

CENNI SUI MATERIALI
E SULLA FABBRICAZIONE DELLE ROTAIE

DISSERTAZIONE

PRESENTATA

ALLA COMMISSIONE ESAMINATRICE
della R. Scuola d'applicazione per gl'Ingegneri in Torino

DA

PIETRO TOSO

DA COCCONATO (ASTI)

Allievo del Real Collegio delle Provincie

PER CONSEGUIRE LA LAUREA

DI

INGEGNERE CIVILE

Settembre 1870

TORINO 1870
TIPOGRAFIA E LITOGRAFIA FOA
Piazza Vittorio Emmanuele, N° 1.

COMMISSIONER OF THE GENERAL LAND OFFICE
LONDON

DISSENTIONS

IN THE
LANDS BELONGING TO THE
CROWN

THE ACTS

RELATIVE TO THE
LANDS BELONGING TO THE
CROWN

1870

1870

PRINTED BY
HARRISON AND SONS, ST. MARTIN'S LANE, LONDON.

AI MIEI GENITORI
ED ALLO ZIO PATERNO
CHE A DIVIDERE
LE DURISSIME FRA LE PATERNE CURE
LA VITA CONSUMA
QUAL PEGNO D'AFFETTO
E DI RICONOSCENZA

CENNI SUI MATERIALI E SULLA FABBRICAZIONE **delle Rotaie.**

Per il crescere del traffico, specialmente sulle grandi vie ferrate, si fece sentire in questi ultimi anni in alto grado il bisogno di più potenti e celeri mezzi di trasporto; le vetture dovettero ricevere carichi maggiori e con questi anche un considerevole peso loro proprio; le locomotive vennero costrutte più forti e pesanti sia per aumentare la forza loro di trazione, sia nello stesso tempo per avere una maggiore velocità nei treni. Queste circostanze non potevano che dar luogo ad una reazione su tutto il materiale di una via ferrata, ed in special modo ne soffersero le rotaie, talchè il consumo annuo straordinario di esse dichiarò insufficienti i materiali ed i non ancora studiati processi di fabbricazione che prima venivano adoperati. Molti ingegneri metallurgici si occuparono dell'importante problema di poter conseguire una rotaia che corrispondesse alle molte esigenze volute, e già pervennero a più che soddisfacenti risultati; ma ad onta di tante esperienze e di lunghi studi fatti in propo-

sito, pare che ancor molto rimanga prima che si possa dire l'ultima parola su tale argomento. Scopo di questa mia dissertazione si è appunto di fare un breve cenno intorno alla natura dei materiali e ai diversi processi di fabbricazione a cui si ricorre oggidi per ottenere i regoli componenti quelle reti di ferro che ognor più fitte vanno coprendo le contrade civili del mondo.

Sarebbe mia intenzione di parlare prima della curvatura che deve presentare la superficie esteriore della rotaia e del calcolo a farsi, per dedurne le dimensioni delle diverse parti, onde il suo momento d'inerzia sia tale da resistere agli sforzi a cui essa va soggetta; ma atteso la ristrettezza del tempo concessomi a questo studio, ho creduto bene premettere solo una breve narrazione dell'origine delle rotaie, e descriverne sommariamente i principali tipi.

Cenni sull'origine e sulle principali forme che assumono le rotaie.

Egli è presso le antiche miniere dell'Harz e dell'Inghilterra che noi troviamo l'origine dell'applicazione delle rotaie in ferro per ottenere facili trasporti. Si cominciarono dapprima a far scorrere sopra tavolati di legno ceste munite di ruote e cariche di minerale; il rapido consumarsi, massime nelle risvolte, suggerì tosto l'impiego di sbarre di ferro che, adoperate dapprima solo per ottenere maggior durabilità del legno nelle striscie su cui sempre passavano le ruote, arrecarono pure il gran vantaggio di una molto minore resistenza alla trazione dei carri. A motivo dell'utilità e comodità che offriva questo mezzo di trasporto a confronto delle faticose ed impraticabili vie del medio evo, era naturale l'applicazione a queste delle strade così dette dapprima delle miniere. Sopra di esse un cavallo ben poteva trascinare un peso quattro volte maggiore di quello che avrebbe potuto nelle strade che allora esistevano, e le vetture così eran costrutte da contenere un carico di minerale per un cavallo. Questi carichi troppo pesanti relativamente e non ben distribuiti sulle ruote furono cagione che andassero a male molti tentativi di impiegare ghisa in sostituzione alle sbarre di ferro, troppo facile rompendosi essa se in sottili lastre sotto l'azione di pesi; a questo inconveniente però si seppe poi ovviare facendosi il trasporto del minerale con una serie di carri uniti insieme, i quali così divisero il peso sopra una più larga base. È una crisi sul prezzo del ferro nel 1767 che indusse alcuni fabbricanti inglesi, per non spegnere i loro forni, a fabbricare piastre di ghisa in sostituzione delle traversine consumate; questa

innovazione fu accolta favorevolmente, e non ostante l'elevato prezzo a cui ascendevano tosto si diffuse. Ben. Curr nel 1776 pose le prime rotaie di ghisa che fissavano il passaggio dei carri nella stabilita traccia, e ciò ottenne dando un bordo alla parte esterna della rotaia. Ometto ora di accennare le molte modificazioni che le rotaie di ghisa subirono poi fino a quelle fatte da G. Stephenson (su cui percorse la prima locomotiva) aventi il profilo di forma semiellittica e la sezione trasversale a forma di T, allo scopo di ottenere un solido uniformemente resistente e col minor impiego di materiale, senza ricorrere agli espedienti che allora si adoperavano di sottoporre alle rotaie pietre d'appoggio fra un sostegno e l'altro. Queste rotaie però lasciavano ancora molto a desiderare e per l'asprezza del materiale che dava origine a troppo frequenti rotture, e per non poter ottenere lunghi pezzi, onde troppo grande numero di unioni che apportano così gran danno nel passaggio dei treni.

