò che importa di averne il meno possibile. Si è per questo motivo che devesi tollerare invece nelle soluzioni in circolazione il maggior tenore possibile di ferro, pur schivando gli inconvenienti suindicati, e si trovò appunto che si raggiunge il miglior risultato coll'attenersi alla composizione media delle acque sature del 38 a 40 per 0/0, in solfato di ferro e del 2 per 0/0 circa in rame.

Quando il tenore in ferro non è ancora salito a quel limite,

dalla massa delle soluzioni in circolazione è derivato di continuo il liquido da introdursi nei bacini di lisciviazione, onde arricchirlo di rame per poi farlo rientrare di nuovo nella circolazione, e così mantenere circa costante il tenore in rame di esse soluzioni.

Di solito le sottrazioni di soluzioni sature non occorre si facciano che ad intervalli molto prolungati ed a queste sottrazioni devono corrispondere introduzioni di altrettanto volume di acque pure nei bacini di liscivio, per rifornire alla massa liquida circolante quest'ultime poi arricchite di rame e quasi esenti di ferro.

Importa qui di conoscere quante acque sature devansi sottrarre giornalmente dalla circolazione per una produzione determinata nel caso che considerasi, ossia qual volume di acqua pura devesi introdurre nei bacini di lisciviazione.

Conoscendosi questo volume di acque sature da sottrarre, si dedurrà il quantitativo di rame che devesi ricavare da queste col depauperamento in confronto di quello ottenuto nelle migliori condizioni sui catodi.

Un metro cubo di acqua pura introdotta nei bacini di lisciviazione a contatto del materiale ramifero solfaticizzato si è detto che s'arricchisce fino al 6-7 per 0/0 di rame, e non discioglie che pochissimo solfato di ferro, che qui può trascurarsi. Messa quest'acqua ramifera in circolazione sotto l'azione della corrente elettrica si spoglia del suo rame. L'acido solforico e l'ossigeno, che deriva dalla scomposizione del solfato di rame dell'elettrolita, portandosi sull'anodo riformano dell'altro solfato di rame che si scompone di nuovo e così di continuo finchè trovando quell'acido e quell'ossigeno a combinarsi con del ferro della metallina, rimangono nel liquido inattivi allo stato di solfato di ferro. Nella soluzione si trova solfato ferrico e solfato ferroso; il primo sta disposto presso gli anodi, l'altro sta accanto ai catodi. Pare perciò che l'acido solforico e l'ossigeno, portandosi sull'anodo, dissocino il solfuro di ferro; che il ferro metallico risultante scomponga l'acqua acidulata, l' H^2 della quale si porti al catodo e l'ossigeno di essa s'aggiunga in più e traduca il protossido di ferro in perossido e si formi così del solfato di perossido solubile. Questo ridurrebbe nelle vicinanze dei catodi coll' H^2 a solfato di protossido. Ne avverrebbe quindi che per la dissociazione di tre molecole di Cu dal solfato (SO^4Cu) passano in soluzione due molecole di ferro come sale ferrico, cioè per chilogr. 3×63.5 di rame deposto sui catodi si discioglie 2×56 di ferro allo stato di solfato ferrico.

Il metro cubo di soluzione, che conteneva in origine 70 chilogr. di rame, si spoglia di questo metallo fino a non contenerne più che 20 chilogr.; cede cioè sui catodi 50 chil. di rame, e in sua vece deve essere entrato in soluzione chilogr. 29.50 di ferro, il quale tradotto infine per l'effetto riduttore a solfato ferroso a 7 molecole d'acqua, costituisce chilogr. 141,78 di questo sale ($SO^4Fe + 7H^2O$).

Questa soluzione, così spogliata del suo rame, è ancor atta a passarsi nei bacini di liscivio per disciogliere del nuovo rame, finchè essa non abbia raggiunto il tenore limite in solfato ferroso che si è indicato. Può ancor passare quindi nel metro cubo di liquido che considerasi chilogr. 296 di solfato ferrico, e quindi può esso volume d'acqua disciogliere ancora dalle terre dei bacini di liscivio chilogr. 142 di rame allo stato di solfato, perchè appunto questo sale darà luogo nelle vasche d'elettrolisi al quantitativo di solfato ferrico che ancor manca per la saturazione.

Nel metro cubo di acqua pura si passò dunque in dissoluzione al primo liscivio chilogr. 70 di rame, e nei successivi liscivi, fatti poi colle stesse acque divenute sempre più ferrose, se ne disciolse ancora altri chilogr. 90, e in totale il metro cubo d'acqua pura prima di divenire saturo avrà disciolto 160 chilogr. di rame.

Queste acque fatte sature vengono finalmente espulse con un tenore in rame del 2 per 0/0, dunque col metro cubo di acqua pura s'è fatto passare in dissoluzione utile chilogr. 140 di rame che si è deposto sui catodi, e altri chilogr. 20 che si devono estrarre dalle acque sature colla cementazione, secondo l'attuale lavorazione, o con una operazione d'elettrolisi a parte.

Si è detto che per una produzione di 1000 chil. di rame

elettrolitico 600 chilogr. derivano dal metallo delle soluzioni; ne risulta che per detta produzione è necessario nel caso che considerasi introdurre nelle vasche di liscivio m. c. 4.22 di acque pure, ed espellere egual volume di acque sature.

Il quantitativo di rame che va effettivamente disciolto per detta produzione deve essere chilogr. 675.20 perchè se ne deponga di esso chilogr. 600 sui catodi. Nelle acque sature che ne deriveranno vi saranno contenuti chilogr. 84.40 di rame, e ne risulta quindi che sulla produzione complessiva di rame elettrolitico che si raccoglie sui catodi l'8 per 0/0 circa va estratto dalle acque sature in condizioni meno vantaggiose di quelle dell'elettrolisi ordinaria.

*

Le condizioni economiche della lisciviazione come viene fatta attualmente si possono così riassumere, riferendosi sempre alla produzione di 1000 chilogr. di rame al giorno:

| | |
|--|---------|
| Mano d'opera pel rimaneggio dei materiali da lisciviare; num. 4 manovali a lire 2.50 | L. 10 » |
| Vapore acqueo pel riscaldamento delle acque nelle vasche; carbone e fuochista | » 4 » |
| Consumo di utensili e riparazioni | » 1.50 |

Costo della lisciviazione per tonn. di rame prodotto L. 15.50

Non si valuta qui il costo dell'acido solforico perchè fu già computato colle spese di torrefazione. Il quantitativo dell'acido a 50° occorrente per l'operazione che qui considerasi fu già detto essere di chilogr. 1500, che al costo di produzione trovato di L. 4,30 il quintale graverebbe sul costo della lisciviazione per L. 19,50.

*

Elettrolisi. — Il locale ove compiesi quest'operazione si compone di due distinti cameroni lunghi circa 30 metri e larghi 20, in ciascuno dei quali sono disposti lungo il lato maggiore ad eguali distanze 10 macchine dinamo del tipo Siemens, che prendono il movimento da un albero motore che percorre per tutta lunghezza il camerone, con altrettante trasmissioni a cinghia indipendenti. Quest'albero motore prende il movimento, come già fu detto, in un camerone da una turbina Girard di 70 cavalli, e nell'altro da altra turbina di 150 cavalli. Quest'ultimo motore oltre alle 10 dinamo per l'elettrolisi, serve per attivare tutti gli altri congegni meccanici per le diverse occorrenze dello stabilimento. I due locali per l'elettrolisi hanno circa le identiche disposizioni e le stesse dimensioni. In ciascuno di essi sono disposti gli apparecchi per circa una produzione di 1000 chilogr. al giorno.

Nel tempo della mia visita allo stabilimento non era attivata l'operazione dell'elettrolisi che nel camerone corrispondente alla turbina di 70 cav. non avendosi acqua sufficiente nel torrente per l'altro motore. In questo camerone, come nell'altro, stanno disposte num. 120 casse di legno pei bagni d'elettrolisi ripartiti in dieci uguali compartimenti. Ogni compartimento è indipendente dagli altri e comprende 12 vasche o bagni d'elettrolisi collegate colla rispettiva dinamo.

Le dodici vasche di un compartimento sono allineate in due ranghi contigui di sei casse ciascuno e disposte queste aderenti fra loro ed a gradinata con un dislivello dall'una all'altra di 20 cent. circa.

Le casse sono di legno foderate internamente di lastra di piombo acciò siano sempre a perfetta tenuta; sono profonde un metro e di una sezione orizzontale formata da un rettangolo di lati m. 2 per m. 0.90. Ognuna di queste casse contiene 16 lastroni di metallina per anodi delle dimensioni indicate di 0.80×0.80 e 17 lastre di rame metallico per catodi pure delle stesse dimensioni. Tutti questi elettrodi sono disposti fra loro paralleli, alternando le lastre di rame con quelle di metallina e distanti fra loro 5 a 6 cent. circa.

Le lastre di metalline sono disposte in un telaio rettangolare di legno che serve a tenerle sollevate dal fondo della cassa di circa 20 cent. impedendo così il contatto colla poltiglia che in esso fondo si deposita nel corso della operazione, e facilita altresì la manovra di estrazione dalle casse che deve farsi tratto tratto. Serve inoltre questo telaio a tenere più a lungo in sesto la lastra.

Le lastre di rame sono libere ed appese ad un regolo di legno che appoggia sui bordi della cassa. Esse si fanno ora per comodità di manovre divise in due pezzi della superficie ciascuno metà di quella di una lastra anodo.

Le lastre anodi e le lastre catodi di una cassa sono riunite rispettivamente in quantità al cordone conduttore della corrente elettrica, il quale è costituito da un tondino di rame di due centimetri di diametro.

Le dodici vasche di un aggruppamento corrispondente ad una dinamo sono disposte in serie rispetto alla corrente elettrica che le percorre.

Per ottenere ciò ad ogni vasca corrisponde un cordone conduttore lungo quanto è lunga la cassa e da esso mediante pinze a vite opportunamente ripartite partono gli attacchi ai 16 anodi della cassa in avanti e altri 17 attacchi per le 17 lastre catodi della cassa indietro contigua.

Per tal modo la superficie attiva di anodo in una vasca è la somma delle superficie delle lastre di metalline misurate sulle due faccie e dedotta la parte sporgente dal liquido elettrolita che si tiene di circa 5 cent. onde garantire i nastri metallici d'attacco al conduttore; è cioè mq. $2 \times 16 \times 0,80 \times 0,75 = 19,2$ e di altrettanto circa è la superficie attiva dei catodi.

La differenza di potenziale che si misura ai due poli della dinamo che produce la corrente va così ripartita come si sa per ciascuna vasca che considerasi in frazioni eguali, cioè per ciascuna vasca si viene ad avere $\frac{1}{12}$ di forza elettromotrice originata dalla dinamo.

Il liquido elettrolita circola continuamente da una cassa alla successiva in due correnti distinte nei due ranghi di 6 casse formanti l'aggruppamento con una derivazione dal condotto principale di una dinamo, epperò le casse comunicano tutte fra loro mediante un tubo di piombo di 5 cent. di diametro, che si diparte dal fondo di ciascuna, si eleva aderente alla parete e sbocca libero sopra il bordo della cassa inferiore contigua. Si produce così una lenta e continua corrente discendente del liquido in ogni bacino. Dalle due vasche inferiori dei due ranghi del compartimento il tubo di piombo, che da esse dipartesi, sbocca nel canale posto sul suolo, il quale canale percorrendo tutto il lungo il locale occupato dai dieci compartimenti di vasche dell'elettrolisi, raccoglie tutte le soluzioni che da queste di continuo escono, e le riporta nel grande bacino raccogliitore che si è indicato.

Durante il passaggio della corrente elettrica nei bagni la superficie delle lastre anodi si sgretola e da esse staccansi di continuo dei tritumi o materie incoerenti per l'effetto della decomposizione che subiscono. Dopo un certo tempo esse si sfascerebbero a pezzi se si continuasse a lasciarle nei bagni. La sorveglianza ha appunto lo scopo di lasciare essi anodi il più a lungo possibile nei bagni e di estrarli poco prima che s'abbiano da rompersi. Il tempo medio della immersione di queste metalline fu già detto essere di tre a quattro mesi.

Le lastre di rame dei catodi vengono messe sottilissime nei bagni e del peso circa di chilog. 2. Dopo tre mesi d'immersione circa vengono estratte del peso medio di 35 a 40 chilog. ciascuna, di spessore uniforme e solo irregolari ai bordi, di un color rosso, uniforme, compatte e sonore. Sono costituite di un metallo di eccezionale purezza e vengono così senz'altra preparazione messe in commercio.

Si valuta che per ciascun bagno si depositi nelle 24 ore chilog. 6 a 6,50 di rame sui catodi ossia chilog. 0,30 per metro quadrato di superficie di catodo nelle 24 ore.

Tal deposito venne constatato con prove diligenti fatte ad intervalli di parecchi giorni nella prima metà del settembre u. s.

*

Dinamo. — Le dinamo sono state fornite dalla Ditta Siemens e Halsche di Berlino e sono tutte dello stesso tipo. Esse sono distinte colla marca di fabbrica C ; sono colle elettrocalamite induttrici in derivazione dalla corrente principale. Si trova essere questo sistema di induzione il meglio addatto per le operazioni di elettrolisi.

