

# DELLE ESPLOSIONI FULMINANTI

## DELLE MACCHINE A VAPORE

### E DI UN MODO DI PREVENIRLE E DI FACILITARE L'EBOLLIZIONE DEI LIQUIDI

con risparmio di combustibile.

1. *Origine del presente studio.* — La mia attenzione fu rivolta a questo studio da due pubblicazioni del capitano di vascello Trève (1), e dalla terribile esplosione, della quale restò vittima il compianto ing. prof. Elia con altre persone a Torino (2).

2. *Cause delle esplosioni.* — Le esplosioni delle caldaie soglionsi attribuire a cinque cause distinte, che sono: 1° difetto di costruzione, 2° deterioramento della macchina, 3° incrostazioni della caldaia, 4° stato sferoidale, 5° surriscaldamento.

Io non mi occuperò delle tre prime. Un'attenta disamina ed un'oculata vigilanza valgono ad impedire le esplosioni per ciò che concerne queste tre cause, del che fanno prova i risultati ottenuti dalle Associazioni di Manchester e di altre località contro i pericoli di esplosione delle macchine a vapore.

3. *Stato sferoidale.* — Anche di questa causa non occorre gran che di occuparcene 1° perchè è difficile, se non impossibile, che l'intera massa acqua di una caldaia passi allo stato sferoidale, 2° perchè ammessa la possibilità di questo stato, è troppo facile impedirne la realizzazione cogli attuali alimentatori e cogli indicatori di livello (3).

(1) *Comptes rendus* dell'Accademia delle Scienze di Parigi, 18 settembre 1882 e 9 aprile 1883.

(2) *Gazzetta Piemontese*, 24 maggio 1883, 3<sup>a</sup> pagina, 4<sup>a</sup> colonna.

(3) Molte ragioni mi fanno credere impossibile il passaggio dell'acqua delle caldaie, in massa, allo stato sferoidale; citerò questa sola. L'acqua non diviene sferoidale senza una grande differenza tra la sua temperatura e quella delle pareti del vaso che sono in contatto con essa. Ora questa differenza non può stabilirsi finchè il contatto dura, e ciò è tanto vero che noi possiamo far bollire l'acqua in un vaso

Debbo però rilevare un errore che hanno commesso, da Boutigny in poi, tutti coloro che vollero spiegare il modo d'azione di questa causa. Si è sempre ritenuto che l'acqua sferoidale abbia la temperatura di 95 a 100°; quindi per ispiegare la quasi istantanea evaporazione della medesima alla cessazione di questo stato, ammettono ch'essa prenda il calore, che le occorre per ciò, alle pareti della caldaia.

Veramente se il calore, che, in questa supposizione, le pareti hanno in eccedenza, potesse d'un salto passare nell'acqua per trasformarla in vapore, tenendo conto dell'alta temperatura di esse e della loro capacità calorifica, si troverebbe che esso sarebbe sufficiente a produrre effetti straordinari. Ma bisognerebbe, perchè il fenomeno così avvenisse, che la conduttività calorifica della materia di cui è fatta la caldaia fosse infinitamente grande.

Io ho sempre provato una certa ripugnanza ad ammettere questa spiegazione, ed è perciò che ho cominciato a sospettare che, se veramente l'acqua viene mai a passare nelle caldaie allo stato sferoidale e in conseguenza a dare origine ad esplosioni, essa deve trovarsi ad una temperatura ben superiore a quella di 96 a 100°.

Le mie esperienze sullo stato sferoidale (1) hanno confermato questa cosa. Il risultato delle medesime può enunciarsi così: *ogni liquido allo stato sferoidale ha una temperatura prossima*

di carta ordinaria da scrivere messo sulla fiamma ardente di una lampada di Bunsen senza che la carta prenda fuoco, nè si scaldi più che l'acqua stessa.

(1) *Atti dell'Accademia delle Scienze di Torino*, t. xIx, (seduta del 9 marzo 1884), e *Sette Studi* di G. Luvini.

a quella minima a cui esso potrebbe cominciare a bollire sotto la pressione attuale. Per conseguenza l'acqua nelle caldaie, anche supposta allo stato sferoidale, ha una temperatura poco diversa da quella a cui essa bollirebbe sotto la pressione del vapore che le sovrasta. Quindi se, cessato lo stato sferoidale e diminuita la pressione sovrastante, gran parte dell'acqua può prontamente e quasi istantaneamente evaporarsi, ciò avviene non pel calore delle pareti della caldaia, ma pel calore che l'acqua stessa tiene in sè, come nel caso delle esplosioni per surriscaldamento.

La resistenza delle pareti arroventate diviene inferiore alla tensione del vapore, il quale si fa strada a traverso alle medesime; e l'acqua della caldaia, surriscaldata, esplose.

4. *Surriscaldamento.* — Un liquido dicesi surriscaldato allorché la sua temperatura è superiore a quella alla quale la tensione de' suoi vapori eguaglia la pressione sovrincumbente al liquido stesso. L'acqua, ad esempio, sotto la pressione di un'atmosfera è nella condizione di surriscaldamento tutte le volte che la sua temperatura è maggiore di cento gradi.

Riscaldando lentamente un liquido in riposo, accade bene spesso di elevarne la temperatura al di là del limite al quale egli potrebbe cominciare a bollire sotto la pressione a cui è soggetto. Ogni volta che ciò avviene, si ottiene il liquido surriscaldato per elevazione di temperatura.

Ma il surriscaldamento, come ha dimostrato Dufour (2), può anche avvenire, e più facilmente ancora, per diminuzione di pressione. Sia ad esempio l'acqua sotto la pressione di un'atmosfera, e ad una temperatura inferiore a 100°, mettiamo a 90°. Si faccia diminuire poco a poco la pressione fino al di sotto di 525<sup>mm</sup> di mercurio, che è quella dell'ordinaria ebollizione dell'acqua a 90°; se la speriienza si fa senza agitar l'acqua, nove volte su dieci accadrà di oltrepassare anche notevolmente quel limite di pressione senza che l'acqua si metta a bollire. Quest'acqua diverrà surriscaldata per diminuzione di pressione.