Coll'introduzione del laminatoio nella fabbricazione delle rotaie si ebbe l'innovazione la più importante, la più utile e la più feconda di buoni risultati; da essa dobbiamo ripetere : 1° la possibilità di far uso di materiali più adatti, che potessero cioè nello stesso tempo dotare la rotaia di durezza e di elasticità; 2° quell'incredibile facilità con cui si fabbricano rotaie aventi superficie di scorrimento così lisce; 3° quella determinata ed esatta curvatura dei funghi necessaria per ovviare al rapido consumo del materiale mobile di una via ferrata. La prima rotaia laminata ascende al 1828.

La storia delle grandi invenzioni metallurgiche un'altra di recente ne registrò, la quale già applicata alla fabbricazione delle rotaie pare che sia per cagionare una rivoluzione tale, che in grandezza quasi si potrà paragonare a quella che arrecò il laminatoio, intendo parlare dell'invenzione Bessemer, della possibilità di avere un materiale così omogeneo e resistente qual è l'ac-

ciaio mediante un metodo che alla semplicità unisce il buon prezzo e la facilità di ottenerne quantità enormi.

Le rotaie di cui le faccie superiore ed inferiore sono parallele, introdotte per la prima volta da Roberto Stephenson, furon poi le prescelte, come quelle che sono di più facile fabbricazione; esse presero forme assai svariate modificandosi ai bisogni ed alle circostanze dei luoghi.

Queste forme si possono dividere in 7 tipi principali :

1° *Rotaie di forma piatta*, non sono altro che sbarre di ferro a sezione rettangolare che si fissano mediante chiodi o viti da legno lungo le longarine; esse presentano poca resistenza e facilmente si imprimono nel legno; al giorno d'oggi in forme svariate vengono impiegate nelle ferrovie a cavalli.

2° *Rotaie ad Ω di Brunel*, offrono rispetto alle prime il vantaggio di una maggiore resistenza, ma son difficili a costrurre e male si adattano nelle vie ad asse curvilineo screpolandosi troppo facilmente se non si fabbricano di ferro dolce.

3° *Rotaie a sella*, ci danno esse il vantaggio di lasciar scorrere facilmente l'acqua e di avere una larga base; hanno però molti difetti, fra i quali basti il dire come s'abbia uno spreco di materiale. Per circostanze particolari vennero ancora adoperate nel 1860 in Inghilterra.

4° *Rotaie a Z*, poste comunemente nella parte interna delle longarine vengono fissate mediante viti da legno e riposano coll'ala superiore ed inferiore su lastre piatte. Queste rotaie, commendevoli per molti rapporti, tra i quali la facile costruzione e la grande resistenza alla pressione, difficilmente vengono adoperate per il lavoro preventivo che richieggono delle longarine, e principalmente per la poca durabilità dei legnami coll'introdursi dell'umidore fra rotaia e longarina. Si impiega questo tipo solo nelle regioni ricche di legnami quale è l'America.

5° *Rotaie munite di cuscinetto sopra traversine con un solo oppure con due funghi*, che possono essere simmetrici o no; queste rotaie sono le più adoperate in Inghilterra, in Francia ed anche in Italia.

6° *Rotaie Vignole*, che non differiscono da queste ultime se non per avere il fungo inferiore piatto, onde venire direttamente appoggiato sulla traversina senza aver bisogno del cuscinetto; vennero primieramente adoperate in America, adatte come erano alle condizioni speciali di quella regione ricca di legnami e povera in ferro; dapprima si fermavano sopra la lunghezza di un tronco di legno, introdotte in Europa da Vignole ricevettero le forme e la disposizione che conservano tuttodi in Germania.

7° Finalmente si hanno le rotaie composte di due o tre parti le quali, a fronte dei pochi vantaggi che offrono, richiedono troppo materiale e peccano contro la semplicità e facilità di costruzione.

Qual sia di questi il profilo migliore da darsi alle rotaie risulta dall'esame degli sforzi a cui esse vengono sottoposte, ed essendo il peso dei carri lo sforzo principale, ne deriva che la forma a doppio T, come quella che presenta un massimo momento d'inerzia, sia la più conveniente (sapendosi dalla teoria della stabilità dei materiali che un solido è tanto più resistente quanto più è grande il momento d'inerzia della sua sezione retta rispetto all'asse neutro). Questa forma però deve ancora modificarsi per altre circostanze, quale è per esempio di avere il fungo superiore dotato di una curvatura indicata dalla pratica come migliore per il facile scorrere delle ruote, e la parte inferiore tale che si adatti bene nella fissazione della rotaia o al cuscinetto o direttamente alla traversina. Quantunque venga raccomandata l'altezza della rotaia per ottenere maggiore resi-

stenza, è chiaro che non si dovrà oltrepassare un certo limite oltre il quale si peccherebbe contro la stabilità e contro la facilità di costruzione; di più, siccome di un solido sottoposto alla flessione una parte vien assoggettata all'estensione e l'altra alla pressione ed il ferro malleabile offrendo la stessa resistenza alla pressione ed alla estensione, ne verrà che la forma della rotaia più conveniente deve essere tale che la sua sezione retta sia divisa per metà dall'asse neutro. A tutte queste condizioni soddisfano le rotaie a doppio fungo e quelle Vignole, epperò sono le più accette. Di questi due tipi che si contendono il primato pare che le sperienze fatte in Germania diano la preferenza alla Vignole, la quale ai pregi della rotaia a doppio fungo che sono: maggiore facilità di fabbricazione, possibilità di bene adattarsi nelle curve ed aumento della stabilità delle vie (accrescendone la base coi cuscinetti ai quali essa è fissa), contrappone un'economia d'impianto assai considerevole. Taluni vorrebbero ancora vedere nella rotaia a doppio fungo simmetrica il vantaggio di poterla voltare, e così, col porre superiormente il fungo inferiore ancor intatto, raddoppiare la sua durata. Oggidì non vien più ammesso questo vantaggio, per le frequenti rotture che tengono dietro a quest'operazione, attribuite al cambiamento di struttura del ferro che dallo stato fibroso passa allo stato di cristallizzazione.

