

SULLO SCOPPIO D'UNA LOCOMOTIVA

avvenuto a Sampierdarena, lungo la ferrovia Torino-Genova,

nel febbraio dell'anno ultimo trascorso.

(Memoria letta nell'adunanza del 19 luglio 1868).

Sul finire del febbraio ultimo decorso, onorevoli Socii, voi avrete udito far parola dello scoppio d'una locomotiva accaduto nella stazione di Sampierdarena, lungo la ferrovia da Torino a Genova, il quale, oltre a considerevoli guasti arrecati al materiale, cagionò la morte d'un macchinista e di due scaldatoli. Nel pensiero che potesse tornarvi gradita l'esposizione delle circostanze che accompagnarono questo disgustoso accidente, io ho compilato il presente scritto in cui sonomi di più proposto il compito di assoggettare le circostanze medesime a minuto esame allo scopo sia di risalire alla causa almeno probabile dell'esplosione, sia di dedurne altresì qualche utile insegnamento. Se oggi soltanto chiegovi la permissione di intrattenervi sopra d'un avvenimento succeduto or fanno già quasi cinque mesi, vogliate semplicemente attribuire la tardanza al desiderio che io aveva d'unire al testo alcuni disegni illustrativi, per eseguire i quali si dovette attendere che la locomotiva scoppiata fosse per le necessarie riparazioni condotta a Torino nelle officine di Porta Nuova.

Avanti d'esordire, i riguardi da aversi sempre, quando si

vuole parlare di cosa tuttora pendente dall'Autorità giudiziaria, m'impongono di fare una dichiarazione. E questa si è che quanto io verrò dicendo, particolarmente intorno alla cagione dello scoppio, vuoi si né più né meno ritenere che come una mia opinione personale la quale mi sono formata dopo d'aver sull'accaduto raccolte tutte le informazioni possibili ed in ispecial modo dietro ad uno studio accurato degli effetti prodotti dalla esplosione.

Cenni preliminari sulla locomotiva scoppiata.

La ferrovia Torino-Genova, fra Busalla e Pontedecimo, offre pendenze molto ragguardevoli, ed in parecchi punti inoltre dei raggi di curvatura relativamente piccoli, salendo quelle sino al 30 per 100, e questi discendendo fino a 400 metri. È noto che, ciò malgrado, già da un buon numero di anni la trazione lungo codesto tratto di strada si opera col mezzo di macchine a vapore locomotive speciali denominate *locomotive doppie o binarie dei Giovi* (*).

Queste potenti macchine ideate da ingegneri italiani, tra cui piacemi dover annoverare primiero uno dei nostri soci il comm. Germano Sommeiller, consistono in due distinte *locomotive-tender*, le quali cioè portano sopra di se medesime le provvigioni d'acqua e di combustibile, accoppiate l'una coll'altra a snodo ed a ridosso, ossia in maniera che esse volgansi a vicenda il focolaio. La congiunzione articolata ha per oggetto di rendere la macchina prestevole alle curve di piccolo raggio. La disposizione a ridosso fa sì che le due locomotive hanno comune il ponte, e quindi, per condurle, basta un solo macchinista coadiuvato da due scaldatori.

Nelle prime macchine costrutte su così fatto sistema, nello

(*) Al presente la Società dell'Alta Italia sullo stesso tronco di ferrovia impiega anche un altro sistema di locomotive speciali conosciute col nome di *locomotive articolate di montagna di Beugnot*.

stabilimento di John Cokerill a Seraing nel Belgio, ciascuna locomotiva aveva quattro ruote accoppiate. Nelle altre invece commissionate più tardi in Inghilterra a Stephenson il numero delle ruote delle due locomotive venne portato a dodici affine di ottenere, in un con una superficie di riscaldamento più ampia, una macchina di peso maggiore, epperò d'una più forte potenza d'adesione senza sovraccaricare troppo le guide della strada.

La locomotiva scoppiata appartiene ad una delle macchine di Cokerill ad otto ruote. Essa porta il nome di *Guicciardini* ed il numero 45, mentre la locomotiva compagna nominasi *Guglielmini* ed ha il numero 46. Entrambe furono costrutte nel 1853. Perfettamente identiche ne sono la forma e le dimensioni. Di queste ultime giova che qui vengano riportate le seguenti, delle quali anzi talune sono indispensabili per l'istituzione dei calcoli che accennerò in appresso:

Peso della locomotiva doppia in servizio .		54 ^{ton}
Diametro degli stantuffi motori		0 ^m ,356
Loro corsa		0 ^m ,558
Diametro delle ruote		1 ^m 068
Numero di bollo delle caldaie		8 ^{atm}
Superficie di riscaldamento complessiva delle due locomotive	diretta	14 ^{mq} ,00
	indiretta	130 ^{mq} ,00
	totale	144 ^{mq} ,00
Capacità della camera d'acqua di ciascuna locomotiva a livello normale		2 ^m
Sezione orizzontale interna	profondità .	1 ^m ,036
della cassa del fuoco	larghezza .	0 ^m ,885
Sezione trasversale delle sbarre d'armamento del cielo del focolare	altezza da 0 ^m ,075 a 0 ^m , 100	
	larghezza .	0 ^m ,050
Numero dei tiranti applicati ad ognuna di coteste sbarre		7
Diametro degli stessi tiranti		0 ^m ,022
Loro vicendevoles distanza da asse ad asse	nel senso longitudinale	0 ^m ,145
	nel senso trasversale	0 ^m ,143

Descrizione del fatto.