La Ditta costruttrice fornisce queste dinamo assicurando i seguenti dati:

| | |
|--|--|
| per n. 900 giri della massa indotta al 1' | } Differenza di potenziale ai poli E=15 Volt. Intensità I=240 Ampère. |
| per n. 1000 giri al minuto della massa indotta | |
| per n. 1200 giri al minuto della massa indotta | } Differenza di potenziale ai poli E=17. Intensità I=245 Ampère. Differenza di potenziale ai poli E=22. Intensità I=250 Ampère. |

Il regime di marcia di queste dinamo adottato a Casarza è di E=15Volt, I=240 Ampère a cui corrisponde, secondo la legge di *Ohm*, una resistenza metallica esterna di $r=0,625$ Ohm. Questa resistenza è appunto quella che s'è tenuta per base, come si vedrà nella calcolo della bacini di Casarza onde ottenere il miglior rendimento della corrente delle dinamo colà applicate.

Il buon effetto dell'elettrolisi nei bagni si ottiene alla condizione che durante l'operazione il regime di marcia delle dinamo non vari e neppure abbiano da variare le condizioni della resistenza molto sensibilmente nel circuito. Ad un arresto o ad un cambiamento di regime della dinamo si può incorrere nell'inconveniente di una inversione di polarità e ad ogni modo ad un'alterazione dannosa nel deposito di rame sui catodi. Si è in vista di attenuare quest'inconveniente che occorre di ben studiare la scelta delle dinamo e di ben sorvegliare il loro andamento.

*

Le misure elettriche si fanno di continuo nell'officina mediante un galvanometro di torsione che dà i millesimi di Volt e una cassetta di resistenza. Esse consistono di solito nelle seguenti:

- Differenza di potenziale ai due poli della dinamo;
- Intensità della corrente. Essendo questa costante in tutto il circuito la si ottiene col misurare la differenza di potenziale fra due punti del cordone conduttore principale, fra i quali si comprende una resistenza nota, e applicando la legge di *Ohm*;
- Differenza di potenziale fra i due elettrodi di ciascun bacino;

Col regime ordinario delle dinamo la differenza di potenziale che si misura ai poli di questa col galvanometro è effettivamente in media di 12 Volt circa e la intensità della corrente nel circuito si verifica essere di 230 a 240 Ampère.

Più di rado vien pur fatta la misura della resistenza metallica e della controforza elettromotrice di ciascun bagno dovuta alle diverse e complesse reazioni chimiche che in essi bagni avvengono fra cui la principale e l'essenziale è la decomposizione dei solfuri di rame e di ferro degli anodi. La risultante di tutte queste reazioni non è possibile dedursi che in modo sperimentale ed approssimato con misure direttamente. È molto pratico e semplice il metodo che qui si segue stato indicato dall'Ing. Marchese e che fu soggetto di una pubblicazione del 1883. Con tal metodo in pochi minuti con semplici letture sul galvanometro si misura la controforza elettromotrice e e la resistenza metallica r di un bagno oppure di tutto o parte qualunque del circuito. Esso consiste praticamente nel misurare per due regimi diversi della dinamo: a) la differenza di potenziale agli elettrodi di quel bacino o di quella parte di circuito di cui vuolsi conoscere la controforza elettromotrice; b) l'intensità del circuito in una tratta qualunque del medesimo. Con queste due misure si viene a formare due equazioni esprimenti la legge di *Ohm* e dalle quali si ricava il valore delle due incognite e ed r per quel bagno o tratto di circuito che considerasi, ammesso ben inteso che durante il periodo delle due misurazioni non alteransi sensibilmente le condizioni in cui avviene l'operazione d'elettrolisi. Invece di risolvere due equazioni si possono ricavare gli stessi valori di e e di r con una costruzione grafica semplicissima e pronta pure trovata dallo stesso Ing. Marchese.

Si è dalla conoscenza di questi elementi che resta accertata

la buona utilizzazione della corrente e che vien dato di scoprire e rimediare agli inconvenienti che possono avvenire durante l'operazione.

Dalle diverse misure fatte risulterebbe che la controforza elettromotrice che assorbono le reazioni chimiche in ciascun bagno è di 0,450 a 0,5 Volt.

Senza voler entrare in considerazioni teoriche sull'operazione dell'elettrolisi che sarebbero qui fuor di luogo, converrà qui esporre le principali considerazioni tecniche pratiche ed i principii teorici più essenziali in appoggio ai quali venne effettuato l'impianto elettrolitico di Casarza e specialmente potrà interessare di fare qui qualche riflesso riferendosi alla scelta delle dinamo, alla disposizione dei bagni, alle loro dimensioni, al loro numero e all'estensione in essi data delle superfici degli elettrodi rispetto alla produzione da ottenersi.

*

Determinazione degli elementi del circuito elettrico. — L'elettrolisi applicata alla decomposizione dei solfuri metallici in generale come è noto richiede una corrente a piccolo potenziale il quale deve star compreso fra limiti molto ristretti onde esso sia sufficiente a vincere l'affinità dello zolfo col metallo e insufficiente a produrre fenomeni cosiddetti di polarizzazione o decomposizioni dannose nel liquido elettrolita. Ne deriva che l'intensità della corrente a cui è proporzionale il prodotto da ottenersi e che importerebbe quindi di farsi molto grande non può riuscire tale che alla condizione di fare soprattutto superfici di elettrodi molto estese.

La possibilità di ottenere una corrente nei limiti di potenziale che soddisfatti a quelle condizioni esiste in generale pel caso di decomposizione dei solfuri dei metalli comuni che s'hanno a considerare nell'industria; non esiste invece in generale pel caso di dover scomporre dei composti di sali degli stessi metalli. Si è perciò che la elettrolisi applicata alla scomposizione dei solfuri è specialmente più pratica, molto più vantaggiosa che non l'elettrolisi applicata ai sali metallici.

Le macchine dinamo-elettriche a piccolo potenziale con bagni disposti in *quantità*, nei quali appunto si utilizza nel miglior modo la superficie degli elettrodi, pare che dovrebbero essere le preferibili nel caso che considerasi. Le dinamo invece ad alto potenziale richiedono inevitabilmente la disposizione dei bagni in *serie* onde giungere a frazionare il potenziale della corrente nei singoli bagni in modo che esso sia compreso nei limiti voluti dall'operazione.

Con questa disposizione si ha meno bene utilizzata, come è noto, la superficie degli elettrodi perchè s'ha da vincere una resistenza ben maggiore nei bagni in confronto di quella che si ha colla prima disposizione.

Tuttavia per altre ragioni di molto valore pratico si trova in generale nelle operazioni d'elettrolisi quest'ultima disposizione preferibile invece all'altra dei bagni in *quantità*, ed a Casarza l'esperienza lo ha dimostrato nel modo più pratico. Si ha colà anzi in progetto nei nuovi impianti o modificazioni da farsi nell'avvenire di stabilire delle dinamo a potenziali molto più elevate di quello che hanno le dinamo attuali da collegarsi ciascuna con un maggior numero quindi di bagni riuniti in *serie*.

Le dinamo a piccolo potenziale devono avere una resistenza interna molto piccola onde dare un'intensità di corrente elevata come richiedesi nelle operazioni industriali d'elettrolisi e ciò, oltre all'esigere per la loro costruzione grandi masse di rame negli induttori che le rende molto costose, dà luogo in pratica ad inconvenienti di riscaldi e dissesti dannosi nell'esercizio. Colle dinamo ad alto potenziale invece questi inconvenienti sono molto minori; ma i motivi specialmente che ora in generale fanno preferire queste ultime nell'industria sono ben altri: colla disposizione dei bagni d'elettrolisi in *serie* che sono attivati dalle dinamo ad alto potenziale l'uniformità della corrente elettrica in ciascuno di essi è assai più garantita che non colla disposizione dei bagni stessi messi in *quantità* attivati dalle dinamo a basso potenziale; inquantochè ad un'alterazione di regime della dinamo o di resistenza nel circuito si produce un'alterazione nel potenziale della corrente, e questa alterazione colla prima

disposizione *in serie* non si fa sentire nei singoli bagni che per una frazione tanto più piccola quanto più numerosi sono i bagni, mentre coll'altra disposizione in *quantità* si fa sentire integralmente in tutti i bagni. È ben noto quanta influenza ha l'uniformità del potenziale della corrente sulla buona riuscita delle operazioni d'elettrolisi. Aggiungasi ancora che l'effetto utile fra il lavoro meccanico speso e il lavoro elettrico raccolto o misurabile nel circuito è in generale minore colle macchine a piccolo potenziale che non con quelle ad alto potenziale e ciò, come si sa, a motivo specialmente del rapporto sempre più grande che avvi per le prime fra la resistenza interna della macchina e la resistenza esterna del circuito.

Altra considerazione pratica ancora da farsi nella scelta del tipo della dinamo da adottarsi per l'elettrolisi si è che per una sospensione di movimento essa macchina non dia luogo ad inversione di polarità, poichè com'è evidente ne risulterebbero inconvenienti gravi ed alterazioni dannose del deposito metallico fattosi sui catodi nei bagni. Le dinamo aventi l'elettrocalamite eccitate dalla corrente principale che passa poi nel circuito, ossia con elettrocalamite cosiddette in tensione, vanno più delle altre soggette a quest'inconveniente; le dinamo invece con elettrocalamite eccitate solo da una derivazione della corrente principale sentono assai meno detto inconveniente e si è perciò che a Casarza si adottarono le dinamo di quest'ultimo tipo a derivazione.

Colle dinamo ad elettrocalamite eccitate da una corrente indipendente si riuscirebbe meglio che con altra disposizione ad evitare l'inversione di polarità, ma d'altra parte esse avrebbero poi l'inconveniente di dare più sensibili variazioni nel potenziale della corrente nei bagni col variare della resistenza in questi.

Fissato con tali considerazioni il tipo della dinamo ed ammessa la convenienza di adottare parecchi bagni disposti in *serie*, tutti gli elementi dell'impianto vengono determinati in base al potenziale della corrente elettrica praticamente ottenibile colla dinamo scelta e in vista di ottenere il maggior rendimento possibile in deposito metallico con quella corrente.

Com'è noto la quantità di deposito di metallo sui catodi del bagno o di una serie di bagni d'elettrolisi attraversati da una corrente elettrica che scomponga un sale qualsiasi di quel metallo disciolto nel liquido elettrolita è proporzionale all'*intensità* della corrente stessa liberamente circolante, cioè a quella parte di intensità sviluppata dall'elettrogeneratore che non viene assorbita dalle reazioni chimiche che avvengono nei bagni. Nel caso che considerasi il deposito del rame sui catodi viene ad essere teoricamente in cifra tonda di gr. 28 per ogni Ampère in 24 ore.

Pertanto scelta che sia la dinamo, ossia data che sia la corrente elettrica; nota la reazione chimica da prodursi nei bagni d'elettrolisi, o per meglio dire, la controforza elettromotrice ε , corrispondente a questa reazione costituente il lavoro utile, l'impianto elettrico, ossia il circuito dei bagni, va stabilito per modo che l'elemento *intensità* I della corrente medesima venga ingrandito il più possibile, e precisamente che esso raggiunga il massimo, se il potenziale che ne risulterebbe così alla corrente non disturba nei bagni colla provocazione di fenomeni secondari dannosi. Si è questo appunto il caso del trattamento che considerasi, e si è perciò sulla base del massimo d'intensità della corrente che vennero determinati i vari elementi dell'impianto elettrico di Casarza, cioè il numero e le dimensioni dei bagni costituenti il circuito, e l'estensione della superficie degli elettrodi.

Come è noto, se una corrente elettrica determinata da una differenza di potenziale E ai poli di un dato generatore (dinamo) ad un dato regime vien messa in un circuito nel quale non s'abbia da vincere che una resistenza metallica R , senza produrre alcun lavoro, la intensità I è data dalla legge di *Ohm*:

$$I = \frac{E}{R}$$

Ma se la stessa corrente vien fatta passare in un circuito formato di uno o più bagni voltometri e produca in questi un

lavoro di decomposizioni chimiche, qual'è appunto il caso che considerasi, le reazioni chimiche assorbono o neutralizzano una parte ϵ del potenziale E della corrente stessa per effetto di una controforza elettromotrice, e se dicesi ancora R la resistenza metallica del circuito da vincersi, la intensità che viensi ad ottenere è data da

$$I = \frac{E - \epsilon}{R}$$

Nel caso che considerasi, E è dato dal regime più conveniente della dinamo, che fu detto essere per quelle di Casarza di 12 Volt; la ϵ è la somma di tutte le reazioni chimiche che avvengono nei bagni, ossia la totale controforza elettromotrice del circuito; e se dicesi n il numero dei bagni in tensione da determinarsi che debbonsi mettere nel circuito, ed e la controforza elettromotrice in ciascun bagno, che fu detto essere di 0,45 e 0,50 Volt, si ha:

$$\epsilon = n e = n \times 0,50 \text{ Volt.}$$

Finalmente R è pure un elemento da determinarsi per approssimazione, e dipende dalla superficie, dalla distanza e dalla natura degli elettrodi, nonchè dalla natura del liquido elettrolita che sta nei bagni.

Il valore di I si può scrivere così:

$$I = \frac{E - n e}{R} \quad (*)$$

È questo valore di I che bisogna proporsi di far il più grande possibile. Esso lo si rende massimo col far massimo $E - n e$ e col far il più piccolo praticamente possibile R .

Il massimo di $E - n e$ viene determinato per modo che il lavoro utile elettrolitico o di deposito metallico sui catodi sia massimo. Questo lavoro utile è il prodotto della reazione chimica $n e$ nei bagni per la quantità di equivalenti decomposti del solfuro anodi in un tempo determinato, cioè $n e I$, che è eguale come vedesi a

$$\frac{n e E - n^2 e^2}{R}$$

il qual valore è massimo per un valore fisso e costante di E e di R quando

$$n e = \frac{1}{2} E$$

ossia il più grande effetto utile ottenibile da una data corrente elettrica per produrre un lavoro di decomposizione chimica è del 50 p. 010, ciò che del resto si sa essere generale per tutte le trasformazioni di energia elettrica in un lavoro qualsiasi.