Dei materiali adoperati nella fabbricazione delle rotaie.

Quale debba essere la natura del materiale da impiegarsi, quali norme si debbano seguire nella fabbricazione delle rotaie risulta dall'esame delle condizioni in cui esse si trovano. L'esperienza dimostra come nelle rotaie il consumo propriamente detto sia tenue, e che esse siano in condizioni più favorevoli di quello che non appaia al primo aspetto, come non abbia luogo ossidazione per il motivo non ancora spiegato del passaggio dei convogli, ma che però se esse non si distruggono per il fatto stesso delle loro funzioni, la distruzione alcune volte si fa rapida assai, e non ha un andamento regolare da potersi stabilire una relazione fra la durata della rotaia e la perdita di peso. Egli è il fungo superiore che si deforma, che si accascia senza perdita notevole di materia, oppure, caso il più frequente, è il metallo che si sfoglia distaccandosene lamelle più o meno lunghe: nel primo caso è il ferro troppo molle, nel secondo non ha omogeneità e solidarietà fra gli elementi. L'esperienza dimostra ancora che l'alterazione molecolare, che minaccia indistintamente tutti i corpi di ferro sospesi lungo tempo e sottoposti a vibrazioni, sia nelle rotaie così piccola da non doversene tener conto nella scelta dei materiali. Da tutti questi fatti appare come il tipo di una buona rotaia, al cui conseguimento tendono tanti studi fatti in proposito, sia quella che possiede durezza nella parte superiore, omogeneità nelle diverse parti, senza linee di cattiva fusione, ed infine estensibilità inferiormente, perchè abbiamo visto essere questa parte sottoposta pel fenomeno della flessione all'estensione. Nè dicasi che coll'accrescimento della sezione totale si possa ottenere una rotaia di lunga durata e maggiormente re-

sistente, perchè il difetto della deformazione e della mancanza di durezza e di tenacità non si può ovviare colla concentrazione di materia nel fungo superiore. Onde soddisfare a queste condizioni si ricorre per la formazione del fungo superiore all'acciaio, oppure se la rotaia deve essere di ferro, al ferro duro cristallino di grana fina (*fins grains*, *Feinkorneisen*), materiale questo che possiede una durezza non molto inferiore a quella dell'acciaio. Per la formazione del piede della rotaia poi vien usato il ferro da fucina dolce e fibroso. Chi adopera esclusivamente ferro fibroso, od acciaio in tutte le parti componenti la rotaia, non può adempiere allo stesso tempo alle condizioni volute, perchè nel primo caso non si ha durezza sufficiente, e nel secondo si difetta di estensibilità nel fungo inferiore. Però devo tosto dire che per raggiungere lo scopo a cui si mira, vale a dire alla rotaia tipo, tanto è grande il difetto di non omogeneità a cui si va incontro, ed è così difficile una perfetta saldatura tra il ferro e l'acciaio (operazione che già deve essere accurata se le sbarre di ferro da saldarsi sono di diversa natura) che molti preferiscono adoperare ferro od acciaio per tutta la rotaia.

Le rotaie dunque constano di ferro o di acciaio, o di tutti e due questi materiali assieme. Devo qui ancora aggiungere come alcuni tentarono, non senza qualche successo, di risolvere il problema dell'indurimento della superficie del fungo superiore mediante la cementazione, che consiste nel riscaldare in contatto del carbone durante lo spazio di più giorni in un forno, così detto di *cementazione*, le rotaie già belle e laminate e così disposte, che quelle parti le quali non debbono restare cementate (gambo e piede) sien coperte da sabbia.

Il ferro da impiegarsi nella parte superiore della rotaia, che ho detto dover essere duro cristallino di grana fina, è quello che risulta da un affinamento completo, non già quello di grana grossa ed irregolare che presenta il ferro bruciato. Il ferro cri-

stallino, che deve la sua forma al silicio, al fosforo ed al solfo in esso contenuto, non può essere adoperato, non ostante gli sforzi fin qui fatti per utilizzare questo ferro, il cui minerale è così abbondante. Un'altra circostanza dipendente dal metodo di fabbricazione influisce pure sulla scelta dei materiali. Per unire il ferro malleabile a quello di grana fina e formarne un massello da presentare al laminatoio bisogna ricorrere al così detto *affastellamento*, ossia alla formazione di un fascio di diverse sbarre che devono poi essere saldate insieme. Quest'operazione è indispensabile per la fabbricazione delle rotaie, eccetto nel caso in cui adoprasì puro acciaio Bessemer, perchè quando anche si volessero fare rotaie di puro ferro, non è possibile ottenere masselli dal forno a puddlé abbastanza grossi da poter con un solo di essi ricavare una rotaia, a meno di fare profondi modificazioni nel forno (1), le quali non entrarono ancora nel dominio della pratica. Per essere adunque indispensabile questo affastellamento saranno da escludere le qualità di ferro che contengono dosi un po' notevoli di fosforo e solfo, corpi questi che maggiormente danneggiano la qualità di un ferro, il primo rendendolo fragile a freddo, ed il secondo impedendo la saldatura delle diverse parti del fascetto. Può venire adoperato il ferro che non contiene che fosforo in piccola quantità, poichè si salda bene ed annulla le funeste proprietà del solfo, ma fragile come è a freddo, dovrassi escludere nella formazione del piede della rotaia, riservandolo per le parti superiori del fascetto.