Da qualche tempo le accennate locomotive doppie ad otto ruote, attesa la nuova organizzazione del servizio di trazione introdotta dalla Società dell'Alta Italia, vengono adoperate eziandio lungo il tronco successivo da Pontedecimo a Sampierdarena, però su questo tratto esclusivamente pel trasporto delle merci. Orbene, nella mattina del 25 febbraio del corrente anno, la macchina composta delle due locomotive Guicciardini e Guglielmini, dopo d'aver già compiuta una corsa da Pontedecimo a Busalla e rimorchiato da quest'ultimo paese un convoglio di merci fino alla stazione di Sampierdarena, faceva in questa stazione le necessarie manovre per la decomposizione del convoglio medesimo e la formazione di un nuovo. Rifornitasi quindi d'acqua s'era portata in testa a questo convoglio, costituito da 25 carri, aspettando il segnale di partenza alla volta di Torino.

La buona fortuna volle che nello stesso punto, dovendosi per improvvisa esigenza di servizio distaccare dal convoglio uno dei carri, la partenza venisse alquanto ritardata ed anzi s'allontanassero dal convoglio medesimo il Capo-stazione, il Conduttore ed il personale della manovra. Poco stante infatti s'udì un fortissimo rombo somigliante ad una scarica d'artiglieria. Dissipatasi la densa nube di fumo e vapore, apparivano tosto i dolorosi effetti d'una esplosione, della quale non si contano frequenti esempi. La caldaia della locomotiva Guicciardini era scoppiata. Questa locomotiva, che era davanti alla sua compagna, in grande parte rotta e sconquassata trovavasi ora ritta sulle sue ruote alla distanza di circa 23 metri dalla posizione primitiva, di traverso ai binarii di partenza delle merci e dei passeggeri per Torino.

Al convoglio, il quale altro non fece che indietreggiare non più di un metro, stava tuttavia attaccata la locomotiva Guglielmini. Sulla cassa esterna del focolare di questa giaceva

boccone il macchinista colla testa pendente in basso verso il ponte, già fatto cadavere, seminudo e coperto di scottature. Presso il ciglio del muro di sostegno del piazzale della stazione che costeggia la sottostante strada nazionale, alla distanza di 14 metri a un dipresso dal sito dello scoppio, però in direzione obliqua ed alquanto in addietro, rinvenivasi semivivo sopra un mucchio di rotaie uno degli scaldatori, ma così malconcio che morì nella successiva notte.

L'altro scaldatore poi si trovava cadavere ed orribilmente mutilato attraverso la detta strada nazionale una decina di metri più indietro. A poca distanza da questo scaldatore furono lanciati il ponte, la traversa posteriore dell'intelaiatura, in un coi relativi organi d'attacco e teste delle due lungarine, la leva di comando, unitamente alla sua guida, del meccanismo d'inversione del moto della locomotiva scoppiata. Il serbatoio o cupola di presa del vapore divelta dalla sua sede e schiacciata nel senso longitudinale della macchina, si è trovata a sinistra in avanti a 15 metri dal luogo dell'esplosione. La cassa dell'acqua o *tender* che nelle presenti locomotive ha la forma di un vero basto semplicemente sovrapposto alla parte cilindrica della caldaia, spaccato in più punti, era con una delle sue teste appoggiato contra il fianco destro della locomotiva Guglielmini e coll'altra testa appuntato in terra nell'interbinario.

La sbarra della graticola, il fischietto, il manometro, l'indicatore del livello d'acqua, le bilancie e leve delle valvole di sicurezza, ecc, erano stati proiettati in varie direzioni, e giacevano sparpagliati a diverse distanze. La porta del focolare, lanciata in direzione normale ai binari su cui avvenne lo scoppio, andò a cadere in un recinto posto al di là del fiancheggiante giardino pubblico, cioè alla distanza di oltre 150 metri. Fu anzi riferito che altri pezzi, traversato diagonalmente il medesimo giardino, siano stati balestrati ad una distanza ancora maggiore, vale a dire di 180 a 190 metri. A porgere una più precisa idea delle precedenti particolarità, nella figura 1 della tavola annessa a questo scritto si è disegnato il piano

della località, indicando con numeri di rimando ad una breve leggenda, la quale accompagna il disegno, le posizioni delle vittime e dei principali oggetti sovranominati.

La locomotiva Guglielmini nell'indietreggiare si sollevò alquanto dalla parte anteriore per cagione della strappata datale dalla locomotiva scoppiata. Tale movimento ha fatto sì che i paracolpi posteriori della prima locomotiva, vennero a collocarsi al disotto di quelli anteriori del primo carro del convoglio, il quale per conseguenza esso pure restò innalzato e soffersse qualche avaria, mentre quasi illesi n'andarono tutti gli altri carri, o per lo meno furono danneggiati in minime proporzioni.