Il grado di surriscaldamento, ossia l'eccesso di temperatura dell'acqua sopra la temperatura d'ebollizione corrispondente alla pressione del vapore sovrastante, può diventare grandissimo, e fu anche trovato di 100°.

5. *In che modo il surriscaldamento dell'acqua può produrre le esplosioni delle caldaie.* — L'acqua surriscaldata contiene in sè una parte del calore che può servire alla sua volatilizzazione. Se una causa qualunque, come uno scuotimento, un punto del fondo della caldaia che si scaldi più che gli altri, la penetrazione di una

bolla d'aria nell'acqua o l'introduzione di materie che favoriscano l'ebollizione, viene a mettere fine alla condizione di surriscaldamento, una parte dell'acqua si evapora ad un tratto a spese del calore che contiene in eccesso, e nasce nella massa liquida uno sbalzo, la cui energia dipende dalla differenza tra la temperatura dell'acqua surriscaldata e la sua temperatura minima di ebollizione. Allorché questa differenza è considerevole, la quantità di vapore che si forma in un istante e la sua tensione possono divenire tanto grandi da produrre lo scoppio di qualunque caldaia. È appunto in questo modo che nascono le esplosioni dette fulminanti.

6. *Sperienze relative all'ebollizione dell'acqua.* — Le sperienze di tutti i fisici che si occuparono di quest'argomento, e particolarmente quelle di Bellani (1) e di Donny (2) conducono alla conclusione che l'acqua, senz'aria nel suo interno, non bolle a nessuna temperatura, e che, a parità di pressione, la temperatura d'ebollizione diviene tanto più elevata, quanto più l'acqua è priva di aria.

Ecco qui una speriienza capitale di Bellani a questo proposito. Prese egli un corto tubo di vetro aperto da una parte e saldato dall'altra con un altro tubo di vetro che serve di manico, e lo introdusse colla bocca all'inghiù nell'acqua bollente in un vaso di vetro. Egli vide immediatamente uscire dal tubo capovolto una gran quantità di bolle d'aria miste a vapore, e poi di vapore quasi solo. Diminuendo l'azione del fuoco in modo che le bolle vaporose non potessero più scaturire dal fondo del vaso, esse uscivano ancora abbondanti dal tubo immersovi, cosicché l'acqua continuava a bollire, ma la sua temperatura si era abbassata di alcuni gradi. Per un ulteriore abbassamento di temperatura cessa questo fenomeno, e l'acqua sale nel tubo e lo riempie, ma non tanto che non resti ancora alla sommità di esso una bollicina di aria, la quale è atta a riprodurre l'abbondante svolgimento di vapore e l'ebollizione, come prima, quando torni ad elevarsi la temperatura.

7. *Mie sperienze.* — Io ho voluto ripetere per mia istruzione, la massima parte delle sperienze di Bellani e di Gernez, ma per lo scopo che io mi proponeva, quello cioè di trovare un

(1) *Annali di Fisica di Pavia*, 1809 e Belli, *Corso elementare di Fisica sperimentale*, t. II, p. 384 e seg. Le sperienze ed i lavori di Bellani sono dimenticati, e gli autori citano a questo proposito, le sperienze di Gernez che sono una ripetizione di quelle di Bellani, e fatte 66 anni più tardi.

(2) *Mém. sur la cohésion des liquides et sur leur adhérence aux corps solides*, t. xvII des *Mém. couronnés et des savants étrangers de l'Acad. des Sc. de Bruxelles*, présentée à la séance du 2 décembre 1843.

(2) *Bibl. Univ. de Genève*, nouvelle série, t. 21.

rimedio contro le esplosioni delle caldaie per surriscaldamento, ho dovuto fare uno studio che gli sperimentatori che mi precedettero non hanno fatto. Io ho studiato l'influenza della grandezza e della forma interna del tubo o vaso qualunque capovolto nell'acqua; non mi contentai di sperimentare con tubi di vetro, ma provai pure piccoli vasi metallici, ed ho verificato: 1° Che l'effetto, che producono tali tubi e vasi, non dipende dalla materia adoperata, ma dall'aria contenutavi; 2° Che più il tubo o vaso è grande e più grosse sono le bolle di vapore che ne escono, ma più rade; 3° Che se il vano interno del tubo o del vaso si assottiglia superiormente in punta, la durata dell'attitudine di esso a facilitare l'evaporazione pare indefinita, mentre se termina in forma rotondeggiante, qualche volta la sua azione cessa dopo un certo numero di ore; 4° Un fascio di piccoli tubi di vetro saldati ad un manico pure di vetro, tutti coll'apertura rivolta all'inghiù, oppure un cilindro di ottone, di rame o di ferro con un gran numero di forellini di un millimetro a due di diametro e di forma conica, fatti nella base inferiore parallelamente all'asse del cilindro, messo nell'acqua bollente in un matraccio di vetro, dà luogo ad un'abbondantissima produzione di vapore; 5° Fatta scaldare l'acqua nel solito matraccio con entrovi un termometro, si vede che questo viene a segnare talvolta 104 a 105° prima che l'acqua mandi fuori degli sbuffi di vapore, bollendo a sbalzi; appena vi si introduce il cilindro metallico descritto, l'ebollizione si fa per un istante vivissima e continua subito dopo regolarmente senza sbalzi, e la temperatura dell'acqua discende tosto di alcuni gradi; togliendo e rimettendo quante volte si voglia il cilindro nell'acqua, si ripetono sempre e nello stesso senso le alternative dell'ebollizione a sbalzi con elevazione, e dell'ebollizione regolare con abbassamento di temperatura.