Il ferro per la formazione del gambo che deve unire i due funghi vien scelto avendo riguardo a questo fatto: l'ottenere una coesione intima che abbiamo visto essere necessaria tra il ferro e l'acciaio per ovviare alle sfaldature è cosa difficile per

(1) Se ne videro esempi nell'ultima Esposizione di Parigi di questi forni, i quali avevano a questo scopo il suolo girevole.

non dire impossibile; l'acciaio, come pure il ferro duro cristallino, s'arroventa al calor della saldatura ad una temperatura molto inferiore a quella del ferro fibroso, ond'è che il primo sarà bruciato se si vuole aspettare fino a che quest'ultimo abbia raggiunto il calore per lui atto alla saldatura; se non aspettasi questo punto cadiamo in una saldatura imperfetta. Egli è per ovviare a questo inconveniente che dovrassi scegliere pel gambo della rotaia un ferro che si saldi bene col ferro cristallino e col ferro fibroso. In generale non si ha poi molta cura nella scelta di quello che deve occupare la parte mediana del fascetto, adoperando alcuni perfino rotaie fuori d'uso, poichè l'inconveniente testè accennato si attenua di molto sia col disporre in modo conveniente le sbarre nei fascetti, sia col dare loro una conveniente posizione nel forno di riscaldamento, e finalmente ricorrendo alla preventiva fabbricazione della così detta copertura (*couverture, Kopfplatte*), che consiste nel prepararsi l'acciaio ed il ferro duro cristallino sotto forma di una sola sbarra che deve occupare interamente la parte superiore del fascetto. Alla copertura si dà uno spessore tale per cui rimanga nella rotaia compiuta almeno uno strato di spessore di circa 25 mm. d'acciaio. L'esperienza dimostra come questa operazione sia indispensabile quando trattasi di materiali non scelti. La saldatura poi tra il ferro e l'acciaio si agevola ancora sottoponendo alla copertura d'acciaio strati di ferro di grana fina e facendo una seconda copertura (*Fussplatte*) di ferro fibroso pel fungo inferiore.

Riguardo agli acciai che si adoperano sia nella sola copertura, sia nelle rotaie di puro acciaio, dirò che sono: l'acciaio puddlé, l'acciaio Bessemer, e quello ottenuto in questi ultimi tempi da Martin colla fusione nel forno Siemens del ferro da fucina colla ghisa; il metodo Martin però, quantunque molto adatto alla fabbricazione dell'acciaio in grande quantità, non ricevette finora un'estesa applicazione.

Preparazione del ferro già ottenuto dal forno a puddler. — Norme generali che si richiedono nella fabbricazione dell'acciaio Bessemer per le rotaie.

Dei processi di affinamento mediante i quali si può ottenere dalla ghisa il ferro e l'acciaio destinati alla fabbricazione delle rotaie dirò solo quanto più da vicino appartiene all'argomento, che non alla metallurgia del ferro in genere.

I masselli che si ricavano dal forno a puddler destinati alla formazione delle coperture devono aver subito un affinamento completo, il loro colore deve essere chiaro, senza fiamme, le quali sempre provengono da un cattivo trattamento nel forno o da cattiva qualità di ghisa. La miglior prova della loro bontà sta sempre nell'assoggettarli ai potenti colpi di un maglio, perchè allora se il ferro venne ottenuto con cattiva ghisa o se ne contiene parti non ancora trasformate va in pezzi. Questo è il motivo per cui vengono dalle società di strade ferrate prescritti i pesi dei magli da adoperarsi nella lavorazione delle coperture. Un potente maglio ha poi sempre il vantaggio di eliminare molto bene le materie eterogenee e dare al ferro quella densità e durezza senza la quale il fungo non potrebbe resistere. Dapprima si assoggetterà il massello a colpi leggieri onde dargli una densità uniforme, poscia si lavorerà da tutti i lati con colpi ognor più crescenti in numero ed in forza, e finalmente si presenterà al laminatoio che sempre ci deve dare una sbarra senza screpolature e liscia, se l'operazione venne ben condotta. La copertura non sempre viene formata d'un sol pezzo, quantunque questo metodo sia il migliore, si fanno coperture che alla loro volta consistono già di più

sbarre di ferro cristallino a grana fina o di acciaio puddlé. Queste sbarre grezze si assoggettano prima ad un attento esame e solo vengono adoperate quelle che, rotte a freddo, dalla loro frattura si abbiano indizi certi della loro omogeneità e buona qualità; le sbarre di acciaio dovranno avere tutte le proprietà dell'acciaio e specialmente quella di temperarsi, se dal calor rosso vengono repentinamente raffreddate.

Il ferro fibroso per il fungo inferiore delle rotaie non differisce punto dal ferro fibroso da fucina; per il gambo poi della rotaia non richiedesi ferro ricavato da ghisa così scelta, nè una preparazione mediante magli così potenti.

Riguardo all'acciaio Bessemer, condizione principale si è l'impiego di ghise acciaiuse provenienti da minerali privi di solfo e di fosforo, perchè il metodo Bessemer così proprio all'eliminazione del carbonio e del silicio da una ghisa, non ha effetto sensibile a fronte del puddlé ordinario sugli altri corpi eterogenei ed in massimo grado nocivi, quali sono il zolfo ed il fosforo. Bessemer riguarda il tenore di 0,1 per 0/0 di solfo come limite estremo, mentre ghise che ne hanno il 2 per 0/0 sono ancora ammissibili alla trattazione ordinaria, mediante il forno a puddler, per le rotaie. Il motivo di questa permanenza del solfo nell'acciaio l'attribuiscono alcuni al passaggio del fosforo delle scorie allo stato di fosfato di ferro e di manganese, sale che vien decomposto dal ferro metallico sotto l'influenza dell'altissima temperatura sviluppata nel crogiolo, di modo che il fosforo libero poi vien combinato col metallo. Lo stesso dicasi del solfo, i solfosilicati essendo egualmente decomposti dal ferro a quell'altissima temperatura. Il signor Grüner invece dice che la natura silicea della scoria spiega il perchè, mediante il metodo Bessemer, il fosforo non possa essere eliminato, mentre lo è nel metodo di affinamento ordinario; l'acido fosforico che si produce per poter

essere ritenuto dalle basi bisognerebbe, dice egli, che la scoria fosse basica e non silicea.