Di poca entità sono stati del pari i guasti della locomotiva Guglielmini, riducendosi eglino principalmente alla rottura parziale del parapetto, ad alcune avarie nel ponte ed al contorcimento delle aste delle bilancie e leve delle valvole di sicurezza.

Del materiale d'armamento della strada, formato di rotaie *Vignolle*, si trovò ogni cosa sconvolta e fracassata soltanto nel luogo in cui fu lanciata la locomotiva Guicciardini, cioè presso l'incrociamiento dello sviatoio per mezzo del quale il binario di partenza delle merci per Torino s'innesta a quello dei viaggiatori. Quattro rotaie rimasero spezzate, ossia tre nettamente nel senso trasversale e la quarta lacerata, per la lunghezza di 1 metro circa, fra la suola ed il fungo. In una parola il dissesto cagionato alla strada fu tale che appena verso le ore 5 pomeridiane dello stesso giorno il servizio ha potuto riprendere il suo normale andamento.

' Guasti sofferti dalla locomotiva scoppiata.

La maggior parte dei guasti toccati alla locomotiva Guicciardini trovansi rappresentati nelle figure che precedono quella già citata del piano della località. Il più rilevante di essi, che consiste nella completa rottura del cielo della cassa del fuoco, scorgesi nelle figure 3 e 6.

Il focolare delle locomotive, mi sarà lecito il ricordarlo qui rapidamente, per l'ordinario consta di due casse parallelepipedo rettangole capovolte e poste l'una concentricamente nell'altra. Alla prima, che è costrutta in rame, si suol dare il nome di *cassa del fuoco*. La seconda invece in lamiera di ferro, la quale è una prosecuzione della parte di caldaia contenente i tubi del fumo, chiamasi *cassa esterna od involuppo esterno del focolare*. Inferiormente l'intervallo compreso fra le due casse, che si trova in comunicazione col corpo tubolare della caldaia, è ermeticamente chiuso. Al contrario la cassa interna è, nella sua base inferiore, terminata dalla graticola. Acciò poi le pareti di entrambe le casse, e particolarmente il cielo di quella interna, possano reggere alla pressione che regna entro la caldaia, sono quelle laterali consolidate fra loro e rese rigide per via di tiranti in rame filettati con capocchia ribadita dalle due parti ed il cielo viene superiormente armato mercé altri tiranti, però di ferro, ed in forma di chiavarde a vite, raccomandati ad una serie di robuste sbarre pure di ferro che nella loro estremità si appoggiano sui lembi orizzontali superiori della parete posteriore della cassa medesima e di quella anteriore o piastra dei tubi del fumo. Sovente, e così appunto era nella locomotiva scoppiata, le due pareti laterali col cielo della cassa del fuoco sono costituite da una lastra unica convenientemente ripiegata e congiunta, per mezzo di chiodi ribaditi, alla piastra dei tubi ed alla parete in cui si trova scolpita la porta del focolare.

Ciò premesso riesce possibile lo specificare con bastante chiarezza la rottura poc'anzi menzionata. Molto verosimilmente, come mi riserbo di dimostrare più tardi, spezzaronsi dapprima le sbarre d'armamento del cielo. Ebbe luogo poscia il totale cedimento di quest'ultimo che, squarciatosi prossimamente lungo li suoi spigoli laterali e posteriore, ha preso in certo qual modo a rotare intorno allo spigolo anteriore rimasto intatto ripiegandosi quasi fin contra la piastra tubolare. Per la violenza di simile cedimento i

lembi superiori delle due pareti laterali restarono incartocciati sopra se stessi: quello della parete posteriore fatto a brandelli si è pure notabilmente incurvato verso il basso. La qual cosa lasciò scoperto pressoché interamente i due primi filari superiori dei tiranti di collegamento delle pareti medesime con quelle parallele dell'involuppo esterno del focolare.

Altre avarie pur gravi sofferte dalla locomotiva Guicciardini sono visibili sulle figure 1, 2 e 4. Una di esse è l'ampia squarciatura *A* dell'involuppo or ora accennato avvenuta ladove penetra nelle caldaie l'asse di rotazione del moderatore o meccanismo di presa del vapore. L'essere questa squarciatura accompagnata da una profonda tacca *a*, avente l'impronta d'una rotaia, fa palese che la locomotiva nell'esplosione si è inclinata sul fianco destro percuotendo, collo spigolo laterale posteriore del detto involuppo, contra le guide della strada. A questa stessa percossa non vi ha poi dubbio che vogliansi eziandio attribuire l'intaccatura meno profonda *b* del medesimo spigolo e posta circa un metro al disotto della precedente, come lo schiacciamento del focolaio nel senso diagonale che ne ridusse la sezione orizzontale e rettangolare al parallelogramma disegnato nella figura 5 e di cui appunto uno degli angoli ottusi corrisponde all'anzidetto spigolo.