Essendo dato pel caso che considerasi $E = 12 \text{ Volt}$ ed $e = 0,5 \text{ Volt}$, si determina il numero n di bagni in serie per il massimo rendimento della corrente elettrica disponibile così

$$n = \frac{E}{2 e} = \frac{12}{2 \times 0,50} = 12$$

Sono appunto 12 i bagni riuniti in serie per ciascuna dinamo nell'officina che considerasi, come venne indicato.

Si avrebbe così per ogni bagno la differenza di potenziale $\frac{E - n e}{n} = 0,5 \text{ Volt}$, ciò che forma pei 12 bacini un totale di 6 Volt assorbiti dalle reazioni chimiche o dissociazioni che in essi avvengono. Gli altri 6 Volt dei 12 che svolge la dinamo sono dalla resistenza che presentano gli elettrodi ed il liquido elettrolita al passaggio della corrente trasformati in calore.

La differenza di potenziale che verificasi negli elettrodi di ciascun bagno è quindi in totale un Volt circa di cui metà è assorbita dalla reazione chimica. Questo potenziale che corrisponde al massimo rendimento economico è qui accettabile pel motivo che sta al disotto del limite al quale si produrrebbero nei bagni fenomeni secondari o reazioni dannose allo scopo che vuolsi ottenere nell'operazione di elettrolisi.

L'altro fattore del valore dell'intensità I (*) è la resistenza esterna del circuito R il qual fattore deve rendersi il più piccolo possibile, come già s'è detto, per essersi ingrandito I , allo scopo di avere molto deposito di metallo nei bagni.

Con una dinamo determinata la grandezza di questa resistenza ha un limite pratico più al disotto del quale non conviene discendere onde avere il miglior effetto utile del lavoro meccanico speso per produrre il lavoro elettrico misurabile nel circuito. Infatti essendo fissa la resistenza interna di ogni dinamo (per quella di Casarza è di 0,006 Ohm) quanto più si fa piccola la resistenza del circuito esterna e più piccola pure si fa per un dato lavoro speso, la differenza di potenziale ai poli della macchina e più piccolo quindi si fa pure il lavoro elettrico disponibile nel circuito stesso. All'opposto ingrandisce l'effetto utile della forza motrice nel produrre lavoro elettrico quanto più grande si fa la resistenza metallica da vincersi nel circuito; e precisamente detto effetto utile raggiunge il massimo, cioè diventa eguale all'unità quando la resistenza esterna è infinita, ciò che darebbe un'intensità zero; diventa minimo cioè nullo quando la resistenza esterna sia zero. Tra questi estremi inattendibili ha in ogni caso determinata una resistenza esterna da assegnarsi al circuito la più conveniente per ciascun elettro generatore e dalla quale non puossi discostare di molto senza discostarsi da un buon effetto utile del lavoro motore oppure senza allontanarsi da un buon effetto utile del lavoro elettrico in prodotto utile da questo ottenibile. Le condizioni locali soprattutto sul costo della forza motrice influiranno in parte sulla scelta della più conveniente resistenza esterna di circuito da adottarsi per una data macchina dinamo.

Le dinamo C₁₈ Siemens adottate nell'officina di Casarza, come s'è detto, lavorano praticamente in buone condizioni quando, non avendo da vincere che una resistenza metallica di circuito, danno ai poli 12 Volt e sviluppano nel circuito 240 Ampère, ciò che corrisponde ad una resistenza esterna di $\frac{12}{240} = 0,05 \text{ Ohm}$.

Volendosi avere nel circuito ancora 240 Ampère, come si ha circa nell'officina di Casarza, anche quando la corrente attraversa i 12 bagni in serie, i quali per il miglior effetto assorbono metà dei 12 Volt svolti dalla dinamo per effetto della controforza elettromotrice, si deve mettere una resistenza esterna metà di quella indicata cioè $\frac{0,5}{2} = 0,025 \text{ Ohm}$.

Per ogni bagno in serie si verrebbe così ad avere una resistenza al passaggio della corrente attraverso il liquido elettrolita e agli elettrodi di $\frac{0,025}{12} = 0,0020 \text{ Ohm}$. Questa

resistenza infatti per ciascun bagno è circa quella che verificasi a Casarza e che vien data anche dalle misure dirette che vengono fatte col metodo accennato quando contemporaneamente si misura la controforza elettromotrice.

Questo dato di resistenza che si prefigge per ciascun bagno onde avere l'intensità voluta, serve per la determinazione delle superficie degli anodi e catodi immersi nel liquido elettrolita e per la determinazione quindi della grandezza dei bagni.

Questa resistenza è molto piccola e la si è tenuta tale a scapito di una miglior utilizzazione della forza motrice onde avere dalla corrente molto effetto di deposito. La forza motrice a Casarza è di solito abbondante e non importa molto l'economizzarla mentre interessa molto più invece di avere il maggior effetto utile dalla corrente prodotta nel circuito.

Tenendosi a quel dato di resistenza totale per ciascun bagno in serie è facile dedurre la superficie anodale. Essa vien data dalla nota formula che esprime la resistenza metallica r di un circuito elettrico

$$r = k \frac{d}{s} \quad (**)$$

in cui s è la superficie totale degli anodi da determinarsi cioè nel caso che considerasi, la somma delle superfici delle

lastre di metalline immerse in un bagno, misurata detta superficie in cent. quadrati sulle due facce di esse lastre anodi.

d è la distanza fra due lastre elettrodi contigue pure espressa in cent.

k è la resistenza specifica in Ohm per centimetro cubo del liquido elettrolita.

La distanza d fra anodo e catodo importa di farsi la più piccola possibile onde risparmiare per un dato valore di r il più possibile nella grandezza da darsi a s , ossia onde risparmiare nella quantità di placche di metalline e di rame formanti gli elettrodi da mettersi nei bagni e ciò per ragioni di economia sapendosi bene che questi elettrodi costituiscono un capitale ingente immobilizzato. Nell'officina di Casarza si sarebbe fissato 5 cent. per minimo valore da darsi a d , ma il calcolo deve essere stato fatto per un valore più grande in vista che colla grande vicinanza degli elettrodi si vengono a produrre troppo facilmente contatti dannosi al buon esito dell'operazione d'elettrolisi.

Il valore di k è difficile nel caso che considerasi a determinarsi. Esso varia continuamente coll'addensarsi sempre più del liquido elettrolita durante l'operazione ossia coll'arricchirsi di esso liquido sempre più di solfato di ferro. Stando ai dati sperimentali del *Viedemann* un liquido della composizione come la media di quello che si ha nei bagni di Casarza dà una resistenza al passaggio della corrente elettrica che lo attraversa circa di 47 a 48 Ohm per centimetro cubo. Nella determinazione della superficie anodale per maggior garanzia deve essere stato adottato per k un valore un po' più grande e all'incirca di 50 Ohm.

Mettendo nella formula (**) i valori $r=0,002$ Ohm, $d=7$ cent. e $k=50$ Ohm si avrebbe il valore a darsi alla superficie anodale attiva s

$$s = k \frac{d}{r} = \frac{50 \times 7}{0,002} = 175000 \text{ c. q.}$$

cioè metri quadrati 17,50 che è appunto all'incirca la superficie attiva degli anodi di un bacino d'elettrolisi dell'officina di Casarza, cioè la parte dei 20 metri quadrati di superficie anodale che s'è detto misurarsi sulle placche di ciascun bagno che sta coperta dal liquido elettrolita.

Fissata così la superficie anodale di un bagno non potendosi questa praticamente sviluppare su una sola lastra, venne suddivisa in 16 lastre riunite in quantità in ciascun bagno perchè con tal suddivisione si viene ad avere delle dimensioni pratiche per ciascuna lastra le più convenienti per la facilità di formazione loro e per la facilità di maneggiarle. Da qui infine fissata la distanza fra anodo e catodo, si vengono a determinare le dimensioni delle casse che devono costituire i bagni nei limiti pratici per la costruzione quali si veggono appunto nell'officina che considerasi.

Le lastre catodi di rame si fanno eguali in numero e in dimensioni a quelle di anodi ritenendo esser questa una condizione necessaria in pratica per il buon esito dell'operazione d'elettrolisi. Pare però da alcune esperienze fatte che i catodi si possono senza seri inconvenienti pratici farsi più piccoli degli anodi, e se il fatto lo confermerà si otterrebbe un serio vantaggio diminuendo nei bagni la quantità in peso delle lastre di rame che rappresentano un capitale immobilizzato d'importanza.

Rendimento elettrico. — Confrontando il peso del deposito di rame che avviene sui catodi nell'unità di tempo coll'intensità della corrente elettrica che misurasi nel circuito trovansi dei risultati soddisfacenti. Infatti dalle pesate dei catodi di diversi bacini fatte ad intervalli di parecchi giorni nel mese di settembre ultimo si è trovato che l'aumento di peso dei medesimi contenuti in un bacino in media fu di chilog. 6 nelle 24 ore. L'intensità della corrente fu trovata in media di 235 Ampère. Il deposito teorico di rame per quell'intensità di corrente dovrebbe essere come si sa di gr. $28 \times 235 = \text{g. } 6580$ in cifra tonda. Quindi si ebbe un rendimento utile della corrente del 90 p. 0,10 circa.

La parte di corrente che non fu impiegata utilmente nel deporre rame nei bagni fu assorbita dalle altre reazioni chimiche e specialmente nella riduzione del solfato di peros-

sido di ferro che si forma presso gli anodi in solfato di protossido che si viene a trovare in vicinanza dei catodi.

*

Rendimento del lavoro meccanico. — Anche questo rendimento troverebbesi relativamente in buone condizioni benchè, come si è detto, non si ha qui tanto di mira di economizzare la forza motrice, quanto invece procurasi di utilizzare bene la corrente elettrica prodotta. Non si è constatato con misure dirette da quanto mi consta il lavoro meccanico dato a ciascuna dinamo ma con molt'approssimazione lo si può dedurre dal fatto che il motore idraulico che comanda le 10 dinamo che erano attive nel settembre ultimo è valutato di 60 cav. e quindi ciascuna dinamo non assorbirebbe al più che 5 a 6 cav. di forza. La differenza di potenziale ai poli delle dinamo essendo constatata a circuito libero in media di 12 Volt, e l'intensità di 235 Ampère, ciò darebbe un lavoro elettrico di $\frac{12 \times 235}{10} = 276$ chilogram-

metri al 1" pari a cav. 3,70. Si avrebbe cioè una rendita del lavoro meccanico del 70 a 75 p. 0,10 circa. È noto che con buone dinamo e col mettere una resistenza di circuito esterno della corrente elettrica la più opportuna si può giungere ad avere un effetto utile del lavoro meccanico in lavoro elettrico del 90 e del 95 p. 0,10, ma più ingrandisce questo effetto utile e meno grande si fa l'intensità della corrente nel circuito, mentre interessa invece qui che questo elemento sia molto grande per avere molto deposito metallico.

*

Riassumendo per una produzione di 1000 chilog. di rame al giorno, si possono con approssimazione ritenere i principali dati seguenti:

| | |
|---|------|
| Numero dei bagni | 120 |
| Numero delle macchine dinamo | 10 |
| Superficie totale degli anodi per bagno (misurate le due facce delle lastre) mq. | 20 |
| Numero totale delle placche immerse nei 120 bagni: anodi di metalline (delle dimensioni ciascuna di 0,80 per 0,80, spessore originario 0,03) n° | 1920 |
| Catodi di rame (delle dimensioni ciascuno di 0,80 per 0,80 e spessore originario 0,001) n° | 2040 |
| Peso medio di ciascuna delle placche anodi continuamente esistenti nei bagni chilog. | 80 |
| Contenuto medio in rame degli anodi per 0,10 | 35 |
| Peso medio di ciascuna delle lastre di rame catodi continuamente esistenti nei bagni chilog. | 18 |
| Soluzione circolante nei bagni del tenor medio in rame del 3 per 0,10 mc. | 180 |
| Peso totale del rame continuamente esistente in trattamento nei bacini, circa tonn. | 90 |
| Peso del rame che si depone nelle 24 ore in ciascun bacino d'elettrolisi chilog. | 6 |
| Forza motrice impiegata per chg. di rame deposto nelle 24 ore cav. | 0,06 |

Il lavoro nel locale dei bagni di elettrolisi consiste nel ripasso ed estrazione continua delle lastre catodi per osservare se il deposito avviene bene; nel togliere i contatti fra le placche elettrodi mano mano che si formano; nella sostituzione di lastre anodi nuove alle deperite per rotture o per aver raggiunto l'assottigliamento limite e nella sostituzione di nuove lastre di rame di catodi a quelle ingrossate per deposito quando giungono al peso circa di Chg. 35.

Le lastre anodi stanno immerse tre o quattro mesi nei bagni, e in allora sono ridotte a circa metà del loro peso originario, presentano una superficie ricoperta da sfogliature incoerenti costituite in gran parte di solfo libero. Durante l'immersione è cura dell'operaio di far cadere sul fondo delle casse la materia incoerente che tappezza la superficie delle metalline e per tal modo dopo un certo tempo si raccoglie sul

fondo delle vasche un deposito di materia ricchissima di solfo libero. Talvolta le lastre anodi per difetti di fondita si staccano a pezzi e in allora vanno ricambiate tosto prima del tempo ordinario.

I catodi sono in origine lastre di rame dello spessore di circa mezzo millimetro e del peso di circa due chilogrammi; sono divisi in due pezzi eguali per facilità di manovra.

Un aggravio della lavorazione nell'elettrolisi fu fin qui la provvista delle lastre di rame purissimo per la formazione dei catodi originari, ma anche di quest'aggravio sarebbe giunta ora l'officina di Casarza a emanciparsi.