Quale sia poi la durezza e per conseguenza il tenore di carbonio del metallo che vogliamo ottenere, solo l'esperienza ci può dare questo dato. In generale se la rotaia è tutta d'acciaio, bisogna fare in modo che la decarburazione sia ridotta a tal punto che si possa ottenere un fungo abbastanza duro, ma che però nello stesso tempo non sia troppo fragile, crescendo la fragilità col crescere del tenore di carbonio. Se è solo la copertura che vien fatta d'acciaio, sarà lecito il non spingere la decarburazione tant'oltre ed ottenere così una maggiore durezza; ma anche qui dovrassi aver riguardo a ciò che la fusibilità dell'acciaio cresce col tenore di carbonio e che con esso cresce pure la difficoltà della saldatura. Presso le officine si fabbricano molte qualità d'acciaio a cui corrispondono diverse quantità di carbonio; pare che l'acciaio contenente da 0,40 a 0,30 per 0/0 di carbonio sia il più conveniente per le rotaie.

Per ottenere costantemente questo tenore di carbonio nell'acciaio Bessemer, non ostante l'operazione assai precipitata, un operaio esercitato non ha bisogno d'altra guida che l'aspetto delle fiamme per conoscere se la decarburazione è giunta al punto voluto; anzi può coll'occhio seguire le diverse fasi dell'operazione, sia per regolare la pressione dell'aria, come per scegliere il momento in cui deve aggiungere ferro specolare. Oltre di ciò lo spettroscopio, prima semplice oggetto di curiosità per un officina, pare ora che funzioni abbastanza bene a Graz onde determinare l'istante preciso in cui la decarburazione è la voluta.

Ai materiali che vengono adoperati nell'affastellamento si fanno subire prove chimiche e meccaniche per conoscere bene la loro natura. Le prove chimiche consistono nella determinazione del tenore di carbonio dell'acciaio. Con un metodo assai semplice si può ottenere questa determinazione con suf-

ficiente sicurezza, appoggiandosi sulla proprietà che ha il ferro sciolto nell'acido cloridrico dilungato di dare una soluzione quasi incolore se puro, ed alle soluzioni d'acciaio un colore tanto più oscuro quanto maggiore è in esso il tenore di carbonio. Bastano poi esempi di confronto, di cui si conoscono già esattamente le quantità di carbonio contenuto, perchè la prova riesca esatta.

Le prove meccaniche consistono nel rompere sotto a colpi di martello una sbarra, oppure nel piegarla fino a che si rompa, e finalmente nell'intaccarla con una lima; dal numero dei colpi necessari alla rottura della sbarra, dal grado di inflessione che ebbe luogo prima della rottura e dalla prova della lima si può riconoscere, da chi abbia molta pratica in queste cose, il grado di elasticità, di durezza, e quindi il tenore di carbonio.

Formazione dei fascetti - Laminatoi - Raddrizzatura Prove delle rotaie.

Formazione dei fascetti. — Quest'operazione, spesse volte così mal condotta, è di molta importanza per la buona riuscita delle rotaie, e tutte le società di strade ferrate nei loro capitolati hanno cura di prescrivere minutamente le disposizioni che esse pretendono dai fabbricanti nell'affastellamento. Dopo le coperture già laminate e preparate ad avere le dimensioni del fascetto, lo spessore e la durezza voluta, si pongono sbarre così scelte che cominciano a fondere allo stesso grado di temperatura a cui fonde la copertura (esse saranno di ferro a grana fina se la copertura è d'acciaio), poscia si metton le sbarre di ferro più ordinario e finalmente quelle di ferro malleabile, fibroso.

Nella disposizione di queste sbarre in larghezza assai differenti, dovrassi però sempre fare in modo che ogni strato (messa) copra

le unioni delle sbarre sottostanti almeno di 3 centimetri ; in secondo luogo sarà necessario che esse sieno diritte e di una sezione costante per tutta la loro lunghezza affinchè non presentino i fascetti dei spazi vuoti. Tutte le sbarre devono pure essere poste orizzontalmente, di piatto, sia perchè così più bene si possono coprire le unioni, sia perchè non impediscono, come farebbero quelle poste verticalmente, il penetrare delle fiamme e lo sprigionarsi dei rosticci ; oltre di ciò se le sbarre sono di piatto non presentano tanto il pericolo della sfaldatura nei funghi della rotaia, ed impediscono la scoperta di una imperfetta saldatura che potrebbe avvenire nell'interno di essa.

Allorquando la copertura è d'acciaio, adopraasi alcune volte alquanto sporgente nelle parti laterali, in modo che possa poi l'acciaio coprire non solo la parte superiore del fungo della rotaia, ma anche le sue pareti laterali.

Alcuni in mezzo al pacchetto mettono rotaie fuori d'uso, disponendo in modo conveniente le sbarre di ferro nuovo affinchè non risultino spazi vuoti, e ciò per non ricorrere all'operazione preventiva assai costosa di rendere in sbarre le vecchie rotaie mediante la laminazione. Egli è da osservare che con questo metodo si lascieranno sempre intervalli nei quali si accumulano i rosticci, e ciò con grande danno della rotaia; oltre di ciò è a notarsi che se la copertura è di acciaio Bessemer, le rotaie vecchie, essendo quasi sempre di ferro il quale fonde a temperatura assai maggiore che non l'acciaio Bessemer, sono maggiormente restie ad una buona saldatura.