Una seconda ed una terza squarciatura furono prodotte in *B* (figure 1 e 2) poco sotto della porta del focolare ed in *C* alla base del tamburo sul quale siedono le valvole di sicurezza. La squarciatura *B* si estende anche alla cassa interna ed inoltre è diretta dall'infuori all'indietro: donde risulta chiaro che essa devesi all'urto di qualche corpo esterno. La squarciatura *C*, la quale abbraccia la mezza circonferenza anteriore del tamburo mentovato, è evidente che fu invece cagionata dalla cassa dell'acqua che, come già abbiamo avvertito, in queste locomotive si trova semplicemente appoggiata alla parte cilindrica della caldaia. Si rammenterà invero che questa cassa andò ad appoggiarsi contra quella dell'altra locomotiva *la Guglielmini*. Ciò prova che, quando nello scoppio

la locomotiva Guicciardini venne violentemente spinta innanzi, la cassa dell'acqua a motivo della propria inerzia è rimasta indietro producendo, insieme colla squarciatura in questione, lo schiacciamento della sede della valvola di sicurezza, quello già accennato del serbatoio di presa del vapore, la rottura del tubo con cui si fa questa presa, e per ultimo ancora la piccola contusione *D* sulla parete del corpo tubolare della caldaia.

Finalmente, se non per la loro entità almeno perché la loro esistenza varrà a far conoscere la natura del primo dei movimenti subiti dalla locomotiva Guicciardini nello scoppio, giova che siano anche segnalati i guasti avvenuti nella parte anteriore di essa. Consistono questi guasti nella rottura dei cardini della porta della camera o cassa del fumo, in quella totale o parziale dei duo paracolpi, nell'incurvamento dei due scaccia-pietre verso l'alto e nella inflessione dei loro tiranti di scartamento, in due notevoli tacche ancora della traversa dell'intelaiatura della locomotiva distanti fra loro d'una quantità uguale alla larghezza legale della strada ed aventi l'impronta delle rotaie.

Considerazioni intorno alla natura ed all'origine dei movimenti ai quali, durante l'esplosione, andò soggetta la locomotiva Guicciardini.

Da quanti e quali movimenti la locomotiva Guicciardini si trovò animata nello scoppio? Non sarà inutile lo svolgere, nei limiti del fattibile, la risposta a questa domanda, massime avuto riguardo che trattasi di una quistione passata quasi sotto silenzio in tutte le relazioni che mi fu dato di consultare sull'esplosione di macchine a vapore locomotive.

A tre si riducono i movimenti in discorso. In virtù d'uno di essi la locomotiva si è potuta sollevare dalla parte posteriore girando attorno all'asse delle due ruote anteriori. Che questo movimento sia realmente succeduto, e pel primo, lo dimostrano all'evidenza le avarie le quali, come poc'anzi abbiamo ri-

ferito, s'osservano nella parte anteriore della locomotiva, ed ancora specialmente la distanza compresa fra le due tacche rilevate nella faccia inferiore della relativa traversa. Essendo infatti questa distanza perfettamente uguale alla larghezza del binario, su cui trovavasi la locomotiva avanti lo scoppio, è chiaro che l'accennato sollevamento non può essere accaduto che in principio di questo, poiché alla fine la macchina si rinvenne presso d'un incrociamiento e posta di traverso alla strada.

A codesto sollevamento deve averne tenuto dietro un secondo, ma dell'intera locomotiva, nel quale questa si trovò lanciata alla considerevole distanza di 23 metri dal luogo dell'esplosione, cioè vicino all'incrociamiento testé nominato. Qui parimente cade qualsiasi contestazione sul fatto che la locomotiva abbia percorsa tale distanza effettivamente sollevata in aria, piuttostochè rotolando sui binari, ove solo si voglia rammentare che il materiale d'armamento della strada è rimasto illeso del tutto fra l'incrociamiento stesso ed il sito dello scoppio.

Si è ancora precedentemente fatta parola di due altre tacche le quali, eziandio coll'impronta delle rotaie, la locomotiva scoppiata porta lungo lo spigolo laterale e posteriore di destra della cassa esterna del focolare. La distanza fra queste tacche è di *i* metro e coincide precisamente con quella delle due rotaie, del più volte accennato incrociamiento, nel punto in cui la locomotiva fu lanciata dallo scoppio. Da ciò deducesi manifestamente che la formazione delle stesse tacche ed il conseguente schiacciamento del focolare avvennero in codesto punto al ricadere che fece la macchina sulla strada, dopo del suo balestramentó nell'aria. Siccome però al termine dell'esplosione la locomotiva si trovò ritta sulle ruote, così se ne ricava pure che questa dovette per altro concepire un nuovo movimento in grazia del quale ha potuto dalla sua posizione inclinata rimbalzare in piedi.

Sarebbe assai difficile proposito l'indagare la vera origine dei movimenti di cui son venuto specificando la natura.