Non è che da poco tempo che vi si riuscì, ed ora fabbricansi nell'officina queste lastre originarie di catodi col mezzo dell'elettrolisi, in bagni preparati a parte nei quali mettonsi come catodi lastre di rame mal riuscite, ricoperte di una sostanza grassa speciale oppure di grafite, e per anodi delle metalline oppure ancora altre lastre di rame difettose. Il deposito di metallo che si forma sotto l'azione della corrente elettrica, non aderisce alla lastra preparata di catodo, e quando questo deposito ha acquistato uno spessore di mezzo millimetro circa si estrae il catodo dal bagno, si distacca l'involucro di rame deposto o foglia ricoprente la superficie preparata, colla quale esso deposito non aderisce molto, e si ottiene così un foglio di rame purissimo che serve di catodo originario nei bagni ordinari.

I risultati sinora ottenuti sono soddisfacenti, ma non si ottengono però ancora regolarmente come vorrebbero. Dovendosi provvedere ogni due mesi e mezzo più di 2000 lastre di rame catodi delle dimensioni di 0,80 per 0,80 per una produzione di 1000 chilogrammi di rame al giorno, si comprende quanto importi per le condizioni economiche dell'officina di emanciparsi dalle provviste di simili lastre che finora si dovettero fare all'estero.

Le spese riferentisi all'operazione dell'elettrolisi per una produzione giornaliera di 1000 Chg. di rame si possono riassumere come segue:

| | |
|--|-------|
| <i>Mano d'opera.</i> — Un meccanico e due aiuti-meccanici per le trasmissioni e riparazioni delle macchine | L. 12 |
| N° 4 manovali per la sorveglianza dei bagni, ricambi ed estrazioni delle lastre elettrodi | » 12 |
| Ricambi dei collettori e scopettini delle dinamo | » 6 |
| Utensili, olio e grasso, e spese diverse per manutenzioni | » 4 |
| Totale spese speciali L. 34 | |

Soluzioni sature. — Per completare l'esame della lavorazione di Casarza rimarrebbe ancora di dire sulle due operazioni complementari che ivi si fanno per il trattamento delle soluzioni sature che estraggonsi ad intervalli dalla massa liquida in circolazione nei bagni d'elettrolisi. Da queste acque, come già fu detto, si fa lo spoglio completo del rame e la estrazione del solfato di ferro in cristalli.

Lo spoglio del rame si è fatto finora e si fa tuttora colla cementazione ordinaria. Il rame di cemento viene utilizzato o col ripassarlo nel circolo delle operazioni descritte traducendolo in solfato da introdursi nelle soluzioni, oppure colla fusione.

Il quantitativo di rame di cemento che ottiensì per una produzione di metallo elettrolitico di 1000 chilogrammi fu detto essere di 80 chilogrammi, derivante dal trattamento di metri cubi 4,22 di acque sature.

L'aggravio della cementazione, che pure è di microscopica entità, è anch'esso destinato a scomparire per sostituire quell'operazione coll'elettrolisi. Si hanno già dei risultati discreti di prove di trattamento di dette acque sature colla corrente elettrica entro bagni disposti come gli altri che si sono indicati. La differenza che notasi in questi bagni per acque sature rispetto agli altri bagni si è solo che la circolazione del liquido nei primi è soppressa, e gli anodi sono di metalline povere o le condizioni della corrente e degli elettrodi sono conservate. Il deposito sui catodi che qui avviene è rame puro bensì ma di aspetto nerastro, incoerente, in-

omogeneo e tale che non si può utilizzarlo che colla fusione o col passarlo di nuovo nel circolo delle operazioni del trattamento delle metalline; inoltre avviene lentissimo con un rendimento della corrente a quanto pare molto limitato. Forse queste soluzioni sature si potranno molto vantaggiosamente utilizzare per la fabbricazione del solfato di rame adottando la disposizione di bagni elettrolitici con diaframmi porosi, oppure per ricavare con questa disposizione delle soluzioni ramifere poco ferrose da aggiungersi di nuovo nella massa liquida elettrolita in circolazione, e ciò conforme è indicato in una recente e molto interessante pubblicazione dell'ingegnere Rovello. Si avrà pur sempre un residuo di acque ricche di solfato di ferro e spoglie di rame da utilizzarsi come si fa ora colla estrazione del sale di ferro in cristalli.

*

Solfato di ferro — Dal liquido residuo attuale della cementazione si estrae il solfato di protossido di ferro che si ottiene concentrando esso liquido colla evaporazione a mezzo di riscaldamento e fattolo poi cristallizzare in appositi bacini. Per ogni metro cubo di acque sature si può in pratica ritenere di poter raccogliere Chg. 350 circa di cristalli di solfato di ferro ammettendo di perderne nelle acque madri di rigetto. Quindi complessivamente per la produzione fin qui considerata di una tonnellata di rame dovendosi trattare m. c. 4,22 di acque sature, si potrà ricavare in cifra tonda Chg. 1500 di solfato di ferro.

La spesa occorrente per questa produzione la si può valutare complessivamente a circa L. 35. Aggiungendovi le spese di cementazione e le altre successive per tradurre il rame di cemento in metallo puro si viene con molt'approssimazione ad una spesa totale pel trattamento di dette acque di L. 70.

III.

Viste le spese speciali di trattamento riferite alla tonnellata di rame prodotta nell'officina, per completare ora le considerazioni economiche del trattamento, rimane di esaminare quali sono approssimativamente le spese d'impianto e il capitale immobilizzato nella lavorazione riferibili a quella produzione onde rilevare le relative quote di ammortizzo e d'interesse. A queste quote infine vanno aggiunte ancora le spese generali di amministrazione e la quota d'interesse del capitale circolante.

Le quote riferibili al capitale d'impianto ed al capitale immobilizzato nei bagni sono caratteristiche del procedimento e meritano perciò di venir esaminate con qualche dettaglio.

Le spese d'impianto desunte dai dati dell'officina di Casarza per la produzione di 1000 chilogrammi di rame al giorno si possono riassumere, con molta approssimazione, come segue:

| | |
|---|-----------|
| a) Forza motrice per 10 dinamo occorrenti nell'operazione d'elettrolisi, per pompe, pel ventilatore del forno a metalline per la triturazione delle metalline a torrefarsi: (100 cavalli circa). Impianto del motore idraulico e trasmissioni | L. 40.000 |
| b) N° 10 macchine dinamo e conduttori per le dieci batterie di bacini d'elettrolisi assorbenti, ciascuna circa 6 cav. di forza | » 30.000 |
| Altre dinamo di riserva e per prove diverse | » 14.000 |
| c) N° 120 bacini federati internamente di piombo per i bagni d'elettrolisi a L. 150 caduno, più alcuni bacini di riserva | » 20.000 |
| d) N° 4 bacini per la lisciviazione a L. 500 cad. | 2.000 |
| Grande bacino principale in muratura per la raccolta delle soluzioni; canalizzazione per la circolazione delle soluzioni compresevi le pompe per il sollevamento delle medesime e scaricatori | » 20.000 |
| e) Forno a manica per la fondita dei minerali — annessi di fosse di colata, di elevatori — stampi di ghisa per la colata delle placche anodi | » 8.000 |
| f) N° 5 forni <i>Maretra</i> per la torrefazione di 300 chilogr. circa di metallina al giorno | » 10.000 |

A riportarsi L. 144.000

Riporto L. 144.000

Annessi condotti e camere di piombo, caldaie a vapore e costruzioni necessarie per la fabbricazione dell'acido solforico a 50° Beaumé (calcolasi una produzione giornaliera di acido di quintali 36) . . . » 70.000

g) Frangitore per le metalline da torrefarsi e annessi » 5.000

Impianto per la fabbricazione del solfato di ferro » 6.000

h) Officine per le piccole riparazioni, laboratorio per assaggi e prove.

Locali: l'area coperta occorrente per le diverse operazioni del processo si può valutare a circa mq. 1500 che a L. 50 per mq. coperto importano . . . » 75.000

Totale spese d'impianto L. 300.000

Valutando una quota per interessi, ammortizzo e manutenzioni del 10 p. 0/0 viene a caricarsi per quel capitale la tonnellata di rame prodotta di L. 75.

Tal quota di costo è molto elevata e deve evidentemente diminuire col crescere della produzione dell'officina. In ogni modo essa fa intravedere essere il nuovo trattamento più conveniente per le grandi produzioni in generale che non per la piccola industria.

*

Capitale d'esercizio immobilizzato. — Il capitale immobilizzato è essenzialmente la massa ramifera degli anodi e catodi nei bagni. Il resto di massa ramifera che vi deve pure esistere in officina di scorta per la regolare alimentazione dei forni non è qui il caso di tenerne nota per ora, perchè non è relativamente di molta entità e costituisce la riserva che devono avere tutte le officine in generale, qualunque modo di trattamento adottati.

Nei 120 bagni di elettrolisi che saranno in esercizio nell'officina per la produzione che considerasi di 1000 chilog. di rame al giorno vi saranno N° 1920 placche di anodi del tenore in rame del 30 p. 0/0 circa, le quali vi s'introducono in origine del peso di chilog. 110 e dopo tre mesi e mezzo circa vengono estratte del peso di circa chilogrammi 50 col tenore in rame di circa il 35 p. 0/0. Gli anodi cedono la metà al più del loro rame nei bagni ed il rimanente viene poi tradotto in solfato nei bacini di lisciviazione. Ne risulta quindi che il peso medio dei singoli anodi che si deve trovare costantemente nei bagni è di circa chilogrammi $\frac{110+50}{2} = 80$, e il loro tenore medio

in rame del 33 p. 0/0 circa. Il peso medio complessivo di tutti gli anodi nei bagni deve essere perciò di circa tonn. 154. Aggiungasi la riserva di anodi che occorrerà avere disponibili e quello altresì di residui anodi pure in deposito e si raggiungerà il complessivo peso di tonnellate 200 in cifra tonda di questo materiale ramifero. Il suo contenuto complessivo di rame sarebbe di tonn. 66 e rappresenterebbe un valore di L. 60.000 circa.

I catodi vengono introdotti nei bagni del peso di 2 chilog., e dopo tre mesi circa si estraggono del peso di chilog. 30 circa. Quindi il peso medio di ciascun catodo che devesi ritenere costantemente nei bagni può valutarsi di chilog. 16, ed il loro peso complessivo nei 120 bacini va ritenuto in media di chilogrammi 32,640. Il valore di questo rame elettrolitico va valutato non meno di L. 50.000.

Il valore del rame nelle soluzioni è di ben poco. Si può valutare esservi costantemente in circolazione al più 120 mc. di soluzione ramifera del tenore in rame del 3 p. 0/0 e quindi non vi sarebbe in tutto disciolto che 3 o 4 tonnellate di rame che può valutarsi del valore di L. 3000 circa.

In totale dunque si avrebbe un quantitativo di materiali ramiferi immobilizzato nell'officina per la produzione di una tonnellata di rame al giorno del valore di 60.000 + 50.000 + 3.000 = 113.000 lire.

Questo capitale immobilizzato nei bacini dà luogo ad una quota nel costo unitario del prodotto che è speciale al metodo di trattamento che considerasi e che va ritenuta costante qualunque sia la produzione dell'officina.

Attribuendo un interesse del 6 p. 0/0 a questo capitale esso aggraverebbe, come vedesi, per sua quota di costo la

tonnellata di rame prodotto di L. 20 circa. È questa quota effettivamente un carico speciale del procedimento; ma per ridurla al suo giusto valore negli apprezzamenti che si vorranno fare va detto che se la medesima pur la si voglia considerare integralmente come un'aggiunta di costo a carico del processo elettrico che considerasi, si deve anche contrapporre il maggior valore del prodotto rame elettrolitico rispetto al rame comune in pani che derivasi coi processi ordinari per fusione degli stessi minerali.

IV.

Riassumendo ora tutte le spese speciali alla lavorazione che si sono esaminate riferite alla tonnellata di rame elettrolitico prodotto più le spese generali, d'interessi, d'ammortizzo e di manutenzione, si ha quanto segue:

| | |
|--|---------------|
| Acquisto di tonnellate 8.564 di minerale al 12 p. 0/0 di rame (si valuta una perdita di trattamento del 2,70 p. 0/0). | |
| Il valore del minerale nell'officina è computato sulla base di L. 0,80 per chilog. di rame contenuto (ritenendo il prezzo del rame sul bollettino ufficiale di L. 1,15), e colla deduzione che si fa di due unità per 100 di minerale, si ha il costo per tonnellata L. 80 | L. 685.12 |
| Fusione del minerale e colata delle metalline in stampi a L. 15,30 per tonnellata | » 132.13 |
| Macinazione e torrefazione delle metalline e dei residui anodi estratti dai bagni | » 7.30 |
| Fabbricazione di chilog. 3600 di acido solforico a 50° a L. 13,00 per tonnellata (di cui solo chilog. 1500 servono pel trattamento) | » 46.80 |
| Lisciviazione delle metalline torrefatte | » 15.50 |
| Elettrolisi | » 34.— |
| Trattamento delle soluzioni sature (mc. 4.22) per l'estrazione del rame colla cementazione e per l'estrazione del vetriolo di ferro che contengono » | 70.— |
| Totale spese speciali di lavorazione L. | 990.85 |

| | |
|---|--------|
| Quote d'interessi, d'ammortizzo del capitale d'impianto (L. 300,000) | » 75.— |
| Quota d'interessi del capitale immobilizzato nei bagni (L. 113,000) | » 20.— |
| Quote d'interessi del capitale circolante per l'esercizio e spese di manutenzione | » 15.— |
| Spese generali d'amministrazione e direzione tecnica | » 25.— |

Totale costo lordo della tonnellata di rame L. 1125.85
Deducansi ora i ricavi che si hanno dalla vendita dell'acido solforico e del solfato di ferro:

| | |
|---|---------------------|
| Si produce 3600 chilog. di acido solforico a 50° e se ne consuma chilog. 1500 per i bisogni del trattamento; ne rimane perciò di disponibile per la vendita chilog. 2100 che a L. 4 il quintale importa | L. 84 |
| Dai mc. 4.22 di acque sature ricavasi circa quintali 15 di solfato di ferro che a L. 5 dà un valore di | » 75 |
| | L. 115 115.— |

Costo della tonnellata di rame L. 1010.85

Il rame elettrolitico, ha un valore che lo si può oggi valutare a non meno di L. 1400 la tonnellata. Si avrà perciò col trattamento elettrico un beneficio di L. 400 all'incirca e, come vedesi, raggiungibile senza aver fatto restrizioni nelle spese; beneficio che sarebbe suscettibile ancora di sensibile miglioramento qualora si considerasse una lavorazione su più ampia scala di quella che si è tenuta qui per base, e organizzata o condotta con tutte le perfezioni ancora possibili

V.