Il pacchetto così preparato trasportasi mediante carri appositi nel forno di riscaldamento che non molto differisce dal forno a puddler. È in questo forno che si deve ottenere la saldatura delle parti costituenti il fascetto. Quest'operazione dipende dall'abilità dell'operaio che la dirige il quale, conoscendo le qualità e le proprietà del materiale, può approfittare delle temperature diverse che regnano nel forno per fare in modo che le

posizioni dei fascetti in esso sieno tali che ciascuna delle due specie di ferro all'incirca riceva la quantità di calore che le conviene. Ogni fascetto dovrà perciò essere posto con la copertura sopra il suolo del forno; il ferro nervoso deve essere esposto alle fiamme dirette del focolare sicchè si possa nello stesso tempo raggiungere il calore della saldatura che conviene ai due materiali. Se l'operaio non procede con ogni diligenza, oltre al gran calo che subisce il fascetto, hassi un materiale difettoso, mal saldato e le cui qualità cattive appariranno in seguito. Il fascetto quindi passa al laminatoio; e qui notasi come sia difficile il confondere l'alto col basso del fascetto, poichè basta ricorrere per ciò al diverso colore di cui è dotato.

Per i fascetti di puro acciaio si devono avere cure speciali, se non si vuole nuocere alla qualità di questo metallo; esso deve esser riscaldato adagio ed uniformemente sino al color rosso. Un forte e precipitato riscaldamento tanto più danneggerebbe quanto più l'acciaio è duro, motivo questo che dobbiamo ripetere dal facile depauperarsi che farebbe l'acciaio del carbonio a siffatta temperatura. I forni adunque di riscaldamento andranno modificati in questo caso affinchè dapertutto presentino un uniforme riscaldamento. I fascetti poi, se son considerati di acciaio di buona qualità, si portano tosto al laminatoio, se no si assoggettano ancora al maglio per migliorarli.

Laminatoi. — Alcune modificazioni subiscono i laminatoi per rotaie di strade ferrate, da quelli che servono per gli altri usi, mentre questi han quasi sempre tre serie di cilindri disposti l'un sopra l'altro e giranti in senso opposto per poter presentare al laminatoio l'oggetto a laminarsi sia da una parte che dall'altra, quasi sempre i primi hanno solo due serie di cilindri.

I laminatoi generalmente sono tre, uno per laminare le coperture, l'altro per dare dapprima una forma grossolana alla

rotaia ed il terzo per ultimarla. I cilindri consistono di dura e forte ghisa, che non è però quella ottenuta con forme di metallo che soventi si impiega nei cilindri per laminare il ferro.

Le scanalature per cui passano le rotaie per ricevere la forma voluta non oltrepassano quasi mai le dodici; nelle due prime se il fascetto non venne sottoposto al maglio si cerca di esercitare una forte pressione affinchè qui essendo il metallo ancora abbastanza caldo si compia la saldatura. Il processo del laminare una rotaia non dura più di 2 minuti, facendo i cilindri da 80 fino a 100 giri ogni minuto. Per le rotaie in acciaio s'impiega maggior tempo, dovendo esse venir riscaldate una seconda ed anche una terza volta, ed oltre a ciò per il numero maggiore di scanalature necessario; se viene il fascetto prima assoggettato al maglio l'operazione però di molto si abbrevia.

Raddrizzatura. — Le rotaie dopo l'operazione dei laminatoi vengono tagliate secondo la voluta lunghezza, poscia raddrizzate e finalmente forate ai due estremi. Si tagliano le rotaie con una sega circolare, e qui si tiene conto della temperatura che esse possiedono ancora, appena trasportate dal laminatoio, affinchè non riescano poi, a motivo del raffreddamento che succede, più lunghe o più corte di quanto venne prescritto; ad un operaio esercitato non riesce difficile il conoscere il punto fino a cui deve aspettare a tagliare una rotaia troppo calda, perchè la temperatura sia eguale per tutte. Con appositi apparecchi assai comodamente si prendono le rotaie ultimate dal laminatoio e si presentano alla sega. È bene, anzi da taluno considerato come necessario, che il taglio, il quale deve aver luogo alle due estremità, elimini almeno un 30 centimetri di rotaia, luogo dove la mancanza di saldatura è sempre sensibile.

Il raddrizzamento delle rotaie, le quali mai escono dal laminatoio perfettamente rettilinee, si opera quand'esse sono ancora

calde battendo la rotaia, con un martello, appoggiata sopra di un tavolato (*gabarit de dressages, Richtplatte*) avente una superficie piana per il profilo simmetrico della rotaia ed una superficie curva per gli altri profili. Si comincia a far adattare a colpi di martello il profilo simmetrico della rotaia alla superficie piana, poscia la suola od il fungo inferiore alla superficie curva. Vien data questa curvatura, perchè se la rotaia a doppio fungo dissimetrico o quella Vignole fosse già condotta alla forma rettilinea ancor calda, riuscirebbe poi curva dopo il raffreddamento e presenterebbe una concavità verso l'alto, e ciò perchè il fungo di scorrimento si accorcia ancora quando già l'inferiore per la sua piccolezza, o la suola delle ruote Vignole per la sua superficie assai estesa, divenne già freddo. Per determinare questa curvatura, che però varia secondo la temperatura in cui cominciasi maneggiare la rotaia, non si ha che a cercare quella che assume una rotaia diritta dopo il raffreddamento.

Se si osservano fenditure verticali, quantunque piccole, esse dipendono o dalla cattiva qualità del materiale della copertura, e questo è il caso più frequente, o dal processo dell'affastellamento, o da quello della saldatura, ed allora le rotaie sono da rigettarsi.

Alcuni credono di potere col riscaldamento in una fucina e col lavoro del martello a mano far scomparire questo difetto così grave; devo notare che con questo mezzo si può celare il difetto, ma non correggere.

Se le screpolature poi mostransi nel gambo o nel piede, e se non è compromessa la portata della rotaia, non si procede con tanto scrupolo.

Le rotaie vengono da ultimo assoggettate a prove per rilevarne l'elasticità, la sicurezza alla rottura e la saldabilità.