Ecco tuttavia anche a questo riguardo, se non altro, un tentativo di spiegazione. L'innalzamento della locomotiva dalla parte posteriore è stato semplicemente l'effetto della reazione prodotta sul principio, dal vapore effluente attraverso alla rottura del focolare, contra il sovrastante cielo del suo involucro esterno. L'uscita poi del medesimo vapore ha in pari tempo cagionato entro la caldaia un notevole abbassamento di pressione e quindi provocata la vaporizzazione di una grande parte almeno dell'acqua contenutavi, il calore proprio di quest'acqua eccedendo di molto il bisogno relativamente alla nuova pressione. Il novello vapore, richiedendo un volume di grande lunga maggiore di quello dell'acqua generatrice ed inoltre costretto esso pure a scaricarsi per la suddetta rottura del focolare, non solo fu la causa della proiezione in ogni verso di molti pezzi della macchina, ma ancora produsse contra la parete interna della caldaia una reazione assai più intensa della precedente, cioè tale da sollevarla per intiero in aria e lanciarla a ragguardevole distanza, a perfetta somiglianza di ciò che accade di un'arma da fuoco la quale lasciata sparare abbandonata a se stessa. Il rimettersi in fine della locomotiva sulle sue ruote è dovuto in parte al reagire su di essa dell'aria atmosferica spostata ed anche forse a che non fu una posizione di equilibrio quella secondo cui la macchina è ricaduta e dopo del secondo movimento continuarono ancora l'effetto del vapore e la sua reazione contra la parete interna della caldaia.

Un semplicissimo calcolo del solo lavoro meccanico esterno fatto dall'acqua nel convertirsi in vapore varrà a persuadere che nell'esplosione si è sviluppata una potenza meccanica più che capace di produrre segnatamente il secondo movimento. Occorre dapprima che si determini il peso di quest'acqua. Ammesso che avanti lo scoppio la tensione assoluta dentro la caldaia fosse di 9 atmosfere, siccome il vapore d'acqua saturo a questa pressione ha la temperatura di $176^{\circ}, 7$ ed il calore necessario per trasformare

1 kg. d'acqua già riscaldata a 100° in vapore saturo anche a 100° è eguale a 537 calorie, verrà subito per il peso d'acqua convertitasi in vapore per ogni kg. d'acqua contenuta nella caldaia

$$\frac{176,7 - 100}{537} = \text{kg. } 0,143.$$

Se dunque ancora il volume della camera d'acqua della locomotiva è di 2 mc, si avranno per il totale volume d'acqua vaporizzato durante l'esplosione $0,143 \times 2 = \text{mc. } 0,286$, epperò per il lavoro esterno svolto dal fluido onde acquistare un volume 1699 volte maggiore sotto la pressione atmosferica

$$10333 \times 1698 \times 0,286 = \text{kgm. } 5021838,$$

essendo appunto uguale a mc. 1,699 il volume specifico del vapore acqueo saturo a codesta pressione. Questa quantità di energia meccanica disponibile esercitata interamente sopra di una massa quale è quella della locomotiva scoppiata, il cui peso vale 27000 kg., ossia convertita tutta in energia meccanica sensibile (forza viva) su questa massa sarebbe suscettiva di imprimerle la velocità iniziale di circa 60 metri per ogni 1".

Causa probabile dello scoppio e modo con cui è succeduta la rottura del cielo del focolare.

Volendosi trattare convenientemente questo argomento, è d'uopo far precedere brevi parole intorno allo stato in cui erano sia la locomotiva scoppiata come la sua compagna prima dell'esplosione. Può ritenersi che il numero totale di chilometri percorsi da queste locomotive sino al momento dello scoppio non sorpassava i 150,000, cifra ben ancora al disotto di quella (cioè 250,000 km.), la quale, secondo l'esperienza corrisponderebbe al massimo limite di durata pei focolari in rame conservati in buone condizioni.

Le stesse locomotive dal 1853, data di loro costruzione, non dovettero subire riparazioni d'importanza se non verso il fine dell'anno 1865. Queste riparazioni consistettero nel completo rifacimento della camera del fumo, nel ricambio di parecchie lastre del corpo tubolare della caldaia, nel generale riassetto degli organi del meccanismo di movimento e di distribuzione del vapore, nella rinnovazione per ultimo di una notevole quantità di tiranti d'unione delle due casse interna ed esterna del focolaio.

Entrambe le locomotive nel mese di dicembre ultimo vennero sottoposte alla consueta prova annuale a freddo. In questa prova si è spinta la pressione sino a 10 atmosfere effettive, vale a dire a 3 atmosfere più che la massima pressione utile alla quale sogliono farsi funzionare tali macchine. Valgono già questa e le precedenti informazioni ad eliminare in parte il sospetto che lo scoppio della locomotiva Guicciardini possa essere stato la conseguenza d'aver imprudentemente affaticata oltremodo la macchina con un troppo lungo uso, ovvero di poca cura nell'assoggettarle alle prescritte ispezioni e prove.