Ora è questione di sapere quale sia la durata dell'attitudine dei tubi di vetro e dei cilindri metallici a produrre l'effetto descritto. Gli sperimentatori che mi precedettero in questa ricerca operarono solo col vetro, e dicono questa durata indefinita, avendola sperimentata per oltre 24 ore. L'ho sperimentata io pure molte volte su cilindri di ottone per più di un giorno senza che il buon effetto cessasse, ed una volta lasciai il cilindro nell'acqua bollente e bollita per 82 ore, cioè da mezzogiorno del 6 marzo 1884 fino alle 10 di sera del 9 dello stesso mese; l'acqua bollì 53 ore, cioè 9 ore il primo giorno, 14 ore e mezzo per ciascuno dei due giorni successivi e 15 ore nell'ultimo giorno. Quando misi il cilindro nell'acqua il primo giorno, questa bolliva a forti e lenti sbalzi, ed il termometro che vi stava dentro segnava 105°. Col cilindro la ebollizione si fece regolare e la temperatura di-

scese prontamente a 100° ed oscillò, durante le ore di ebollizione fra 99°·3 e 100°·5. La pressione barometrica nel frattempo discese da 739<sup>mm</sup>·7 a 734·1. Alle 10 di sera del giorno 9, tolto il cilindro, la temperatura salì a 102°.

Ho ripetuto questa medesima speriienza, cominciando dal 4 corrente dicembre, con due matracci, uno munito di cilindro, e l'altro no. Nei primi 12 giorni la temperatura del primo variò da 100°·5 a 101°·2 e quella del secondo da 101 a 104, e la pressione da 739·1<sup>mm</sup> a 750·5. Alla fine del 12<sup>mo</sup> giorno l'acqua del primo matraccio cominciò a bollire un po' a sbalzi come quella del secondo, ed al principio del 13<sup>mo</sup> giorno il cilindro ha cessato di agire come prima. Ora sto facendo nuove prove; ma si vede intanto che il cilindro può agire da buon vaporizzatore per 10 a 12 giorni.

Naturalmente io andava alimentando il matraccio con nuova acqua portata alla temperatura dell'ebollizione in un vaso a parte. Aggiungerò che adoperai in tutte queste sperienze acqua potabile, la quale lasciava depositi abbastanza copiosi. Questi depositi, allorché faceva bollire l'acqua nel matraccio per due o tre giorni senza il cilindro, aderivano fortemente al vetro formando una crosta che non si può staccare colla semplice lavatura e nemmeno raschiando; mentre al contrario quando l'acqua bolliva con entrovi il cilindro metallico, i depositi si mostravano come una polvere libera sul fondo del vaso, e non aderivano che in alcune parti di questo.

Nello scopo di conoscere se l'acqua produca maggior copia di vapore quando bolle a sbalzi e a temperatura più elevata o quando bolle regolarmente col cilindro metallico, ho fatto la seguente speriienza. Mantenendo costante la fiamma del gas sotto il matraccio, pesava prontamente questo col l'acqua bollente, e poi lasciava continuare l'ebollizione per 10, 20 o 30 minuti alternativamente con e senza il cilindro metallico, e pesava tosto di nuovo. La differenza dei due pesi mi dava la quantità del vapore generato nell'intervallo. Ho ripetuto molte volte questa operazione ed ho sempre trovato che, nei limiti degli errori probabili, a parità di tempo si consuma la stessa quantità di acqua nei due casi, cosicché la quantità di vapore generato è la stessa col cilindro, a temperatura più elevata, come senza cilindro, a temperatura più elevata. Ma vi ha una differenza, di cui importa tener conto: col cilindro, il vapore si forma tutto nell'interno del matraccio, e senza cilindro saltano fuori goccioline acquee che si evaporano nell'aria.

8. *Esplosioni per surriscaldamento.* — Le esplosioni delle caldaie avvengono più frequentemente o alla ripresa del lavoro, dopo un riposo più o meno lungo della macchina, o durante il

riposo stesso. Anche l'apertura della valvola può dar luogo all'esplosione. Arago, nella *Notizia* sulle esplosioni delle caldaie (1) cita varii disastri avvenuti durante il riposo della macchina ed anche all'atto dell'apertura della valvola. Gaudry (2) afferma che « un grandissimo numero, anzi il massimo numero di accidenti succede durante il riposo della macchina, o immediatamente dopo. Essi sono più rari durante il periodo attivo della macchina, allorchè vi ha corrente di vapore dalla caldaia al cilindro e tutti gli organi sono in movimento e scuotono l'apparecchio. Tali accidenti avvengono pure con maggior frequenza nelle macchine fisse, che non nelle mobili ». E altrove lo stesso autore dice: « Egli è alla ripresa del lavoro, in seguito alle sospensioni pel riposo degli operai, che le esplosioni succedono più frequentemente ».

Or bene, il riposo della macchina o l'apertura della valvola, e la ripresa del lavoro sono precisamente le circostanze in cui più facilmente si genera il surriscaldamento dell'acqua nella caldaia. Alla ripresa del lavoro il surriscaldamento avviene per elevazione di temperatura. Invero l'acqua, durante il riposo, è divenuta tranquilla, intorpidita o dormente, come si esprimono alcuni. Essa inoltre per la precedente ebollizione ha perduto l'aria che conteneva e più difficilmente può bollire. Il macchinista per attivare la macchina spinge il fuoco; ma senza ebollizione il vapore si genera meno abbondantemente, la macchina non si muove; si aggiunge nuovo combustibile e si spinge la temperatura dell'acqua al di là del limite corrispondente alla pressione del vapore. Ecco il surriscaldamento. Basta allora una minima scossa, una minima causa, per determinare l'ebollizione ed il repentino passaggio di un'enorme quantità di acqua allo stato di vapore. Può succedere l'esplosione.