Le prove per la determinazione dell'elasticità si fanno po-

nendo su due appoggi una rotaia con la suola verso il basso se essa è Vignole, ed indifferentemente se a doppio fungo, ed adagio caricando il mezzo di essa di pesi; dopo un determinato tempo vengono tolti e si misura la saetta dell'arco che presenta la rotaia deformata; questa saetta ci darà una misura dell'elasticità della rotaia.

Le condizioni riguardo al peso ed alla distanza degli appoggi imposte ai fabbricanti dalle diverse società sono assai varie. La società del Nord francese pretende per esempio che la rotaia sopra due appoggi alla distanza di 4,10 sotto il peso applicato alla metà di essa di Kg. 12,000 durante 5 minuti, tolto questo peso non presenti deformazione sensibile; in secondo luogo che alle stesse condizioni possa sopportare il peso di Kg. 30000 senza rottura durante 5 minuti.

La rottura che si ottiene mediante forti colpi di maglio solo serve ad esaminare il grado di sicurezza che presenta una rotaia alla rottura; questa prova è della massima importanza quando trattasi di acciaio, di ferro contenente fosforo o di ferro mal puddellato; ma però non vale a determinare il grado di saldabilità fra le diverse parti e la tessitura del materiale impiegato, perchè, non ostante screpolature che possono esistere ed impiego di ferro fibroso, ottiensi una frattura omogenea simile a quella del ferro cristallino, senza il minimo segno di fenditure. Non si ha che a consultare i capitoli delle Società per vedere anche qui le condizioni imposte sia intorno al peso che cadendo in sulla metà della rotaia da una certa altezza non deve dar luogo alla rottura, che riguardo alla temperatura ed alla distanza dei punti d'appoggio, condizioni assai influenti.

Come esempio dal comportarsi delle rotaie di ferro in paragone a quelle d'acciaio Bessemer, sottoposte a rottura sotto l'azione di un carico permanente oppure mediante di un forte colpo

di maglio, possono valere i seguenti risultati medii che vennero trovati con rotaie aventi il profilo ora ammesso dalla Società Sud-Austriaca. Le rotaie in ferro eran fatte con vecchie rotaie con una copertura di ferro di grana fina formata da un sol massello, quelle d'acciaio avevano un tenore di carbonio di 0,30 a 0,35 per 0/0; i punti d'appoggio erano alla distanza di 0,948 ed il maglio pesava 1000 chilogrammi.

Per le rotaie di ferro il limite d'elasticità venne trovato sotto l'azione di un peso di 14500 chilogrammi e la rottura avvenne da un'altezza del maglio di m. 9,489.

Per le rotaie d'acciaio il limite d'elasticità si trovò per un peso di 20000 chilogrammi e la rottura avvenne per un'altezza di 6,648 dello stesso maglio.

Finalmente per avere una conoscenza esatta dei difetti provenienti da una cattiva saldatura, e nello stesso tempo la vera tessitura del materiale, si ricorre ad una forte pressione mediante una vite, ed i fenomeni che qui succedono, il distaccarsi delle lamelle mal saldate, l'allungarsi più o meno delle fibre, rivelano esattamente la natura della rotaia.

Vantaggi che offrono i principali metodi di fabbricazione delle rotaie.

Oltre alle rotaie di puro ferro, che sotto forma di rotaia Vignole o a doppio fungo sono le più usate, ho parlato di quelle cementate, di quelle aventi una copertura di acciaio e di altre di puro acciaio; ma a quali si deve la preferenza? Non si può dare una risposta assoluta, poichè non si hanno ancora esperienze sopra queste tre ultime rotaie in numero sufficiente da poter aggiudicare il primato ad una ad esclusione delle altre. Le circostanze locali, l'economia, la natura delle strade e l'opinione

di coloro i quali furono a capo fecero finora prevalere appo le diverse società piuttosto l'uno che l'altro materiale, ed anteporre ad uno un altro metodo di fabbricazione. Cercherò in questo capitolo di rispondere alla domanda testè emessa con una semplice enumerazione dei vantaggi che queste singole rotaie offrirono nelle vie su cui vennero adoperate.

Riguardo alle rotaie di ferro cementate, i risultati ottenuti sulle linee della Compagnia d'Orleans sono abbastanza soddisfacenti, sicchè l'eccedente loro prezzo, di lire 40 a lire 50 ogni tonnellata, vien di molto compensato da una maggior durabilità. Sulla linea Bologna-Pistoia, nella traversata degli Apennini, vennero pure applicate su larga scala; e là, non ostante le numerose curve a corto raggio e lo spesso impiego dei freni nelle discese e le forti pressioni esercitate da quelle colossali macchine (sistema Beugnot), si hanno a lamentare pochissime avarie. Questo metodo però di risolvere il problema dell'indurimento del fungo superiore presenta serii inconvenienti. Se la rotaia è a doppio fungo simmetrico, naturalmente uno solo dovrà essere cementato, poichè sappiamo che quest'operazione rende il ferro fragile, e nel fungo inferiore abbiamo bisogno di molta cedevolezza, quindi il vantaggio del rivolgimento, che in questo genere di rotaia a taluni pare di vedere, non esisterebbe; anzi si avrebbe il pericolo che o nella messa delle rotaie nei forni o nella loro collocazione sulle vie, la parte superiore venisse posta inferiormente. Di questo difetto quantunque sieno immuni le rotaie a doppio fungo non simmetrico, quali sono quelle della linea testè accennata di Bologna-Pistoia, sta però sempre un altro molto più grave, vale a dire, che se la cementazione aumenta la durabilità delle rotaie ben saldate, e se migliora senza dubbio in grande proporzione quelle già buone, è senza valore per le rotaie mediocri, e per quelle mal saldate aggrava i difetti di saldatura.

Le rotaie con testa di acciaio sono giudicate in modo assai diverso.