Ma una simile supposizione rimarrà del tutto allontanata, da questi altri dati che ora passerò a riferire sullo stato del focolare della locomotiva Guicciardini ed i quali si poterono verificare dopo dello scoppio. Un diligente esame di questo focolare infatti, eseguito da persone competentissime, ha constatato che niuno dei tiranti di consolidamento del focolare stesso trovavasi rotto avanti dell'esplosione. È bensì vero che, misurata inoltre la grossezza delle sue pareti interne, essa si trovò ridotta a millimetri 9 circa dal suo valore primitivo di 15 millimetri laddove si ruppe il cielo ed a millimetri 6 per la parete verticale posteriore in vicinanza della porta. Però si sa che queste diminuzioni di spessore sono abituali e non costituiscono da per sé sole un pericolo di scoppio quando il metallo, come si è verificato per la locomotiva in questione, continua ad essere in buono stato.

Un'altra causa frequente dell'esplosione di una caldaia di

locomotiva è l'abbassamento del livello d'acqua al disotto del cielo della cassa a fuoco. Questo cielo, allorché rimane così emerso dall'acqua, tosto s'arroventa per guisa che, in seguito ad una nuova alimentazione della caldaia l'acqua tornando a contatto di esso, una parte di quest'acqua passa allo stato sferoidale per convenirsi ben presto, cioè appena che s'abbassi la temperatura della lamiera a motivo della continuata alimentazione, in una quantità così copiosa di vapore da produrre lo scoppio della caldaia. Però eziandio il timore, che ciò sia accaduto per la locomotiva Guicciardini, deve affatto cessare solo cho sappiasi essersi dopo dell'esplosione trovato intatto il chiodo fusibile il quale è costume invitare nel centro del cielo del focolare della locomotiva affine di evitare appunto il pericolo di uno scoppio proveniente da un abbassamento del livello d'acqua.

Così dello scoppio in questione non ci è dato di rinvenire una spiegazione naturale se non nel difetto di resistenza di alcuna parte della cassa interna del focolare, ed impossibile a scoprirsi senza smontare quest'ultima, ossia dietro una semplice ispezione e la prova idraulica annuale, tanto più se riflettesi che non è prudenza lo spingere questa ad una pressione troppo alta onde non compromettere la solidità della macchina già logora dall'uso. Or bene l'esame del focolare dopo dell'esplosione ha appunto fatto riconoscere una grande causa di debolezza nelle sbarre d'armamento del cielo. Nel vero queste sbarre sono di uniforme grossezza, nel senso trasversale, su tutta quanta la loro lunghezza cioè anche dove trovansi i fori pel passaggio dei tiranti. Inoltre questi fori furono praticati a freddo generando una soluzione di continuità nelle fibre del metallo. Finalmente nelle sbarre medesime si constatarono numerose screpolature incipienti nel senso longitudinale e nella loro sezione di rottura un aspetto cristallino molto pronunziato, indizio di alterazione nella loro costituzione molecolare originata vuoi dalle incessanti vibrazioni mentre la locomotiva era in moto, vuoi dal dilatarsi e restringersi del metallo pel calore, vuoi ancora da Cause chi-

miche od elettriche pel contatto dell'acqua e della lamiera di rame sottostante.

Se non che a motivo dell'incertezza grandissima nell'apprezzare il grado d'influenza di tutte codeste circostanze sulla resistenza del metallo, resta ognora il dubbio che le cose ora esposte non siano state la sola causa dello scoppio. Proponiamoci infatti di determinare, anche con un calcolo soltanto approssimato, la pressione del vapore la quale è capace di produrre la rottura delle dette sbarre in pien metallo, astrazione fatta dalle accennate cagioni di debolezza. È lecito riguardare ognuna di queste sbarre come un solido prismatico omogeneo, appoggiato nelle sue estremità e caricato di pesi uniformemente distribuiti sulla sua lunghezza. Trascurato il peso proprio della sbarra a fronte del carico, e denotandosi con L la sua lunghezza; a e b l'altezza e la larghezza della sezione trasversale del solido; R il coefficiente di rottura del metallo per trazione; p la tensione assoluta del vapore in atmosfere; n il numero dei tiranti applicati a caduna sbarra; h e k le distanze vicendevoli dei medesimi da asse ad asse rispettivamente nei due sensi longitudinale e trasversale, si arriva facilmente all'equazione che segue:

$$10333. n k h (p - 1) L = \frac{4}{3} R a^3 b$$

e la quale risolta per rispetto alla chiesta tensione del vapore, se assumonsi ancora $L = 1^m,036$; $a = 0^m,100$; $b = 0^m,050$; $R = 40000000$; $n = 7$; $h = 0^m,145$ e $k = 0^m,143$, somministra $p =$ circa 18 atmosfere.

Questo risultato dà manifestamente a conoscere che, ammessa pure per i motivi sovra enumerati una diminuzione notevole della resistenza di ciascuna sbarra, sarebbe sempre necessaria una pressione del vapore certo maggiore della massima normale (9 atmosfere assolute) per originarne la rottura. In altri termini si giunge alla conclusione che la

causa dello scoppio dev'essere in parte attribuita alla provata diminuzione di resistenza delle sbarre d'armamento del cielo del focolare ed in parte ancora ad un accrescimento, accidentale od artificialmente ottenuto, della pressione entro la caldaia al disopra del limite normale.