Durante il riposo della macchina il surriscaldamento avviene per diminuzione di pressione. Invero durante il riposo, la caldaia, l'acqua ed il vapore vanno raffreddandosi. Il vapore, più lontano dal focolare e dotato di minor calore specifico che l'acqua, si raffredda più prontamente e la pressione che esso esercita sull'acqua va scemando. Finchè questa è in agitazione e bolle, si raffredda essa pure per evaporazione; ma Dufour (3) ha dimostrato che i liquidi s'intorpidiscono molto più facilmente per diminuzione di pressione, che non per elevazione di temperatura. Arriverà un momento in cui l'acqua cessa di bollire, ed il suo raffreddamento diverrà più lento che non la di-

minuzione della corrispondente forza elastica del vapore. Nasce così il surriscaldamento, che può terminare con un disastro.

In simile maniera si spiegano le esplosioni che avvengono all'apertura della valvola. La pronta uscita ed il raffreddamento del vapore fanno scemare d'un salto la pressione sull'acqua, e l'evaporazione di questa può farsi come nel caso del surriscaldamento.

Dufour riporta una lettera di Chavannes-Burnat, il quale osservò in due macchine, durante il riposo, dei salti di pressione che comprovano la spiegazione data. Erano due macchine della forza di 4 a 5 cavalli ciascuna, a caldaia verticale, focolare interno, colla camera di fumo nella parte superiore. Contenevano un piccolo volume d'acqua e lavoravano a 4 atmosfere. La camera di vapore era piccolissima, e l'alimentazione doveva essere quasi continua. Queste caldaie inquietavano alquanto il suo proprietario, il quale dopo l'estinzione dei fuochi restava spesso ad osservarle. Più d'una volta gli accadde di osservare nel manometro l'abbassamento di un'atmosfera ed anche più, e poi tutto ad tratto rialzarsi la pressione. Una volta dopo un rapido abbassamento si sono anche aperte le valvole di sicurezza. Dopo una diminuzione di pressione, un colpo di martello sulla caldaia la faceva di nuovo aumentare d'un salto.

Le macchine che presentarono i fenomeni descritti sono di un tipo che non si rinnova frequentemente, ma il fenomeno può prodursi in qualunque macchina, sebbene in iscala differente, la causa essendo comune a tutte.

9. *Rimedi prima d'ora proposti.* — I rimedi contro i pericoli derivanti dal surriscaldamento sono di due sorta: 1° preventivi, 2° di avvertimento. I preventivi sono di gran lunga i migliori; essi tendono ad impedire che il surriscaldamento avvenga e quindi a togliere ogni pericolo d'esplosione; quelli di avvertimento sono destinati a far conoscere a colpo d'occhio, in caso d'inazione dei primi, se per avventura il surriscaldamento nella caldaia sia avvenuto.

Donny (1), pel primo, disse che basterebbe mantenere un filo di aria a traverso alla massa liquida per impedire ogni surriscaldamento. Egli aveva piena ragione, ma non propose nessun mezzo per ottenere l'intento.

Mangin (2) suggerisce, come prima precauzione, d'impiegare soltanto caldaie così disposte, che in virtù di differenze di temperatura si producano in esse delle correnti regolari e costanti. Sarebbe un bel metodo di evitare il torpore o l'addormentarsi dell'acqua, ma esso non è appli-

(1) Luogo citato.

(2) *Comptes-Rendus*, 1862, e *L'Institut*, 1862, p. 88.

(1) *Annuaire du Bureau des Longs.*, 1830.

(2) *Traité des machines à vapeur*, t. 2°, p. 121.

(3) Luogo citato.

cabile alle macchine già esistenti, ed è anche di difficile riuscita nelle macchine nuove che si volessero costruire con tal principio. Una seconda precauzione suggerita da Mangin consiste nel non chiudere mai ermeticamente una caldaia in riposo, conservando sempre o la valvola di sicurezza leggermente sollevata, od un rubinetto di vapore alquanto aperto, onde la massa liquida sia sempre obbligata a somministrare una certa quantità di vapore, e le sue molecole non possano raggiungere lo stato di riposo; sulle locomotive, durante le fermate, basterebbe lasciare alquanto aperto il rubinetto del tubo pel quale si conduce il vapore al tender.

Dufour (1) propose di mantenere attraverso all'acqua della caldaia una corrente elettrica con una pila di cui la caldaia stessa potrebbe costituire uno degli elementi. I gas che si formerebbero in modo continuo per la decomposizione dell'acqua manterrebbero pure in modo continuo la ebollizione alla temperatura minima corrispondente alla pressione attuale, e sarebbero evitate le esplosioni.

Gernez (2) dice che si eviterebbero sicuramente questi accidenti introducendo di quando in quando nella caldaia delle materie porose, apportatici di aria, o dei pezzetti di zinco per generare dell'idrogeno.

Warshopp (3) assicura che iniettando con una tromba dell'aria nell'acqua della caldaia si evita il pericolo dell'esplosione e si ottiene un grandissimo risparmio. Autier (4) otterrebbe un risultato consimile mescolando l'aria ed i gas della combustione coll'acqua prima d'introdurla nella caldaia.