È un fatto che il saldare bene l'acciaio col ferro richiede una speciale maestria e diligenza, la quale difficilmente trovasi dove la produzione è così enormemente grande; è pure un fatto che un leggiero giro dato al fascetto nel passaggio fra i laminatoi basta perchè parte del ferro che deve stare sotto alla copertura d'acciaio riesca nella parte superiore; questi difetti da alcuni sono considerati tanto gravi da volere, stante il prezzo relativamente tenue dell'acciaio Bessemer, abolire del tutto questa fabbricazione; dicono costoro che la sola garanzia assoluta contro una cattiva saldatura la si deve cercare là dove v'ha assenza perfetta di ogni saldatura, vale a dire in un prodotto fuso. Per essi il problema delle rotaie sarebbe risolto nel seguente modo: ferro per le vie di second'ordine, acciaio Bessemer per le vie a grande traffico.

Altri, convinti dell'insufficienza del ferro ed adottando in principio le rotaie d'acciaio, ricorrerebbero solo a questo mezzo per trarre partito delle loro vecchie rotaie, migliorando le condizioni di resistenza delle loro superficie di scorrimento; per costoro certo che l'acciaio Bessemer è doppiamente prezioso e per il suo prezzo poco elevato, e perchè il solo processo del laminatoio basta per ottenere fra l'acciaio ed il ferro un'aderenza sufficiente.

Esperienze variate fatte dalla società Sud-Austriaca, dove questo metodo è applicato su vasta scala, intorno alla resistenza che presentano alla rottura sotto i colpi di un maglio, il mantenersi senza screpolature non ostante l'immersione nell'acqua fredda delle rotaie riscaldate al rosso, hanno procacciato tale confidenza che vennero adoperate nel passaggio del Brennero.

Di questa rotaia che tende ad aver le proprietà della rotaia tipo, di cui discorremmo, devo dire che vien molto esagerato il

suo principal difetto, cioè che difficilmente viene ben saldata. Il signor Hall, ingegnere a Graz della società Sud-Austriaca, dice a tal riguardo che senza inconvenienti l'acciaio può portarsi ad una temperatura assai prossima a quella che conviene alla saldatura del ferro a grana fina, posto immediatamente sotto la coperta, e che la saldatura dell'acciaio non è poi molto più difficile di quella del ferro cristallino di grana fina che da tutti è creduto indispensabile nelle rotaie di puro ferro.

Questo metodo di unire acciaio al ferro non conta che pochi anni di vita; egli è sperabile che col progresso dell'arte metallurgica si potranno eliminare ancora queste difficoltà non del tutto superate.

Vengono ora le rotaie di *puro acciaio*.

Sono i favorevoli risultati ottenuti nell'impiego dell'acciaio puddlé negli sviatoi che fecero estendere da principio l'applicazione degli acciai ai tratti di via i più frequentati vicino alle grandi stazioni e nelle forti pendenze. L'acciaio puddlé però non era in grado di permettere un'applicazione su grande scala di questo materiale così duro ed elastico. Bessemer invece colla sua invenzione potè somministrare un materiale più adatto alla fabbricazione delle rotaie, perchè il suo acciaio, oltre ad essere omogeneo e di un grado d'affinamento costante, può conseguire quel grado di durezza voluto. Qui l'operazione dell'affastellazione, trovata indispensabile, non ha più luogo, e quindi eliminamento di quei tanti inconvenienti che vanno uniti a quest'operazione. A tutte queste buone qualità unisce pure quella del buon prezzo, cosicchè non solo le rotaie Bessemer possono lottare con quelle di acciaio puddlé, ma perfino con quelle di ferro. L'economia è assai rilevante, poichè la durata di esse e la resistenza loro è molto grande a fronte dell'eccedente di prezzo.

Quanto alle esperienze fatte, alcune sono così convincenti,

che al giorno d'oggi la superiorità di questo metallo per la fabbricazione delle rotaie pare indiscussa. Fra le prove a cui esse vennero sottoposte basti citare quelle fatte in Inghilterra. In un punto dove il passaggio dei treni è frequentissimo vennero impiegate su di uno stesso binario più pezzi di rotaie di ferro a lato ad altrettante di acciaio; ora mentre che queste non subirono che un leggiero consumo, quelle dovettero essere rimpiazzate ben otto volte dopo una disorganizzazione completa. Nè discordanti da questi bei risultati furono altri ottenuti in una discesa presso la stazione di Dresda. V'ha un tratto di strada lungo 849 metri con una pendenza di 1:55, in cui considerevole è il consumo delle rotaie, nelle salite essendo necessarie alla trazione dei treni ben tre pesanti macchine e nella discesa l'azione di forti treni. A motivo di ciò veniva il cambio delle rotaie di ferro 1 1/2 fino a 2 volte ogni anno. Su tutto questo tratto vennero messe rotaie d'acciaio Bessemer, ebbene in due anni non una dovette venire cangiata.

Accanto a queste belle qualità della rotaia d'acciaio Bessemer dobbiamo porre alcuni gravi suoi difetti. Vien rimproverata ad esso un'asprezza che non si trova negli altri acciai, la quale pare minacciare quella sicurezza che deve presentare una rotaia. Si rimprovera pure l'inferiorità di questo processo relativamente agli altri riguardo all'eliminazione delle materie maggiormente dannose, quali sono il fosforo ed il solfo. Quest'ultimo è un fatto grave, perchè quasi sempre bisogna contentarsi in queste grandi produzioni di ghise ordinarie che noi già abbiamo visto essere incapaci alla produzione di questo acciaio. Giova però sperare che col decrescere dei prezzi di trasporto si potranno sempre più facilmente avere quelle ghise scelte, senza che il suo, per ora, tenue prezzo possa venire elevato; e che il problema, se non economicamente, ma già risolto, dell'impiego delle ghise ordinarie mediante una previa operazione, verrà risolto praticamente.

PIETRO TOSO.