Io poi sono, nello stesso tempo, d'opinione che l'aumento di pressione, capace di produrre lo scoppio, dev'essere stato almeno non molto rilevante perché, a mio credere, la rottura del cielo del focolare è avvenuta nel seguente modo. L'esperienza insegna che gli effetti della dilatazione e contrazione dei tubi del fumo per causa del calore nelle caldaie delle locomotive in generale, più che su qualunque altra parte, si fanno sentire lungo lo spigolo posteriore del cielo del focolare. Cresciuta adunque per poco oltre l'usato la tensione del vapore, io giudico che la cassa interna del focolare abbia ceduto in un punto del medesimo spigolo e probabilmente al disopra della porta d'introduzione del combustibile. Questo bastò per ingenerare la compiuta rovina dello stesso, cielo, cioè per togliere a qualcuna delle sbarre il punto d'appoggio posteriore e quindi a costringere le altre a sopportare da sé tutta quanta la pressione sovrincombente al cielo: donde è nata dapprima la rottura della sbarra e poscia della lastra del cielo, e non con ordine inverso, come lo dimostrano le notevoli porzioni di tutte le sbarre rimaste attaccate a quest'ultimo.

Una simile spiegazione sarebbe eziandio sino a un certo segno corroborata dal fatto che queste sbarre, le quali erano in numero di sei, ed avevano la forma di solidi d'eguale resistenza, si sono spezzate tutte in uno dei fori di passaggio dei tiranti, ma a distanza differente dalla piastra tubolare, cioè andando da sinistra verso destra, la prima lastra nel 6° foro, la seconda nel 5°, la terza e la quarta al 6°, la quinta al 5° e l'ultima al 6°.

Utili insegnamenti che derivano dal presente esempio di esplosione.

Malgrado le funeste conseguenze che in generale li accompagnano, gli scoppi delle caldaie a vapore producono sempre anche la loro parte di bene. Essi infatti, studiati con accuratezza ed imparzialità nei loro effetti, porgono ognora utilissimi ammaestramenti i quali valgono a renderne ogni dì più rado il numero. Io quindi porrò ora termine al mio scritto con alcune considerazioni le quali, se tutte non offriranno l'interesse della novità a motivo dei punti di rassomiglianza di tutte le esplosioni di caldaie a vapore, non sarà per questo meno vantaggioso ed umanitario il ripetere qui onde scuotere chi fosse ancora restio a metterle in pratica.

Primieramente nell'attuale caso di esplosione, siccome è probabile che eziandio la locomotiva Guglielmini si trovasse al medesimo grado di pressione, è palese che sarebbesi potuto desumere una prova certa dall'accrescimento della pressione oltre il prefisso nella locomotiva scoppiata, quando fosse generale il costume di munire le caldaie a vapore di un manometro a massima. Questo si pratica fra noi dalla Società della ferrovia da Torino a Ciriè ed io sono lieto di doverne qui applaudire un altro dei nostri soci, l'ingegnere Gaetano Capuccio, che è il Direttore dell'esercizio di codesta ferrovia.

Secondariamente non è da tacersi che nella locomotiva Gucciardini erasi dimenticato di applicare alle bilancie e delle valvole di sicurezza le note cannette o piccoli tubi con cui si sogliono circondare le loro aste fra la bilancia e la leva della valvola affine d'impedire che i macchinisti inconsultamente abbassino la chiocciola regolatrice della pressione al dissotto d'un certo limite. Io qui non intendo punto di muovere un rimprovero alla Società ferroviaria dell'Alta Italia, alla quale sono legato per moltissimi obblighi di grati-

tudine. Essa del resto è notoriamente abbastanza rigorosa nella cura del suo materiale perché debbasi temere minimamente che ciò abbia a rinnovarsi.

In terzo luogo giova il notare che l'ispezione dei tiranti di consolidamento del focolare per la locomotiva scoppiata venne fatta coll'usato metodo del martello, cioè percuotendone con questo le due capocchie interna ed esterna. È omai tempo che tale mezzo, incerto e la cui riuscita troppo dipende dall'abilità di chi lo pratica, venga sostituito dall'altro pure semplicissimo e suggerito da molti costruttori. Quest'altro metodo consiste nel praticare in Ciascun tirante lungo il suo asse, un foro capillare a partire dalla capocchia esterna sino al centro del tirante o meglio fino presso alla capocchia interna. Venendosi così il tirante a rompere, tosto se n'è resi avvertiti dallo zampillo d'acqua e vapore che prende ad affluire per codesto foro.

Ma la considerazione di maggior rilievo che ricavasi dal presente esempio di esplosione si riferisce al pessimo sistema di struttura delle sbarre d'armamento dei focolari delle locomotive, le quali sono di spessore uniforme in tutta la loro lunghezza e di più perforate a freddo. Già dissi quali sono gli inconvenienti di tanto imperfetta costruzione. Qui per conseguenza mi limiterò ad aggiungere che la Direzione del materiale e trazione delle ferrovie dell'Alta Italia, persuasa della necessità di abbandonare affatto simile sistema di sbarre, sta già ponendo in opera il savio consiglio di ricambiarle in tutte le locomotive che ancora le hanno. Della quale cosa mentre io colgo ora l'occasione di farle il debito elogio, mi conforta in pari tempo il pensiero che, se, Dio lo tolga, mi toccherà il continuare avanti di voi la cronaca degli scoppi di caldaie a vapore nel nostro paese, certo almeno non mi vedrò più costretto di dover registrare la rinnovazione di un disastro proveniente da una causa così facile da farsi sparire.