Il capitano di vascello Tréve (5) propose due

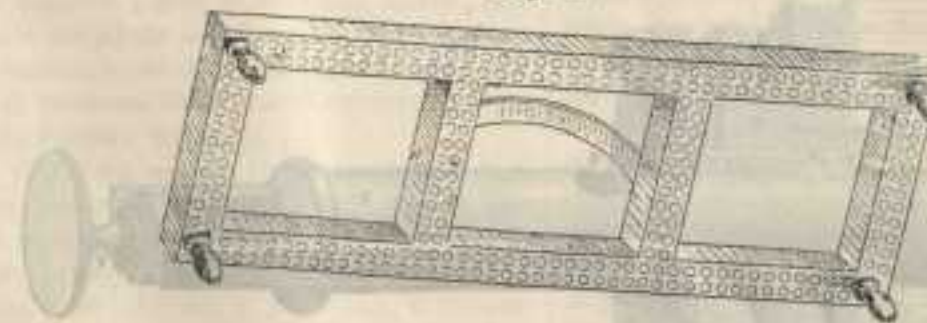
rimedi; 1° iniettare (ogni mattina ed ogni volta che si riprende il lavoro) dell'aria nella caldaia con una tromba premente; 2° munire la caldaia di un termometro che indichi in modo continuo la temperatura del liquido. Dal confronto delle indicazioni di questo termometro con quelle del manometro riescirà facile di riconoscere, colle tavole di Régnault, se il surriscaldamento abbia luogo o no.

Le precauzioni suggerite da Mangin sono preventive. Ma saranno esse efficaci per lo scopo? Io ne dubito assai. In vero, se la esplosione della caldaia in riposo avviene perchè in essa il vapore si raffredda più rapidamente che l'acqua, questo disequilibrio di temperatura sarà favorito dallo sfogo che si lascia al vapore per una parte delle valvole o dei rubinetti, ed il pericolo di disastro sarebbe piuttosto accresciuto, che non diminuito.

Quanto al termometro, esso sarebbe, secondo me, uno strumento preziosissimo, se nella caldaia non si adoperasse che acqua distillata e purissima. Allora vi sarebbe corrispondenza delle temperature e delle pressioni secondo le tavole di Régnault. Ma nella macchina si fa uso di acque differenti, che anche sotto la medesima pressione entrano in ebollizione a differenti temperature, ed oltre a ciò i sali, nelle diverse acque contenuti, per l'evaporazione si concentrano e fanno crescere anche di più gradi la temperatura del liquido bollente sotto una costante pressione. Per questa ragione il termometro mancherà allo scopo, e potrebbe divenire per gli utenti un allarme continuo.

In quanto alla pila di Dufour, ai corpi porosi ed allo zinco suggeriti da Gernez e da altri, pare che

Fig. 1.



i pratici non abbiano loro dato molta importanza, e forse ne hanno ragione, in causa degli incomodi che trarrebbe seco l'applicazione di tali mezzi.

10. *Proposta di un nuovo rimedio.* — Se non m'inganno i miei studi e le mie sperienze intorno a questo problema mi hanno fatto scoprire un rimedio quanto semplice, altrettanto efficace, che

(1) Luogo citato.

(2) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 1875.

(3) *Mondes*, 3° vol. del 1870.

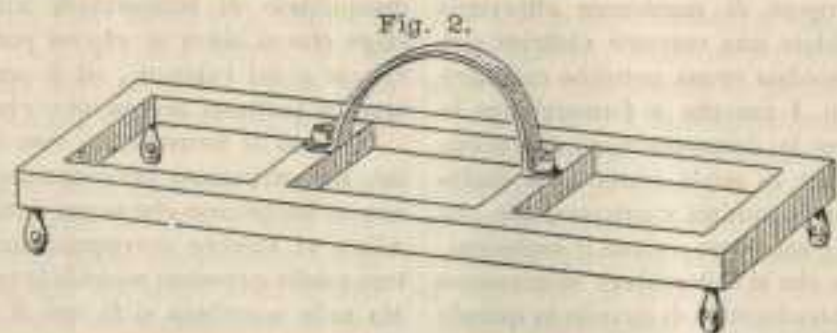
(4) *Mondes*, 3° vol. del 1871.

(5) Luogo citato.

non costa che piccola moneta, si può applicare a qualunque macchina nuova o vecchia, non richiede l'opera di nessun meccanico per la sua applicazione, non dà noia od incomodo a chi se ne serve, ed il quale, oltre ad impedire in modo assoluto le esplosioni generate dal surriscaldamento, rende molto più regolare lo sviluppo del vapore e l'azione della macchina, e produce un notevole risparmio di combustibile. Esso consiste in un piccolo telaio metallico (*figure 1 e 2*), al quale ho dato il nome di *vaporizzatore*. Quello che ho fatto costruire è di ottone, ma può farsi di

ferro, di bronzo, ecc. Tale, quale è, esso può servire per qualunque caldaia. Nei casi speciali esso può farsi più lungo, più largo, di qualunque forma. Piccolo o grande, esso previene in ogni caso le esplosioni per surriscaldamento; ma in qualità di vaporizzatore economico agisce tanto più efficacemente, quanto maggiore è la parte del fondo della caldaia coperta dalla rete da esso formata.

La *figura 1* mostra la faccia inferiore del vaporizzatore munita di piccoli buchi di forma conveniente. Questa è la faccia che deve essere collocata rivolta all'ingiù sul fondo della caldaia. Quattro piedi ai vertici tengono il telaio di-



(1) I risultati delle mie sperienze dimostrano che il descritto vaporizzatore può garantire le caldaie per 10 a 12 giorni senza che venga rinnovata l'aria ne' suoi forellini. Estraendolo adunque dalla caldaia una volta alla settimana per ripulirne i forellini con una spazzola, e rimettendolo a posto, esso ci assicura contro il pericolo delle esplosioni dovute al surriscaldamento. Quindi l'applicazione del medesimo alle caldaie, nelle quali si lascia raffreddare l'acqua a periodi non maggiori di una settimana, non presenta difficoltà; basterà ripulirlo e rimetterlo nella caldaia ad ogni volta che si riaccende il fuoco pel riscaldamento dell'acqua.