Le cifre esposte basterebbero per loro sole a dimostrare alle persone competenti il vantaggio economico che ha il processo elettrico che si è esaminato di fronte ai processi ordi-

nari della metallurgia del rame pei minerali comuni solforati; ma per far meglio rilevare la verità di questa asserzione tanto importante, e renderla viemmeglio apprezzata nel suo giusto valore dalla generalità degli industriali, non sarà superfluo di aggiungere qui altri raffronti di cifre esaminando le condizioni economiche che si avrebbero se il minerale di Casarza invece di trattarsi come si è descritto, lo si trattasse nei forni col procedimento ordinario nella regione stessa dell'officina fin qui considerata. Le cifre riferentisi a quest'ultimo procedimento, non sono difficili a valutarsi, e si esporranno qui con tutta quell'approssimazione che è possibile. I risultati economici finali complessivi di costo che ne risulteranno serviranno poi come si vedrà per far analoghi raffronti fra il processo elettrolitico Marchese ed il processo ordinario della via ignea in generale, cioè anche per il caso di altri minerali di rame a tenore diverso da quello che considerasi, ossia per tutti i minerali ramiferi solforosi comuni che trattansi ora nelle officine per via di fusione.

È ben noto in generale quanto di combustibile e quanta perdita di metallo comporta il trattamento per via ignea dei minerali di rame e inoltre a quante complicazioni poi esso trattamento va soggetto pel caso di minerali cosiddetti impuri o misti per estrarre dai medesimi un rame di qualità accettabile dal commercio, complicazioni che aggravano sempre più il costo del prodotto ed aumentano sempre più le perdite di metallo. L'importanza che si deve dare ai raffronti che si faranno fra i due modi di trattamento pei minerali solforati risulterà dal riflesso, che la gran massa dei minerali di rame industriali sono appunto i solfuri e si può dire anzi essere questi quasi esclusivamente i minerali di officina. Il processo Marchese si applica quindi alla grande massa dei minerali di rame industriali; esso non modificasi sensibilmente col variare della qualità di ganghe o matrici terrose o metalliche dei minerali; dà sempre la stessa purezza di prodotto, dà luogo sempre a minime perdite di metallo e non altera sensibilmente pei vari casi le spese speciali. Si è perciò appunto che esso è specialmente vantaggioso in confronto dei processi ordinari pei casi di minerali impuri, misti e contenenti metalli preziosi utilizzabili.

*

Se il minerale che si tratta ora a Casarza lo si trattasse col procedimento ordinario della fusione secondo il metodo tedesco, che come si sa è il più economico, riguardo al consumo in combustibile, la formula di trattamento da adottarsi dovrebbe esser questa:

- a) Torrefazione di circa metà del minerale in stalli;
- b) Fondita per metalline del minerale metà torrefatto e metà come proviene dalla miniera;
- c) Torrefazione delle metalline di prima fondita in stalli coperti a 4-6 fuochi circa;
- d) Fondita per rame nero e per metalline ricche;
- e) Torrefazione delle metalline ricche in appositi stalli, per passarsi poi nel letto di fusione per rame nero miste alle metalline di prima fondita. Si può valutare il rapporto fra le due metalline di 1 a 4;
- f) Affinazione e raffinazione del rame nero in forno a riverbero per aver rame in pani.

Le perdite di rame in questo trattamento si possono ritenere essere almeno del 16 p. 010 sul rame contenuto nel minerale epperò dalla tonnellata di minerale al 12 p. 010 si ricaverà di rame raffinato chilog. 108.80.

Riferendosi alla tonnellata di minerale il costo del rame raffinato ritraibile sarebbe costituito con molt'approssimazione come segue:

| | |
|---|---------|
| Acquisto di 1 tonnellata di minerale al 12 p. 010 (come per l'altro trattamento) | L. 80.— |
| Torrefazione di 500 chilog. di minerali in stalli a L. 3,00 la tonnellata (comprendendo combustibile, mano d'opera e riparazioni) | 1.50 |
| Fondita per metalline di 1000 chilog. minerale, di cui metà torrefatto (come per l'altro trattamento) | 15.30 |

A riportarsi L. 96.80

Riporto L. 96.80

Torrefazione di metalline. In quest'operazione comprendonsi tutte le metalline: quella della prima fondita e quelle più ricche che derivano dalla fondita per rame nero. Si verrà ad avere in complesso circa 500 chilog. di metalline in tutto sulle quali ripartiscono tutte le spese di torrefazione.

| | |
|--|----------------|
| Carbone di legna e litantrace | |
| quintali 0.50 a L. 4 | L. 2.— |
| Legna mc. 0.50 a L. 3 | » 1.50 |
| Mano d'opera e spese diverse | » 3.50 |
| | <u>L. 7.00</u> |
| | 7.00 |

Fondita per rame nero. — Il letto di fusione sarà di 500 chilog. di metalline miste, più altri materiali ramiferi (crasse, scorie ricche, ecc.), per all'incirca altri 250 chilog., più ancora si avranno fondenti siliciferi. Per tale operazione si avrebbe:

| | |
|--|-----------------|
| Carbone coke: (il 50 p. 010 delle metalline) | |
| Chilog. 250 a L. 4,30 | L. 11.35 |
| Mano d'opera | » 2.— |
| Fondenti, utensili, manutenzioni | » 2.— |
| | <u>L. 15.25</u> |
| | 15.25 |

Si otterrebbe circa chilog. 115 di rame nero al 95 p. 010 di rame, più metalline ricche chilogrammi 100 circa da passarsi alla torrefazione in stalli a parte e poi nel letto di fusione per rame nero di un'operazione successiva.

Affinazione dei 115 chilog. di rame nero e raffinazione del rame rosetta derivato. Queste due operazioni fatte col sistema inglese al forno a riverbero nel modo più vantaggioso costerebbero come segue:

| | |
|---|----------------|
| Litantrace, chilog. 80 a L. 2,50 il quintale | L. 2.00 |
| Mano d'opera e materiali diversi, riparazioni » | 0.80 |
| | <u>L. 2.80</u> |
| | 2.80 |

Il prodotto finale sarebbe di chilog. 108 a 109 di rame raffinato, con la perdita già stata preventivata cioè del 16 p. 010 sul rame contenuto nel minerale.

| | |
|--|-----------|
| Totale spese speciali di trattamento di 1 tonnellata di minerale | L. 124.85 |
|--|-----------|

*

Riferendo ora questo costo e le altre spese a 1000 chilog. di rame raffinato prodotto onde farne il confronto colle spese indicate per la stessa produzione col trattamento elettrico, si ha quanto segue:

| | |
|--|-------------------|
| Costo del minerale chilog. 9260 a L. 80 la tonnellata | L. 740.80 |
| Costo del trattamento in spese speciali (L. 44,85 per tonnellata di minerale) | » 387.53 |
| Spese generali d'amministrazione (L. 8000) » | 20.— |
| Quota d'interessi e ammortizzazione del capitale d'impianto (L. 50,000) | » 40.— |
| Quota d'interessi del capitale immobilizzato nell'officina in materiale ramifero (L. 40,000) | 3.— |
| Quota d'interessi del capitale circolante (Lire 5000) | » 12.— |
| | <u>L. 1173.33</u> |
| Valore della tonnellata di rame raffinato | » 1250.— |
| Benefizio | <u>L. 76.67</u> |

*

Per riassunto raffrontando ora le cifre del costo della tonnellata di rame ripartite come segue pei due trattamenti del minerale che consideransi se ne rileverà più facilmente la differenza.

Costo di 1000 chilogrammi di rame trattando il minerale di Casarza.

| Col metodo elettrico | | Col metodo ordinario | |
|--|---------|--|---------|
| a) Costo del minerale L. | 685.12 | a') Costo del minerale L. | 740.80 |
| b) Fondita per metalline » | 132.13 | b') Fondita per metalline coll'aggiunta della torrefazione di parte del minerale » | 155.56 |
| c) Operazioni successive: (torrefazione, liscio, vivo, elettrolisi), fatta deduzione del valore in officina dei prodotti secondari vendibili » | 58.60 | c') Operazioni successive fino a completo trattamento » | 231.97 |
| d) Spese generali. Ammortizzo e interessi del capitale d'impianto, interessi del ca- pitale d'esercizio » | 135.— | d') Spese generali, ammortizzo e interessi del capitale d'impianto, interessi del ca- pitale d'esercizio » | 45.— |
| Totale costo L. | 1010.85 | Totale costo L. | 1173.33 |

Se aggiungesi qui la differenza di valore fra le due qualità di metallo, ne risulta un maggior beneficio col processo Marchese in confronto del processo ordinario di almeno L. 300 circa per tonnellata di rame.

Se in quest'analisi di costo invece di valutare il combustibile al prezzo elevato che si è messo per Casarza, lo si valutasse ai prezzi più bassi che si hanno all'estero nelle regioni più favorite le cifre di costo corrispondenti alle operazioni b) b') e c') diminuirebbero. Il costo totale del trattamento ordinario per fusione diminuirebbe di circa L. 80 a 85 mentre il costo del trattamento elettrico non diminuirebbe che di L. 22 a 25 circa. Come vedesi, anche in questo caso, pure pareggiandosi circa le cifre di costo complessive nel computo suesposto il trattamento elettrico dà ancora un maggior beneficio rispetto al trattamento ordinario di L. 230 circa per tonn. di metallo prodotto derivante dalle minori perdite e dal maggior valore del metallo.

Devesi concludere quindi che anche nei paesi più favoriti pel combustibile il trattamento elettrolitico di minerale di rame della composizione di quello che si tratta ora a Casarza è sempre preferibile al trattamento per via ignea.

Osservasi altresì che applicando solo nell'analisi di costo col trattamento ordinario per fusione i prezzi più bassi del combustibile che si hanno all'estero, e confrontando poi il costo complessivo così risultante col costo complessivo che si ha attualmente a Casarza, la differenza per tonnellata di rame non sarebbe che tutto al più di L. 20 a favore del trattamento per via ignea o quasi nulla, mentre il solo maggior valore della tonnellata di rame elettrolitico su quello del rame raffinato ordinario è di L. 150 circa.

Ne deriva da ciò che un minerale di rame, come quello che si è fin qui considerato, trattato in Italia coll'elettrolisi col prezzo elevato di combustibile dà maggior beneficio che non il trattamento ordinario per fusione dello stesso minerale fatto all'estero dove il combustibile è a prezzi bassissimi.

Finalmente deducesi ancora che per un minerale come quello fin qui considerato trattato egualmente col processo Marchese in Italia ed all'estero, dove si abbia il combustibile a bassissimo prezzo, il costo in più per l'officina italiana del prodotto non sarà che ben poco sensibile, e tale differenza si riescirà facilmente ad eliminare colla scelta del punto di impianto della officina italiana il più adatto per la forza motrice e per ubicazione atteso che col nuovo processo il combustibile non influisce che per ben poco sul costo del prodotto. Eppertanto si può concludere che tutti i minerali come quelli di Casarza si possono trattare in Italia in concorrenza colle officine estere le meglio situate.

Ma ciò che più ancora importa di far rilevare si è che non solo questa importante conclusione è applicabile per il caso speciale del minerale fin qui considerato, ma che essa non deve variare sensibilmente neppure per gli altri minerali comuni di tenore in rame diverso da quello, ossia deve conservarsi inalterata in generale per la gran massa dei minerali industriali da cui si estrae la maggior parte del rame del commercio. Infatti, qualunque sia il tenore in rame del minerale solforato e la matrice di esso, la prima operazione che il me-

desimo dovrà subire sarà pur sempre la stessa ((b) (b')) dello specchio ultimo per entrambi i trattamenti, eguali circa i prodotti (metalline) che derivansi, ed eguali pure i costi rispettivi, come vedesi da (b) (b'). Se vi sarà una piccola differenza, in tali elementi di costo questa sarà a vantaggio del processo elettrico, come si è visto appunto nel caso considerato. Quindi la differenza di costo sui due trattamenti la si dovrà riscontrare in ogni caso, nelle operazioni che succedono alla prima (c) (c') e nelle spese (d) e (d'), qualunque sia il minerale solforato che si fonde. Questi costi complessivi, come vedesi dallo specchio ultimo, confrontati fra loro addimostano vantaggio sensibile per il processo elettrico; devesi perciò concludere che quest'ultimo processo è sempre più vantaggioso dell'altro ordinario della via ignea per tutti i minerali di rame solforati in generale che ora trattansi nelle officine col fondite.