Torino, 15 luglio 1868.

A. CAVALLERO.

Esplosione della Locomotiva N° 45. del 1° gruppo di Locomotive accoppiate costrutte da Cokerill di Seranq, avvenuta nella Stazione in Sanpiardarena li 25 Febbraio 1868.

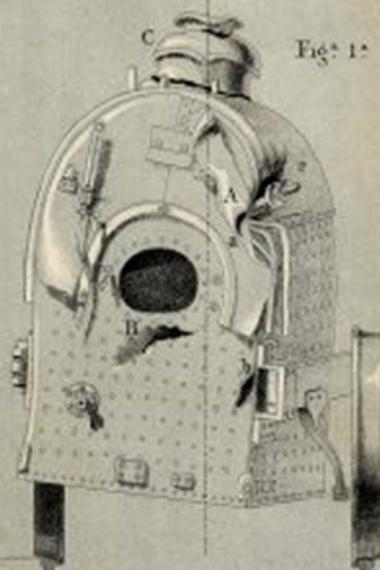


Fig. 1°

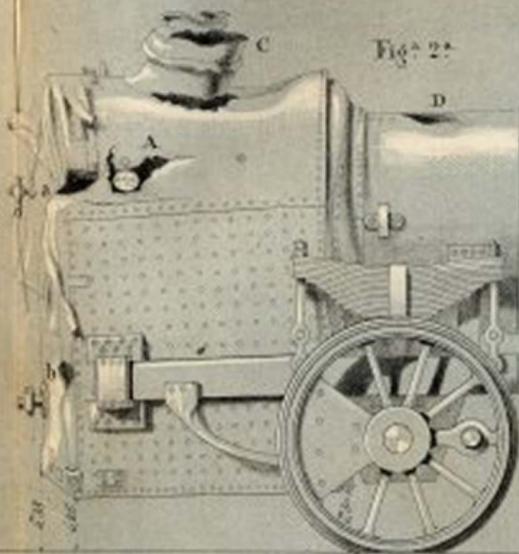


Fig. 2°

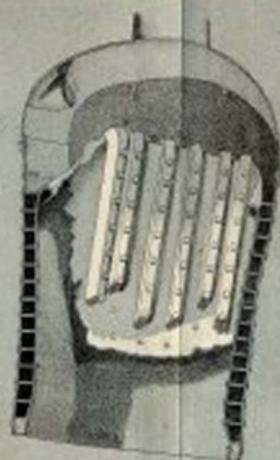


Fig. 3°

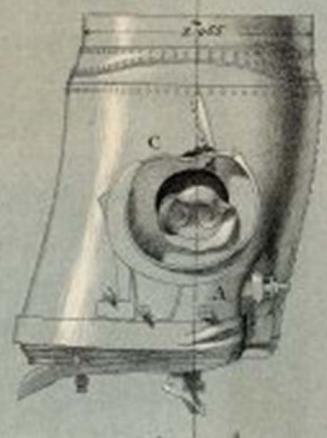


Fig. 4°



Fig. 7° Piano dell'Esplosione

Leggenda

- 1 Locomotiva N° 45 accoppiata
 - 2 " " " " " "
 - 3 Puntelli cui si appoggiano le scoldi " frontali
 - 4 " " " " " "
 - 5 La campana della presa di acqua
- La porta del focolare fu ritrovata nei Giardini pubblici a metri 150 dalla Locomotiva accoppiata.

Scala di 0,500 per metro per la Fig. 7°

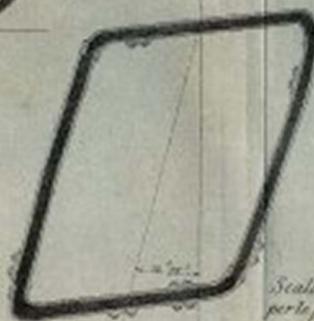


Fig. 5°

Sezione orizzontale del focolare a 0,30 sulle guide della Strada.

Scala di 0,50 per metro per le fig. 1° 2° 3° 4° 5° e 6°

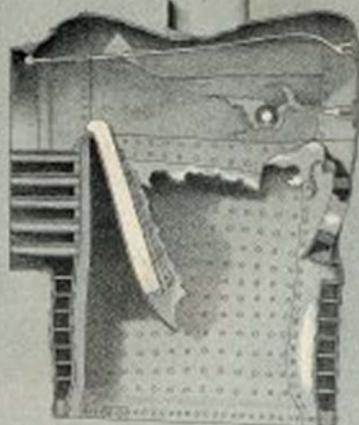


Fig. 6°