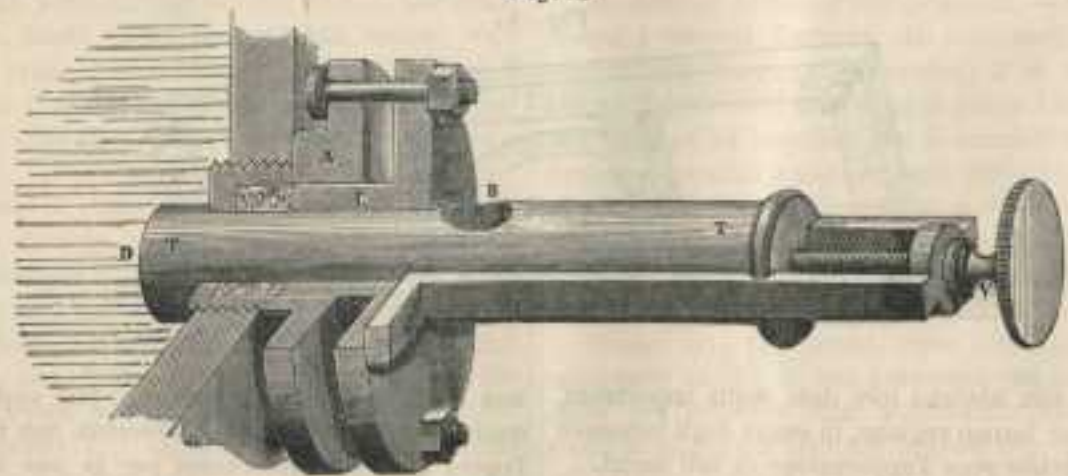
stante dal fondo per uno o due centimetri. La *figura 2* rappresenta il vaporizzatore nella posizione ch'ei deve avere nella caldaia. La lunghezza di questo vaporizzatore è di 19cm e la larghezza di 7. I vani tra i lati e le traverse servono di sfogo al vapore che abbondantissimo si forma sotto il telaio. La faccia opposta a quella che porta i buchi è munita di un manico, vuoi per la comodità di collocare il vaporizzatore nella caldaia e per estrarnelo, vuoi per impedire che lo si metta nell'acqua cui buchi rivolti all'insù, nella quale posizione esso non avrebbe alcuna efficacia (1).

Fig. 2.

Per le caldaie, nelle quali il vapore si mantiene ad alta tensione per più di una settimana, si potrà applicare il vaporizzatore a corsoio (*fig. 3*) di sicura riuscita in tutti i casi. La parte essenziale di esso consiste nel cilindro TT, che può farsi scorrere longitudinalmente entro ai pezzi A, C, colla vite V. Il pezzo A, fissato a vite nella parete della caldaia, tiene a posto tutto l'apparecchio. Il pezzo C serve a premere la stoppa la quale chiude ermeticamente il vano in cui scorre il cilindro TT.

Il cilindro è pieno, ma verso la metà della sua lunghezza ha un'incavatura a guisa di tubo con un'apertura B rivolta

Fig. 3.



all'insù, e con un forellino sul lato inferiore sotto a B, inserviente all'uscita dell'acqua dal tubo.

Il vaporizzatore consiste in un prisma rettangolare di ottone alto due centimetri, e lungo e largo da tre a quattro. Nella sua faccia inferiore sono praticati molti forellini conici della profondità di 8 a 10 mm. coll'apertura esterna di uno a due.

Il vaporizzatore si fissa nella cavità B coi forellini rivolti all'ingiù, il che fatto, si spinge colla vite V il cilindro T in modo che l'apertura B si trovi dentro la caldaia.

Sarà utile applicare al pezzo A, verso l'interno della caldaia, un tubo un po' più grande del cilindro T, che si prolunghi verso il centro della massa acqua e porti fin là il vapore uscente da B. Se nella parete di tale tubo saranno praticati qua e là vari forellini, l'effetto sarà anche migliore.

Adattato questo apparecchio alla caldaia a piccola distanza dal fondo della medesima, si dovrà ogni mattina tirar fuori il vaporizzatore, pulirne i buchi con una spazzola, rimetterlo a posto in B e rimandarlo dentro alla caldaia.

Ho già detto che si può dare ai vaporizzatori forma e dimensioni qualunque. È però utile che la forma sia simile a quella che ha la parte del fondo della caldaia a cui sovrasta il vaporizzatore e che questo sia munito di piedi che lo tengano di uno a due centimetri distante dal fondo. In questo modo il vapore che violentemente scaturisce dai forellini del vaporizzatore agita continuamente i depositi dell'acqua e non permette che si formino e si assodino gli incrostamenti.

Non vorrei poi che si dicesse che le sperienze, su cui sono hasate le precedenti conseguenze, sono state fatte in vasi di vetro, mentre le caldaie sono di tutt'altra materia, e potrebbero i fatti succedere in modo ben differente. Molto più facilmente si produce il surriscaldamento nei vasi di vetro, che non in quelli di ferro o di rame, e se il mio vaporizzatore impedisce il surriscaldamento nel vetro, a fortiori deve impedirlo nei metalli.

Noterò ancora che il vaporizzatore produce economia di combustibile per tre ragioni: 1° perchè per la sua azione l'acqua bolle a temperatura meno elevata di quella che occorrerebbe senza di esso; 2° perchè essendo, in conseguenza, minore la differenza di temperatura tra la caldaia e l'ambiente, si perde meno calore per contatto e per irradiazione; 3° perchè il vaporizzatore impedendo l'ebollizione a sbalzi, non permette il passaggio di gocce d'acqua nella camera di vapore.

Aggiungerò ancora, terminando, che gli utenti, anche col uso del mio vaporizzatore, non debbono tralasciar d'invigilare circa le altre cause di esplosione che sopra ho menzionato (n. 2). Sottopongono a diligente esame le macchine nuove, sorvegliano le adoperate con frequenti visite dentro e fuori, veglino a che tutti gli organi e gli apparecchi di sicurezza funzionino a dovere; ed allora potranno riposare tranquilli.