Se ancora più specialmente poi consideransi i minerali misti od impuri, le spese (a') e (c') vengono ad aumentare molto sensibilmente pel processo ordinario, mentre non alterano le corrispondenti del processo elettrico, ed il vantaggio per quest'ultimo diventa quindi in tali casi sempre più marcato. Trattandosi infine di minerali misti contenenti metalli utilizzabili (Au, Ag, Pb), caso non raro nell'industria, le spese (a') e (c') pel trattamento ordinario si aggravano ancor più complicandosi spesso con operazioni della via umida lunghe e difficili, mentre rimangono inalterate pur sempre come già s'è detto le spese corrispondenti del processo elettrico.

*

Conclusione. — Volendo ora riassumere su quanto venne esposto, senza più entrar in altre considerazioni d'ordine tecnico circa all'importanza da attribuirsi al processo elettrico esaminato mi limiterò alle seguenti asserzioni che sono a mio avviso le più importanti e le più meritevoli d'attenzione per parte degli industriali.

a) Il processo Marchese si addimostra applicabile a tutti i minerali di rame solfurei, nei quali è economicamente possibile il trattamento per via ignea. — Per questi casi, che sono i più generali nella metallurgia del rame, il detto processo è più vantaggioso dal lato economico che non il trattamento della via ignea e ciò anche per le regioni in cui il combustibile è al massimo buon mercato.

È applicabile anche alle metalline molto ricche di rame. Il loro basso tenore in zolfo non impedisce che si possano utilizzare per produrre l'acido solforico e di permettere che si ottenga di quest'acido in quantità eccedente i bisogni del trattamento.

I vantaggi del nuovo processo, in confronto del processo ordinario, derivano essenzialmente, dalla utilizzazione dello zolfo del minerale che vien tradotto in acido solforico e in solfato di ferro, dalle minori perdite in metallo contenute nel minerale, dal pregio superiore nel prodotto ed altresì dall'essere in molti casi più ridotte anche le spese speciali di lavorazione.

b) Esso nuovo processo è più proprio per le grandi produzioni, atteso la diminuzione che ne deriva in tal caso sull'unità di prodotto delle quote di costo per ammortizzo e interesse dei capitali impiegati che richiede.

È ancor più vantaggioso sul processo ordinario pel caso che s'abbiano a trattare minerali o metalline impure o miste contenenti oltre il rame, altri metalli utilizzabili e specialmente piccole quantità di argento ed oro.

c) Riguardo al trattamento dei minerali di rame poveri, pei quali l'industria attuale ricorre ai processi della via umida non pare ancora che il nuovo processo elettrico possa, allo stato attuale avere dei vantaggi, atteso che le soluzioni che derivansi dal trattamento ordinario della via umida per clorurazione o per solfatazione sono in generale troppo povere in rame e troppo ferrose per formare un buon elettrolita nei voltometri del processo Marchese.

Questo processo ad ogni modo non sarebbe applicabile che parzialmente alle soluzioni ramifere ottenute colle attuali operazioni della via umida, sostituendo alla cementazione attuale l'elettrolisi con anodi di solfuri di ferro, che sarebbe d'uopo procurarsi, oppure con anodi di ferraglia. Se qualche vantaggio è possibile in questo caso, non può derivarsi che dal maggior valore del rame elettrolitico in confronto del rame raffinato ordinario e dalla differenza fra il costo dell'elettrolisi e quello della raffinazione del rame di cemento.

d) I risultati del nuovo processo che ora si osservano nell'officina di Casarza, sono dei più soddisfacenti e già ben valevoli a dimostrare la importanza pratica che esso è destinato ad avere nella metallurgia del rame; ma per altro a conferma più positiva delle deduzioni che si sono tratte, è vivamente desiderabile ancora che il procedimento nuovo abbia un'applicazione integrale e con un esercizio regolare e continuo di una certa durata (ciò che purtroppo per circostanze estranee al merito del processo non si è ancor potuto verificare) e sarà questo il mezzo migliore certo per dissipare dubbiezze, ed affermare indiscutibilmente una innovazione industriale, importantissima non solo pel miglioramento che apporta nel trattamento dei minerali di rame, ma altresì perchè da essa può avere inizio una serie di altre innovazioni radicali applicabili con vantaggi molto importanti anche nella metallurgia di altri metalli, innovazioni tutte dirette ad emancipare in gran parte quest'industria dal combustibile e che saranno quindi specialmente interessanti e vantaggiose per il nostro Paese.

A. BONACOSSA.

Mentre il presente scritto era in corso di stampa venni a conoscenza del lavoro testè pubblicato a Milano dalla tipografia Saldini, avente per titolo: *L'elettrolisi in metallurgia*, dell'egregio ingegnere V. Zoppetti, del R. Corpo delle Miniere, autore ben noto per parecchie pregevoli altre pubblicazioni.

In quello scritto vi è specialmente trattato lo stesso argomento che forma soggetto del mio lavoro, cioè il procedimento Marchese, quale è applicato nell'officina di Casarza. Di fronte a quella nuova pubblicazione il mio primo pensiero si fu di ritirare dalla tipografia il lavoro che aveva consegnato, ben soddisfatto di vedere lo stesso argomento trattato da penna ben più valevole della mia. Senonchè, rileggendo con attenzione quella importante pubblicazione e specialmente le conclusioni finali, mi è sembrato che le asserzioni che ivi si fanno sul caso di che trattasi siano in qualche parte ancora non abbastanza determinate, o per lo meno non ancora sufficientemente dimostrate da fatti e da cifre e non collimino in tutto colle mie deduzioni. Mi parve in complesso che il mio scritto (sullo speciale argomento) dia notizie più concrete e più comprovate circa il grado di estensibilità applicativa al nuovo procedimento metallurgico di che trattasi e determini per ora più concretamente su dati numerici comprovati l'importanza reale che praticamente allo stato attuale si può ad esso assegnare. Ad ogni modo, pur facendo astrazione dalle conclusioni cui si è addivenuto tanto nel lavoro pregevolissimo dell'ing. Zoppetti che nel mio, i dati esposti in quest'ultimo parmi che debbano mettere il lettore vieppiù facilmente in condizioni di giudicare da lui stesso sul merito del processo metallurgico esaminato e di trarre quegli apprezzamenti che realmente convengono su una questione di tanto valore pratico ed ancor tanto dibattuta; ciò che sarebbe qui specialmente e soprattutto importante per lo scopo cui si deve tendere ora con queste pubblicazioni. Si è specialmente per quest'ultima considerazione che parmi che il mio lavoro possa ancora avere qualche utilità, e si è perciò che mi sono deciso di superare la ritrosia ch'ebbi dapprincipio e di lasciare che il medesimo venga pubblicato nello stato suo originario, ritenendo così ancora di arrecare qualche servizio all'industria metallurgica nel nuovo campo che col nuovo procedimento esaminato ad essa si apre.

A. B.

COSTRUZIONI CIVILI

APPLICAZIONE DEL SISTEMA KERR PER LA PAVIMENTAZIONE DELLE CONTRADE CON DADI DI LEGNO

IN ESPERIMENTO AD UN TRATTO DI VIA GARIBALDI
(GIÀ DORAGROSSA) IN TORINO.

(Veggasi la Tav. XVI)

Da poche settimane essendosi ultimata in via di esperimento la pavimentazione a dadi di legno, sistema Kerr, di due tratti di via Garibaldi (già Doragrossa), corrispondenti ai due primi isolati a partire da piazza Castello, ci sembra non inopportuno darne un cenno descrittivo col corredo di una tavola, nella quale le proporzioni del disegno permettono abbastanza di apprezzare il sistema nei suoi particolari.

Ripetiamo questo non essere che un semplice saggio che la Società iniziatrice di questa privativa va ora ripetendo a Milano, ed in altre città d'Italia, collo scopo di tentare da noi la diffusione di tale sistema, come appunto si verifica già in molte città estere, le quali hanno tratto partito dal legno per la pavimentazione delle loro contrade. Attendendo che il tempo e l'uso facciano conoscere praticamente anche da noi i vantaggi della innovazione, o per meglio dire ci dicano tutto il *pro* e tutto il *contro*, noteremo qui come siasi iniziata a Torino questa prova.

Come qualsiasi altro sistema di lastricazione o selciatura, l'applicazione del sistema Kerr s'incomincia anch'essa praticando uno scavo od incassatura, profonda m. 0,30 al disotto del piano stradale ad opera finita, incassatura che deve avere il suo fondo perfettamente spianato, battuto, e con profili e pendenze prestabilite. Su questo fondo si applica uno strato di calcestruzzo magro, dello spessore costante di 15 centimetri ben serrato e compatto; e su questo calcestruzzo si stende con molta diligenza della malta di cemento finissimo, bene eguagliata e dello spessore di 2 a 3 centimetri, per modo che la superficie esterna risulti perfettamente piana e livellata; dopochè si lascia che tutto si consolidi e formi una base massiccia e stabile; in una parola si costituisce una fondazione di pietra artificiale della grossezza di circa 18 centimetri, la quale converrà spezzare col piccone tutte le volte che sia necessario porre a nudo il sottosuolo.

Ed è su questa platea di calcestruzzo e cemento che vengono applicati i conci di legno. Han questi forma geometrica regolare di parallelepipedo colle dimensioni di $24 \times 12 \times 8$; e sono di legno abete bianco, iniettato di creozoto in modo che all'atto dell'impiego si presentano all'occhio coloriti in scuro, od affumicati. Hanno le sei faccie piane ed in squadra, con spigoli vivi. Si collocano secondo tanti filari, coi giunti alternati alla stessa guisa di altrettanti mattoni, con la dimensione 0,12 perpendicolare al piano di posa. I conci di legno sono tagliati in maniera che in questa guisa le fibre del legno vengono a resistere di punta, e la resistenza del pavimento è massima, ove non siavi possibilità di cedimenti, mentre riesce così eliminato l'inconveniente delle screpolature, scheggiature ed altri guasti inevitabili, e rendesi un materiale tanto facilmente attaccabile quale il legno in condizioni di resistere al continuo attrito che non può a meno di presentare una delle strade principali di e notte battuta e percorsa da cavalli e veicoli d'ogni foggia e da pesanti carichi.

Da quanto si è detto, e come dalla tavola XVI appare, i filari dei conci, disposti normalmente all'asse stradale, danno luogo ad altrettante linee di giuntura ogni 8 centimetri; e qui è d'uopo notare che un corso di parallelepipedi in questo senso è anzi lasciato discosto dall'altro di quasi un centimetro interponendovi provvisoriamente per mantenere tale distanza delle sottili stecche di legno all'uopo preparate. In questo modo si viene a predisporre un tratto di pavimento, avendo cura il più possibile di evitare l'incontro dei giunti nel senso longitudinale, e provvedendo con disposizioni speciali a formare le cunette di scolo delle acque, regolando con pezzi scorciati o tagliati sul posto l'incontro di queste colle bocche di scolo e coi chiusini di ghisa precedentemente disposti al do-

vuto livello sui rispettivi lanternini di muratura. Dopo di che si passa alla cementazione dei conci facendo colare negli interstizi sopra accennati una quantità di asfalto fuso che deve scendere fino alla base se vuolsi che i conci di legno trovinsi bene assicurati al fondo sul quale riposano.

Il resto delle connessioni si colma poi con cemento semiliquido di modo che restino perfettamente uniti gli uni agli altri, senza possibilità d'infiltrazione, e formanti così una massa elastica, bene compatta, non essendo ammissibili soluzioni di continuità.

Il sistema non manca di una certa eleganza, vi si cammina comodamente permettendo il legno una superficie molto più eguale della pietra, i cavalli da tiro vi trovano facile presa e non vi sdruciolano che in rarissimi casi. Le ruote vi scorrono leggermente senza rimbalzi e senza produrre rumore; non si ha grande quantità di polvere, nè di fango.

Gli oppositori del metodo di pavimentazione con dadi di legno trovano però a dire che questo per la sua natura spugnosa e propensa ad assorbire l'umidità può essere cagione di danno alla igiene pubblica. Ragione non troppo facilmente confutabile e che condanna il sistema ove si tratti di vie molto ristrette e poco ventilate. Così per es. non possiamo a meno di notare, perchè l'abbiamo riscontrato più volte noi stessi, che in via Garibaldi, quando la parte selciata o lastricata della via è affatto asciutta, quella di legno si conserva più a lungo umida, attaccaticcia o coperta da belletta, e quando è tempo molto secco e non si inaffia, vi ha assai più polvere che non sul lastricato, del quale ultimo riesce facilissima la scopatura.

Osservano inoltre gli oppositori che il creosoto di cui il legno è iniettato dà luogo ad emanazioni le quali per quanto vogliansi fare igieniche e disinfettanti sono pur sempre sgradevolissime alla più gran parte dei cittadini, tanto che dicesi questa la causa per cui a Berlino sarebbe dato a questa pavimentazione addirittura l'ostracismo. È specialmente nella estate che l'inconveniente si fa più sentito inquantochè il legno con la sua tinta scura assorbe molto calore e i vapori di creosoto si spandono nell'aria.

Questo sistema di lastratura è conosciuto sotto il nome di sistema Kerr, dal nome dell'ingegnere, che dieci anni or sono si occupò con successo di perfezionare questo ramo delle costruzioni stradali.

A Torino l'applicazione del metodo Kerr è stata valutata a L. 23 per ogni metro quadrato, compreso ogni lavoro ed ogni provvista di materiale, eccettuato però lo scavo e l'esportazione della terra.

La durata di questo pavimento è relativa, ed è quanto appunto risulterà dall'esperimento.

In attesa di questa prova ci sarà ad ogni modo permesso di osservare come essa possa essere seriamente compromessa dal bisogno di porre a nudo il sottosuolo per collocazione o riparazione di condotte di acqua o di gas, di canali di scolo o fogne, di cambiamento di rotaie tramviarie, ecc., lavori quasi tutti che importano il parziale disfaccimento della massicciata su cui poggiano i conci di legno. Si sa come le rappezzature non si possano mai eseguir bene e disaggregano il resto della lastratura rendendola difettosa. E purtroppo quel bisogno è tanto frequente che dubitiamo sia per essere un continuo disturbo alla buona riuscita dell'esperienza.