11. *Obiezioni.* — Ora che ho esposto le logiche conseguenze di fatti solidamente stabiliti esaminerò le osservazioni fatte in senso contrario alle mie idee da persone autorevoli e pratiche dell'argomento. Esse riduconsi a poca cosa, e trovansi per così dire compendiate nella comunicazione fatta alla Società delle scienze industriali di Lione nella seduta del 23 maggio 1883 dall'ingegnere Bour (1).

Nel sesto Congresso degl'Ingegneri in capo delle Associazioni di proprietari di apparecchi a vapore tenuto a Parigi nel 1881, il signor Bour riuscì a far adottare le conclusioni seguenti:

1° *Non sembra dimostrato*, fino ad ora, che si possa trovare, nelle caldaie a vapore in

attività industriale, dell'acqua ad una temperatura superiore a quella che corrisponde alla pressione.

2° Non bisogna ammettere senza una grande circospezione nuove teorie sulle esplosioni le quali, se bene osservate, *possono quasi sempre spiegarsi* nello stato attuale delle nostre cognizioni.

Queste conclusioni furono adottate contro le teorie dei signori Obé e Lawson pubblicate nel 1881, e che io non conosco, ma che il signor Bour dice somiglianti a quella del capitano Trève.

Io farò notare che la quistione presente non data dal 1881, ma dal 1809, quando Bellani pubblicò le sue sperienze sull'ebollizione dell'acqua, e fu richiamata in vita nel 1848 da Donny; Gernez, forse senza conoscere i lavori di Bellani, ripeté in gran parte le cose dette da lui, e ciò 66 anni dopo. Mangin, sopra citato, sollevò egli pure ed in modo più esplicito la presente quistione fin dal 1862. Ma venendo alle conclusioni del Congresso di Parigi, comincerò dal far notare che la prima deliberazione dice: *non sembra dimostrato* che l'acqua nelle caldaie possa trovarsi allo stato di surriscaldamento. Ciò interpretato retamente significa che, per quanto constava ai membri del Congresso, nessuno ha mai dimostrato che l'acqua *non possa* trovarsi nelle caldaie allo stato di surriscaldamento. Questa sola considerazione toglie ogni valore alla conclusione di cui si tratta.

Nella seconda deliberazione poi si dice che le esplosioni *possono quasi sempre spiegarsi* nello stato attuale delle nostre cognizioni. Una cosa, che può *quasi sempre* spiegarsi, non si spiega *sempre*. Dunque esistono dei casi di esplosione che non si sanno spiegare da coloro che non ammettono il surriscaldamento dell'acqua nelle caldaie, mentre chi lo ammette dà la spiegazione di *tutte*.

Apparisce da ciò che le conclusioni dei congressisti non hanno nessun valore. Del resto non si può negare che l'acqua in alcuni casi venga surriscaldata. Tutte le sperienze citate nel corpo della presente dissertazione ne sono una prova. Si potrebbe dire che le sperienze di gabinetto sono fatte in piccolo e per lo più in vasi di vetro, mentre le caldaie contengono grandi quantità di acqua e sono di sostanze metalliche. Ma anche questa obiezione non regge; infatti stanno contro di essa le osservazioni di Chavannes-Burnat, citate da Dufour (n° 8), le quali non si possono in altro modo ragionevolmente spiegare se non ricorrendo al surriscaldamento.

Il signor Bour e tutti quelli che sono del suo parere non vorranno negare, spero, l'avvenimento di esplosioni durante il riposo (n° 8), nè di quelle che accadono nell'atto di aprire una valvola. Come spiegano essi *nello stato attuale delle nostre*

(1) *Sur la Note présentée à l'Académie des Sciences par M. le Commandant Trève.* Lyon, Imprimerie de A. Storck, 1883.

cognizioni e senza ammettere il surriscaldamento, queste esplosioni? Le sperienze di Dufour ed anche le mie sullo stato sferoidale (1) provano che il surriscaldamento avviene spesso per diminuzione di pressione e somministrano la più semplice e la più naturale spiegazione di quelle esplosioni.

Aggiungerò che non è vero che le sperienze di gabinetto siano state fatte solo in vasi di vetro e su piccole quantità di acqua. Posso a questo proposito citare le mie stesse sperienze, che feci in due vasi cilindrici di rame, appositamente costruiti, del diametro di 20 e dell'altezza di 50 cm, nei quali faceva bollire dell'acqua potabile. Debbo premettere, a questo proposito, che il vaporizzatore sopra descritto non è il primo apparecchio che io abbia ideato onde prevenire le esplosioni per surriscaldamento. Come si trattava di far penetrare e mantenere nell'acqua della caldaia un po' d'aria in un vaso capovolto, così feci costruire un rubinetto che, adattato alla macchina, permetteva, col mezzo di una frazione di giro di un manubrio, di conseguire l'intento. Il capitano Trève vide a Torino questo rubinetto e ne approvò il principio. Per dimostrarne l'efficacia io applicai il rubinetto ad uno dei due cilindri di rame ora descritti, li riempii tutti e due di acqua, che feci bollire lentamente per qualche tempo onde privarla di aria. Dopo questa operazione versava sull'acqua dei due vasi una strato d'olio per sottrarla al contatto dell'aria. Allora riattivando il fuoco, osservava la temperatura a cui l'acqua bolliva nei due vasi, ed ho sempre trovato la temperatura d'ebollizione nel vaso munito del rubinetto con aria, minore di quella dell'altro vaso; la differenza saliva talvolta ad una frazione di grado e talvolta anche ad uno e due gradi.

Nelle caldaie le condizioni che favoriscono il surriscaldamento si producono assai più facilmente che non nella sperienza precedente, e il negare la possibilità di un tale stato dell'acqua nelle caldaie è un voler chiudere gli occhi all'evidenza.