Le figure della tavola XVI sono per se stesse abbastanza evidenti da non abbisognare che di poche spiegazioni.

Le prime due danno profilo e pianta di quella porzione di strada corrispondente al primo isolato, e che venne completamente ricoperta con pavimento Kerr, salvo i marciapiedi contro le case, che sono di lastroni di gneiss, aumentati in larghezza da una serie di conci, di pietre (granito) pure preesistenti. Nel profilo si vedono le distanze orizzontali con le quote di livello riferite ad una linea orizzontale, situata un metro al disopra dei due punti estremi della via, i marciapiedi insistenti su muricchio di mattoni, i piccoli conci di granito murati a secco su letto di ghiaia e sabbia, e la disposizione in proiezione verticale dei parallelepipedo di legno poggiati su i due strati di calcestruzzo e di cemento. Appariscono ancora, interrompendo questa disposizione, due bocchette di scolo (ghisa) e due coppie di regoli tramviari (essendovi doppio

binario di tramvia a cavalli in questo tratto di contrada), i quali insistono, come è noto, su regoloni longitudinali trattenuti da traversine pure di legno.

Si è usata una doppia tinta credendo di far cosa più intelligibile. In terra d'ombra è indicato il legno, il terreno e con piccoli punti la rena. In azzurro pieno le parti metalliche, in contorno o con tratteggi di convenzione le parti in muratura, le pietre, la ghiaia, il calcestruzzo (tratteggio interrotto) e la incrostatura di cemento (piccoli punti).

La proiezione orizzontale non ha bisogno di essere spiegata. Le teste dei conci di legno, e come questi siano stati collocati uno rispetto all'altro, si vedono a colpo d'occhio. La parte più bassa della cunetta, e che forma come un canaletto di facilissimo scolo, è larga quanto la minore delle dimensioni del parallelepipedo e viene a presentare a breve distanza una doppia linea d'unione o giunto da una bocca di scarico all'altra, e proprio nello stesso senso dell'asse della via, quello cioè tracciato dalle ruote dei veicoli. Altre linee di giunto longitudinali non interrotte corrono poi naturalmente lungo tutta la via al lembo dei marciapiedi e dei regoli di ferro.

Nelle due ultime figure abbiamo in più dei lastroni longitudinali di sienite che nelle vie di Torino, per lo più acciottolate, sono quasi sempre collocate ai lati od al centro della via e servono da rotaie di pietra, o guide per carreggiabili, quali appunto esistevano in quella località. Poggiano su ghiaia e sabbia. Continuando a passare ordinariamente su queste le ruote dei carri e delle vetture potrà forse verificarsi una maggior durata della parte di legno.

Facilissima è rimasta in questo caso la formazione delle cunette come si vede sulla pianta.

A. F.

NOTIZIE

Saggi di locomozione elettrica all'Esposizione di Anversa. — 1°. *Tramvia.* — Ad Anversa tra la stazione dell'est e l'Esposizione passando per l'*Avenue du Sud* si aveva un esempio di trazione elettrica fatta per mezzo di accumulatori.

La vettura era dell'ordinario tipo di quelle da tramvia con due terrazzini. Sotto i sedili erano disposti gli accumulatori del sistema Faure che davano moto ad una dinamo di Siemens, del tipo D2, del peso di 180 chilogrammi. Questo motore fa girare per mezzo di una catena continua gli assi della vettura.

Gli accumulatori furono oggetto di qualche perfezionamento da parte del sig. Julien, che sostituì il supporto di piombo con altro di metallo inalterabile. La resistenza risultò alquanto diminuita; la forza elettromotrice arriva a 2,40 volts, e il rendimento è pure aumentato; le lamine non più soggette ad inflettersi hanno durata alquanto più grande. Questi accumulatori a lamine canellate di piombo antimoniato sono in numero di 36, contenuti in una scatola di ebonite del peso di 20 chilogr. e ripartiti in quattro casse. Il peso totale di questi accumulatori è di 800 chilogrammi. Essi sono caricati in una tettoia speciale da una macchina Gramme, tipo normale di 20 Ampères e 90 volts, mossa da locomobile a vapore di 12 cavalli; vuolsi tuttavia notare che per una macchina Gramme di quel modello può anche essere sufficiente un motore di 3 a 4 cavalli.

La carica degli accumulatori richiede 12 ore con una corrente di 13 Ampères. Terminata questa operazione, gli accumulatori possono funzionare per 15 ore ed effettuare un percorso di 75 chilometri.

Per moderare la velocità della carrozza non si introducono più delle resistenze le quali assorbono inutilmente il lavoro in eccesso; ma per mezzo di una leva si interrompe la comunicazione con un certo numero di accumulatori. Per fermare la vettura, si interrompe la corrente, e la forza viva è spenta per mezzo dei soliti freni. Così pure quando la discesa è sufficientemente rapida la corrente è del pari interrotta, e non vi è consumo di energia elettrica. Si era anzi pensato di utilizzare l'eccesso di forza viva nelle discese per mettere in azione la dinamo e ricaricare con essa gli accumulatori; ma vi si è dovuto rinunciare, non avendo le prove fatte con quest'intento condotto ai risultati che si ripromettevano gli sperimentatori. Gli stessi accumulatori servono pure a tener accese la sera le lampadine elettriche avanti e dietro e dentro la vettura.

La velocità della vettura elettrica è quella stessa delle tramvie a vapore, ed il movimento avviene senza il menomo rumore.

Ad Anversa si è pur visto funzionare in modo soddisfacente un rimorchiatore elettrico, carico di 60 accumulatori Faure, che conduceva due vetture ordinarie cariche di viaggiatori.

A farsi un'idea del costo d'impianto degli apparecchi elettrici con questo sistema, basterà ritenere che la macchina Gramme per la carica degli accumulatori costa 1200 lire; che il motore Siemens D2 vale a

Berlino 2700 lire; e che gli accumulatori vengono a costare in ragione di lire 2,25 il chilogramma, ossia 1800 lire; quanto alle scatole, esse sono ordinariamente di legno o di grès; ma se si vogliono di ebonite, vengono a costare da 12 a 13 lire l'una.

2° *Battello elettrico*. — Oltre al su descritto saggio di tramvia elettrico, i visitatori dell'Esposizione hanno potuto vedere nel bacino della medesima un nuovo battello mosso dall'elettricità e che aveva viaggiato da Bruxelles ad Anversa colla velocità di 15 chilometri all'ora.

Quel viaggio si è effettuato sotto la direzione del signor Petit, direttore dell'officina della Società l'*Electrique* ed erano a bordo nove persone in tutto. Il battello è ad elice, ed ha 8 metri di lunghezza. Da una batteria di accumulatori è animato un piccolo motore.

Nel tragitto da Bruxelles ad Anversa, esso fece parecchie evoluzioni descrivendo delle curve in forma di 8 con grande precisione ed in presenza di molta gente accorsa ad assistere a questa esperienza di navigazione elettrica organizzata sul canale di Willebroek.

Notiamo tuttavia che tale sistema di navigazione elettrica non è più nuovo, mentre da più di due anni un canotto dello stesso genere costruito sotto la direzione dell'ingegnere De Puydt e messo in moto da accumulatori del sistema Somzé, viaggia sulla Mosa tra Liegi e Seraing.

(Ch. MOURLON, *L'Electricité à l'Exp. d'Anvers*).

Mastice asfaltico della miniera di Laviano per usi diversi.

Il signor Giuseppe Coscioni, direttore della Società Mineralogica Napolitana, ci ha inviato la seguente lettera, che di buon grado pubblichiamo testualmente, spiacenti di una cosa sola, che cioè dessa sia troppo breve, e scarsa di quei dati tecnici ed economici che gli ingegneri preferiscono leggere, e che la stessa Società mineralogica dovrebbe preferibilmente dare in un giornale tecnico. Il sapere in che cosa differenzi il mastice asfaltico di quella miniera dagli altri asfalti e bitumi o di quali manipolazioni esso necessiti, e quale sia il prezzo e la resistenza di quelle voltine; e così pure quanto costino sopra luogo i mattoni asfaltati della Ditta; che cosa intendasi per carbonato calcareo fatescente, e quale sia la chimica composizione di quella sua acqua conca, ecc., sono tutte nozioni indispensabili all'ingegnere costruttore, anche solo per deciderlo a fare una prova.

G. S.

« Ill.mo sig. Ingegnere,

« Nel fascicolo di ottobre 1885 del suo pregevole Giornale sotto il titolo: *Adesione straordinaria ed azione preservatrice della malta di cemento sul ferro*, si richiama l'attenzione sull'azione nociva del gesso e della malta di calce sulle travi di ferro, che reggono le voltine, onde pare che sia da preferire la malta di cemento.

« Ora al mastice grasso usato nel XIII secolo per preservare il ferro, al bagno di resina, alla dipintura col minio e col catrame, il nostro ing. colonnello G. Novi, ha surrogato il mastice asfaltico di Laviano. Egli, pei primi filari di mattoni, che costituiscono le spalle delle voltine, e che sono posti a contatto delle travi di ferro, ha pure adoperati i mattoni asfaltati della nostra Ditta. Il resto dei laterizi necessari a compiere le voltine lo ha cementato con una miscela di ottimo gesso di Sicilia, congiunto col 5% di carbonato calcareo fatescente, impastati con un'acqua conca, che rapprende solidamente e prontamente la malta gessosa. Le quali pratiche crediamo utile divulgare nell'interesse dell'arte e della stabilità delle nuove costruzioni economiche che si sono intraprese e progettate sopra vastissima scala.

« Il Direttore della Società
« Cav. GIUSEPPE COSCIONI ».

Pietre litografiche artificiali. — Il sig. Luigi Rosenthal di Francoforte, siccome riferisce il *Patent-Blatt* di Vienna, sarebbe riuscito a comporre delle pietre litografiche con un miscuglio intimo di cemento fresco, e di cemento indurito dopo essere stato bagnato e polverizzato. Il cemento, reso liquido e colato in forme piatte di pochissimo spessore, è lasciato essiccare sia all'aria libera, sia a mezzo di calorifero. Evaporata l'acqua, si ricorre ad aspersioni e riscaldamenti alternativi, finchè la pasta risulti fessurata in ogni senso. Dopochè si polverizza bene il cemento così trattato fino ad avere una polvere impalpabile da mescolarsi in parti uguali con cemento fresco. Il miscuglio è introdotto in uno stampo a doppio fondo traforato, ed ivi assoggettato a pressione di 25 a 30 atmosfere. Si versa allora sullo stampo la quantità d'acqua necessaria al cemento per far presa; una pompa aspirante in comunicazione colla parte inferiore dello stampo costringe l'acqua a penetrare in tutta la massa del cemento, al tempo stesso che ne estrae tutta l'aria; la massa cementizia è di bel nuovo sottoposta a forte pressione. Allo scopo di rendere più compatto e fino l'impasto, l'acqua adoperata contiene in sospensione della polvere finissima. Si ottengono così delle pietre di tutte le forme, suscettibili di essere lisce e pulite, e capaci di resistere alle variazioni di temperatura.

L'inventore inoltre assicura potersi sostituire alla polvere di cemento disseccato il carbonato di calce in polvere finissima, con che si ottengono pietre alquanto più bianche.

(Cosmos).

BIBLIOGRAFIA

I.

L'électricité à l'Exposition universelle d'Anvers, par Charles Mourlon. — Op. in-8°, di pagine 294 con 180 incisioni nel testo e 4 tavole litografate. — Bruxelles, 1885.

L'autore di questa *Rivista*, il quale ha fatto parte del Comitato ordinatore della Sezione d'elettricità di quell'Esposizione, è particolarmente noto fra i precipui cultori pratici delle applicazioni elettriche.

La rivista pubblicata non è che una successione di note, mentre una trattazione ordinata e metodica avrebbe di certo richiesto un tempo assai più lungo, che non sempre è facile trovare; ma la *Rivista* del Mourlon ha questo di particolare ch'essa offre, direi perpetua con breve descrizione ed opportune incisioni tutta quanta quell'esposizione, porgendo così a coloro che s'interessano ai progressi della elettricità, il materiale occorrente a fare sovr'esso, o su parte di esso quell'ulteriore e ponderato esame che le occupazioni e le noie di una esposizione mai non permettono di fare. Risulta ad ogni modo dalla medesima che il Belgio, la Francia, e la Germania sono, si può dire, le sole nazioni i cui costruttori hanno preso parte notevole a quella esposizione. L'Inghilterra espose pochissimo. E meno ancora l'Italia.

Dopo una rapida enumerazione degli espositori principali e dei loro più importanti apparecchi, troviamo un importante capitolo sulla illuminazione elettrica della galleria del lavoro, la quale offriva un'area di ben 24600 metri quadrati su cui ripartire convenevolmente la luce.

Il Comitato aveva affidato a dieci società d'illuminazione elettrica l'incarico di illuminare i locali ed i giardini dell'esposizione. E vennero installati motori a vapore della forza complessiva di 1750 cavalli vapore, fra cui sono da notarsi, la macchina di casa Cail di Parigi, di 500 cavalli; quella Sulzer di 400 cavalli e lavorante a 10 atmosfere, costruita nelle officine di Carels a Gand; e quella Corliss sistema Compound, di 400 cavalli, di Van den-Kerckhove pure di Gand.