Ma se le cose stanno a questo modo, perchè non succedono quotidianamente delle esplosioni? Così ho sentito a dire da più ingegneri. La risposta fu già data molti anni addietro da Dufour. Se frequente è nelle caldaie il surriscaldamento di pochi gradi, fortunatamente è rado assai quello di tanti gradi, quanti occorrono per l'esplosione, e non dobbiamo per ciò starne meno in guardia.

La teoria che ho esposto fu unanimamente ammessa da tutti i fisici che si occuparono di questo argomento da Bellani in poi. Quasi ad ogni esplosione di caldaia, essa viene da qualcheduno

(1) Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino, volume xIx, adunanza del 9 marzo 1884, e *Sette Studi* di Gio. Luvini, Torino, Tipografia Roux e Favale, 1884.

ricordata al pubblico; se ne fa un parlare di pochi giorni, e poi tutto ricade nell'oblio. Ma che questa non sia cosa da dimenticarsi tanto facilmente mi fanno fede i molti eccitamenti, che ho ricevuto da varie parti ad occuparmi di questo soggetto in seguito ad un mio articolo pubblicato nella *Gazzetta Piemontese*.

Potrei citare, in proposito, molte corrispondenze, ma mi limiterò a riferire il seguente brano di una lettera dell'illustre fisico di Gand, Plateau, scrittami poche settimane prima della sua morte: *J'ai pris connaissance, dice egli, de votre article sur les explosions foudroyantes. L'attention est dirigée maintenant sur ce déplorable phénomène, et moi qui ai été témoin de l'expérience si curieuse de M. Donny, je ne doute pas que la théorie que vous défendez ne soit la véritable; j'espère donc qu'on y aura égard, et qu'à l'avenir on n'entendra plus parler de ces formidables explosions* (1).

(1) La discussione fatta dopo la lettura della presente memoria nel seno della Società mi fece conoscere il Rapporto presentato alla Commissione centrale delle macchine a vapore a Parigi dalla Sottocommissione incaricata degli studi e delle sperienze relative all'acqua surriscaldata (*Annales des Mines*, 8<sup>e</sup> série, t. v, p. 171). La Sottocommissione, con tutti i mezzi tentati, non è riuscita a far surriscaldare l'acqua in una caldaia. E questo un risultato negativo, che dimostra l'ignoranza nostra intorno alle condizioni in cui il surriscaldamento nelle caldaie avviene, e da cui si può anche dedurre, come già notò Dufour, che, se tale surriscaldamento avviene, esso è fortunatamente ben raro.

Dalla statistica dei disastri avvenuti in Francia dal 1878 al 1882, riferita a p. 179 del Rapporto, risulterebbe che il numero delle esplosioni, di cui non si riconobbe la causa, sarebbe di 13 su 161. Le cause riconosciute si riferiscono tutte a difetti di costruzione, di esercizio o d'impiego degli apparecchi. La metà delle 13 esplosioni inesplorate sarebbe dovuta a cause varie e simultanee, senza che si sappia specificare quale sia la vera, cosicchè le esplosioni di causa interamente sconosciuta non ammontano che a 3 o 4 per cento. Ma è poi sicura la Sottocommissione che le spiegazioni date siano tutte giuste? Io ammetto che sia verificata e ben constatata l'esistenza dei difetti ai quali si attribuisce un'esplosione; ma chi ci assicura che questi difetti siano stati la vera causa di essa? Se il surriscaldamento non potesse avvenire nelle macchine difettose, il ragionamento della Sottocommissione sarebbe concludente; ma se avviene, scoppieranno più facilmente le macchine difettose che non le altre.

Nel rapporto si dà molta importanza a ciò che non si è mai dimostrato che il surriscaldamento si sia prodotto nelle caldaie dell'industria; ma qui pare che i Commissari non abbiano letto il lavoro di Dufour, che pur citano. L'esempio, che ho riferito al n° 8 e che ho preso da Dufour, delle due caldaie di Chavannes-Burnat parla troppo chiaramente, e sarebbe desiderabile che la Commissione centrale delle macchine a vapore di Parigi lo prendesse in considerazione.

Io suggerisco il seguente esperimento: Si munisca il manometro di differenti caldaie di un registratore autografico, e si osservino per alcuni mesi le curve delle pressioni durante il riposo ed il raffreddamento delle macchine. L'esam-

di tali curve potrà essere di utile insegnamento, tanto più se alcune delle caldaie sottoposte ad esperimento sono munite del mio vaporizzatore a corsoio ed altre no, per poter fare il confronto.

Le conclusioni della Sottocommissione sono quasi identiche con quelle del congresso del 1881, ma la Sottocommissione ebbe la prudenza di fare la seguente dichiarazione: *Est-ce à dire pour cela que tout soit faux dans cette hypothèse de la surchauffe appliquée aux générateurs à vapeur? Il serait téméraire de l'affirmer* (p. 201), e aggiunse un po' dopo (p. 202): *Il serait désirable que l'attention des Ingénieurs de l'État fût attirée sur ces questions intéressantes, à fin qu'il renseigne l'Administration sur tous les faits relatifs à la surchauffe qui pourront venir à leur connaissance*.

I giornali segnalano un nuovo mezzo infallibile per impedire qualunque esplosione di caldaie. Esso consiste nella valvola immaginata dal signor Barbe, della quale viene munita la caldaia nella sua parete inferiore. Io reputo utilissimo questo mezzo tutte le volte che la pressione del vapore non cresce per salti e la caldaia non ha parti che cedano a pressione inferiore a quella a cui s'apre l'otturatore-valvola. Ma nel caso del surriscaldamento lo scatto del vapore è così pronto e violento in tutte le parti della massa acqua che la nuova valvola non darà sfogo sufficiente nè impedirà l'esplosione.

Ing. Prof. GIOVANNI LUVINI.