Quanto alle lampade la Compagnia generale di elettricità di Bruxelles animò 19 fuochi Gulcher, 9 Gramme, 6 altri Gulcher a riflettori, ed 8 Jablochhoff; — la società l'Electricque di Bruxelles 45 Brush; — Ganz, di Budapest, 20 Zipernowsky; — Heilmann-Du Commun, di Mulhouse, 13 Gramme e Cance; — Jaspas, di Liegi, 32 fuochi De Puydt e 6 Jaspas; — Pieper, di Liegi, 24 fuochi Pieper; — Scive-Hermite e Comp., di Lille, 52 fuochi Patterson; — Spiecker e Comp., di Cologne, 32 fuochi Spiecker; — la Société des forges, di Gilly, 4 fuochi Crompton; — e Schuckert e Comp., di Bouckaert (Bruxelles), 22 fuochi Piette e Krizick.

Ed oltre a tutti questi svariati sistemi o nomi di lampade ad arco quasi tutte queste Case avevano profuso in ogni punto le lampadine ad incandescenza (Edison, Swan, Lane-Fox, Siemens, Gerard, ecc.), che contribuirono in gran parte al completo successo dell'illuminazione elettrica dei vastissimi locali della Esposizione; e che la Compagnie générale d'électricité di Bruxelles, oltre a 6 regolatori con riflettore di 2500 candele ciascuno, posti a rischiare la facciata principale, ebbe la buona idea di porre tra gli alberi nel giardino una quantità innumerevole di lampade ad incandescenza dai vetri colorati di bellissimo effetto.

Altra importante parte di questa rivista è destinata alle audizioni telefoniche col sistema F. Van Rysselberghe. Le audizioni telefoniche furono sempre considerate tra le applicazioni elettriche più adatte a destare le attrattive del pubblico. Ma alle esposizioni precedenti le audizioni telefoniche erano solo stabilite tra la città ed il recinto dell'Esposizione, ossia a distanze poco rilevanti e mediante linee telefoniche appositamente impiantate. Ad Anversa, valendosi del trovato Van Rysselberghe, che i nostri lettori conoscono, si volle far udire nel recinto dell'Esposizione un concerto di musica eseguito a Bruxelles, e servendosi per di più degli stessi fili esistenti per il servizio telegrafico. L'autore di questa rivista, che è pure il direttore tecnico dello stabilimento nel quale si costruiscono i nuovi microfoni e gli altri apparecchi del sistema Van Rysselberghe, racconta come per primo esperimento l'orchestra del teatro regio della Monnaie da Waux-Hall, dove suonava ogni sera, siasi intesa a 45 chilometri di distanza ad Anversa in una sala della stazione dell'Est; come in seguito siansi fatte esperienze di orchestra e di canto, rilegando il Châlet royal di Ostenda, col teatro della Monnaie facendo udire il *Faust* ed il *Guglielmo Tell* alla regina ad una distanza di oltre a 125 chilometri; e come dopo tale risultato il teatro della Monnaie siasi riunito con sistema telefonico permanente al castello reale di Laeken. In una tavola è indicata la disposizione dei microfoni alla ribalta ed attorno all'orchestra del teatro della Monnaie. Ma ritornando alle audizioni telefoniche fra Bruxelles e l'Esposizione, noteremo come 70 ricevitori di Bell disposti lungo una parete di una delle sale del faro di sinistra del palazzo dell'esposizione, permettessero a 35 persone di ascoltare i concerti dell'orchestra di Waux-Hall per mezzo di un solo circuito; ed in apposita tavola è indicata la disposizione dei microfoni al chiosco di Waux-Hall.

Il signor Mourlon passa in seguito in rassegna il processo elettrolitico

del rame del nostro ingegnere Marchese, i bersagli elettrici di Flammache, i nuovi ingegnosisimi orologi elettrici dei fratelli Vandeplancke di Courtrai; e dopo una serie numerosa di nuove dinamo, di nuove lampade, e di nuovi apparecchi di misura, troviamo pure una breve descrizione degli apparecchi di sicurezza Saxby e Farmer, ed un cenno degli apparecchi esposti dall'ingegnere Van Overstraeten di Louvain destinati ad analogo scopo.

Infine troviamo la descrizione e la pianta delle disposizioni degli apparecchi di misura del laboratorio sperimentale della Commissione internazionale, la quale pubblicherà fra breve la relazione dei suoi lavori; un cenno descrittivo di un sistema di trazione elettrica mantenuto in esercizio per tutta la durata dell'esposizione dalla Società l'*Electrique* di Bruxelles; e l'elenco delle ricompense.

Ringraziamo l'egregio autore di averci favorito copia d'un lavoro che in poche pagine riproduce in modo duraturo quanto di interessante ha presentato la Sezione di elettricità della Esposizione di Anversa.

G. S.

II.

Circa i limiti e la traccia di un corso di economia ed esercizio delle ferrovie nella R. Scuola di Applicazione per gli Ingegneri in Torino. — Saggio di Adolfo Rossi, Ingegnere del Genio Civile. — Op. in-8°, di pag. 47. — Roma, 1885.

Il problema ferroviario, considerato dal punto di vista dell'economia e dell'esercizio, non ha mai dato materia al Valentino ad un corso speciale. Appena è se nel corso di macchine a vapore e ferrovie, dopo occupato quasi tutto il tempo nelle applicazioni della termodinamica alle macchine motrici e nello studio della locomotiva come motore, restavano alcune poche lezioni per una descrizione sommaria del materiale fisso e dei veicoli da trasporto.

Ora le molte questioni tecniche sollevate di continuo dall'esercizio ferroviario esigono nelle amministrazioni un personale che sia mantenuto perfettamente al corrente dei progressi realizzati e realizzabili nel campo tecnico. L'esercizio ferroviario costituisce oramai una dottrina, a diffondere la quale esistono cattedre, libri e periodici assai riputati; e molto egregiamente il senatore Brioschi nella sua Relazione al Ministro dei Lavori Pubblici, sui lavori del Congresso ferroviario internazionale di Bruxelles, notava *il fatto generale nell'Europa continentale, che la sorveglianza ed il controllo governativo si estende e si innalza additando alle Società di esercizio le utili innovazioni e persuadendole ad adottarle.*

Era dunque necessario che quelli tra gli Allievi della Scuola di Torino, i quali in ogni anno avessero ad entrare nel servizio dell'esercizio od in quello della sorveglianza governativa, vi entrassero preparati, presso a poco come lo sono quelli che ricevono impiego nelle costruzioni. Ed a questo scopo appunto mira la nuova Cattedra di Economia ed esercizio delle ferrovie per la quale crediamo che il Ministero non tarderà più ulteriormente a convocare la Commissione.

L'Ingegnere Adolfo Rossi, autore del breve opuscolo del quale vogliamo qui brevemente discorrere, avendo avuto ad occuparsi in particolare modo per debito d'ufficio di tutto ciò che ha riguardo all'economia ed all'esercizio dell'industria delle strade ferrate, è quegli che più di ogni altro può aver sentito il bisogno e compreso la vera natura ed i limiti di una conveniente preparazione scientifica per i giovani ingegneri affinché con corretti principii fondamentali, e coll'indispensabile criterio possano trovarsi in grado di completare da loro stessi lo studio delle questioni tecniche ed economiche che si presentano nella pratica.

Epperò non poteva certamente nel poco tempo di cui poteva disporre far cosa più difficile ad un tempo e più meritoria che quella di stendere un vero programma d'insegnamento, preceduto da una specie di Relazione motivata degli argomenti essenziali a trattarsi.

Dopo un primo capitolo d'*Introduzione* sulla origine e sulla storia delle ferrovie in rapporto agli altri mezzi di trasporto, ed ai loro effetti economici, il *Programma* dell'Ing. Rossi comprende in una I Sezione denominata *Materiale delle ferrovie* l'esame sintetico dei diversi sistemi d'armamento in quanto rispondono alle relazioni fondamentali fra il binario e il materiale mobile, e la conoscenza delle singole parti in quanto hanno stretto rapporto coi requisiti richiesti dalla economia e dalla sicurezza dell'esercizio. Sono in questa Sezione dei pari esaminati sotto lo stesso punto di vista, oltre le disposizioni di incrociamenti e scambi, di piattaforme, di passaggi a livello, ecc., i piani generali delle diverse specie di stazioni. Fanno seguito la descrizione e lo studio delle singole categorie di veicoli, e della locomotiva considerata più specialmente in rapporto ai problemi della trazione, non senza le necessarie considerazioni sul problema tecnico ed economico dei freni continui, e sui sistemi speciali di trazione per superare le pendenze a cui non possono arrivare le locomotive ad aderenza ordinaria.

La Sezione II, intitolata *Esercizio*, passa in rassegna i principali problemi che si presentano così nello studio del movimento di un convoglio isolato, come nella composizione e formazione dei treni occorrenti a servire il traffico di una data linea; i mezzi per accelerare e rendere economiche le manovre; le norme relative alla circolazione delle diverse

categorie di treni sulle linee a semplice ed a doppio binario, i procedimenti grafici che aiutano lo studio della marcia dei convogli; i segnali ottici ed acustici per le esigenze del servizio; non meno che lo studio di quegli apparecchi moderni di sicurezza, il cui impiego torna utile appena che siansi oltrepassati certi limiti nella intensità del traffico, e per ultimo le più minute e non meno importanti questioni relative al riscaldamento ed all'illuminazione delle carrozze, alla comodità ed alla sicurezza dei viaggiatori, alla condotta delle locomotive ed alla manutenzione di tutto il materiale mobile, nonché di quello delle linee e delle stazioni.

La Sezione III, intitolata *Economia dell'esercizio e suoi rapporti colla costruzione*, è naturalmente informata al concetto che una vera amministrazione ferroviaria, come ogni importante azienda industriale, non può accontentarsi di un bilancio, dal quale risulti semplicemente quali furono le somme degli introiti e delle spese, e se, in complesso, l'esercizio è stato attivo o passivo. L'economia ferroviaria vorrebbe poter anatomizzare i fattori di tutte le spese nei diversi rami dell'esercizio, per precisarne la vera influenza; e sono infatti di una importanza straordinaria le condizioni del tracciato, ossia le pendenze e le curve della strada, quelle dell'armamento, le velocità dei treni, la quantità del materiale rotabile, ed il maggiore o minor grado di utilizzazione del medesimo in relazione alle esigenze del traffico.

La Sezione IV, intitolata *Servizio commerciale*, considera le ferrovie non più dal lato dell'organismo tecnico, ma da quello della loro missione civile in relazione all'aumento della produzione ed alla distribuzione della ricchezza. L'argomento è nel pieno dominio dell'economia politica, e quivi è forza affrontare in tutta la sua vastità la complessa questione delle tariffe, la quale forma oramai un vero corpo di dottrina.

La Sezione V ed ultima, intitolata *Ordinamento, amministrazione ed ingerenza governativa*, scende dai principii della politica ferroviaria, a toccare un po' minutamente della loro pratica applicazione; ossia è destinata a mettere i giovani ingegneri bene al fatto di ciò che siano le concessioni di semplice esercizio, su cui è basato l'attuale riordinamento delle ferrovie italiane, di ciò che sia amministrazione ferroviaria ed organizzazione dei singoli servizi, ed a far vedere come a tutte queste idee si colleghino poi quelle relative all'ordinamento dell'Ispettorato governativo ed al Consiglio per le tariffe, all'ingerenza dell'autorità militare ed alla statistica.

Ed ora, crediamo non siavi migliore augurio ad esprimere che quello di vedere chiamato a svolgere un tale programma lo studiosissimo e benemerito funzionario che lo ha compilato.

G. S.

Sono inoltre pervenute a questa Direzione le seguenti altre pubblicazioni, dai loro Autori:

La Metropolitana di Roma. — Progetto dell'Ing. L. Allievi. — Op. in 4° di pag. 13 con 5 tavole in fotolitografia. — Roma, 1885.

Contribuzioni alla mineralogia dei vulcani Sabatini. — Parte I. Sui proietti minerali vulcanici trovati ad est del lago di Bracciano. — Memoria del Prof. Giovanni Struener alla Reale Accademia dei Lincei. — Op. in 4° di pag. 17. — Roma, 1885.

Alcune formole sui momenti d'inerzia dei poligoni piani. — Nota del Prof. G. Bardelli al R. Istituto Lombardo di scienze e lettere. — Op. in 8° di pag. 11. — Milano, 1885.

Generalizzazione di un teorema di Pappo, e conseguenze che ne derivano. — Nota dell'Ing. Ernesto Cavalli negli Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino. — Op. in 8° di pag. 11. — Torino, 1884.

Le ovali di Cartesio considerate dal punto di vista cinematico. — Memoria dell'Ing. Prof. Ernesto Cavalli, negli Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino. — Op. in 8° di pag. 25. — Torino, 1885.

Intorno ad una formola idrometrica di Boileau. — Nota dell'Ing. Ernesto Cavalli. — Op. in 8° di pag. 10. Estratto dal giornale Il Politecnico. — Milano, 1885.

Sur la résistance des enveloppes cylindriques et sphériques, dell'Ing. Ernesto Cavalli, professore di meccanica nell'Istituto tecnico di Livorno e libero docente di statica grafica nell'Università di Pisa. — Op. in 8° di pag. 20. Estr. dalla Revue universelle des Mines. — Liège, 1885.

Ing. Viappiani Antonio. — Arnie scomponibili per apicoltura. — Modo di costruzione ed uso. — Op. in 8° di pag. 15 con due tavole litografate. — Brescia, 1885.

L'elettrolisi in metallurgia. — Note di V. Zoppetti, Ing. capo nel Corpo delle Miniere e Prof. nell'Istituto tecnico superiore di Milano. — Op. in 8° di pag. 61 con 2 tavole. — Milano, 1885. (Veggasi a questo proposito la nota a pag. 192).

