

G 90

Per. 3523
5

LE MATERIE ESPLOSIVE IMPIEGATE NELLE MINE



DISSERTAZIONE

presentata alla Commissione Esaminatrice

DELLA R. SCUOLA D'APPLICAZIONE PER GL'INGEGNERI IN TORINO

DA

FRANCESCO GARRASSINI GARBARINO

DI FINALMARINA

per ottener il Diploma di Laurea

DI

INGEGNERE CIVILE



TORINO

TIPOGRAFIA DI GIULIO SPEIRANI E FIGLI

1873.



THE NATIONAL ARCHIVES COLLEGE PARK, MARYLAND

RECORDS SECTION

UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR
BUREAU OF LAND MANAGEMENT

LAND ACQUISITION RECORDS

1864-1865

UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR

BUREAU OF LAND MANAGEMENT

LAND ACQUISITION RECORDS

A VOI
O DILETTISSIMI GENITORI
CUI DEBBO LA SOSPIRATA GIOIA DI QUESTI GIORNI
SIA SACRO IL PRIMO FRUTTO
DEI MIEI STUDI
E DELLE VOSTRE AMOREVOLI CURE.

LE MATERIE ESPLOSIVE

IMPIEGATE NELLE MINE

Generalità.

Gli effetti meccanici che si richiedono dalle materie esplosive sono dovuti a che queste sostanze, alloraquando se ne provochi in un modo qualunque la deflagrazione, sviluppano in un tempo più o meno breve considerevoli quantità di prodotti gassosi, il volume dei quali è ancora enormemente aumentato dalla elevata temperatura che si produce nell'atto stesso della esplosione. Questa reazione è per alcuni di questi corpi di una rapidità così straordinaria, che fu loro dato il nome di corpi *fulminanti*; e di questi appunto si propose in questi ultimi tempi la sostituzione alla polvere comune ogniqualevolta si abbisogni di potente forza dilaniatrice senza che però si richieda alcuna regolarità nella sua azione; è questo il caso che si presenta nelle mine.

In due grandi classi possono distinguersi le materie esplosive; la prima comprende quelle che esplodono in virtù di

una rapida dissociazione dei loro componenti elementari; la seconda quelle che esplodono in conseguenza di una vera combustione dei principii che le costituiscono.

Quanto alla prima classe, nessuna delle sostanze che vi appartengono, anche astrazion fatta dal loro prezzo abbastanza elevato, e dai pericoli cui si è soggetti nel maneggiarle, può servire agli usi pratici dell'ingegneria; la loro azione si esercita a distanze poco considerevoli, e nel tempo stesso è così soverchiamente istantanea da polverizzare quanto è con esse a contatto. Si possono citare come esempi di queste sostanze il *cloruro*, il *bromuro*, ed il *ioduro d'azoto*, alcuni ammoniuri metallici specialmente d'oro e di argento, e finalmente, più importanti di tutti, i *fulminati* di argento e di mercurio.

Le materie esplosive raccolte nella seconda categoria sono invece meglio adatte allo scopo del minatore, e per ciò fra queste vengono scelte quelle che furono e sono più adoperate. Noi possiamo suddividerle ancora in due sottogruppi; al primo si riferiscono i miscugli di corpi differenti gli uni combustibili, gli altri comburenti, che hanno come tipo la *polvere da fuoco*; l'altro consta di certe chimiche combinazioni così ricche in ossigeno, da provare nell'atto della esplosione una specie di combustione interna, ed a queste appartengono il *cotone fulminante*, la *nitroglicerina*, ed i composti congeneri.

Egli è appunto delle materie esplosive comprese in questa seconda classe che prendiamo a trattar brevemente; e per ciò cominceremo dalla polvere che, come il più antico di ogni composto pirico, fu per tanto tempo, ed è ancora generalmente oggidi, il solo agente di distruzione impiegato nelle mine.

I.

La polvere da mina.

La polvere, quale si è sempre adoperata e si adopera tuttodì, non è che un semplice miscuglio di solfo, carbone e nitrato di potassa, miscuglio che deve essere il più che possibile intimo affinchè questi materiali si trovino nelle migliori condizioni di mutuo contatto indispensabile per le reazioni pronte. Le proporzioni in cui questi tre componenti entrano nella costituzione della polvere non sono per nulla costanti, ma variano colle diverse fabbriche, e variano pure a seconda degli usi a cui la polvere è destinata; esse però oscillano sempre intorno ad una norma che la pratica insegnò, che la scienza approva e consiglia, e che darebbe alla polvere il massimo grado di perfezione.

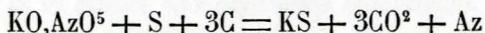
La prima importante questione che subito ci si presenta è quella di esaminare come si comportino gli uni cogli altri questi componenti della polvere allorquando ne venga provocata la combustione; e per ciò prendiamo ad esaminare la polvere tipo.

La fisica c'insegna che la forza cui è capace di produrre un miscuglio esplosivo nell'atto della sua detonazione, è in ragione diretta e del volume dei prodotti gassosi che si svolgono, e della temperatura a cui essi vengono generati; ne segue che la polvere atta a fornire i migliori risultati sarà quella per cui non solo la massa dei prodotti della combustione sia la più grande possibile, ma ancora questi prodotti si formino con svolgimento di massima temperatura; così per

esempio quando un peso determinato di carbonio brucia convertendosi in ossido di carbonio, produce una quantità di calore che è appena la terza parte circa di quella che esso potrebbe svolgere se si convertisse in acido carbonico, combinandosi cioè con una doppia proporzione di ossigeno; nel primo caso si sviluppano infatti 2474 calorie, 8080 nel secondo. Tenuto conto di queste osservazioni ne segue che la polvere dotata della massima forza esplosiva sarebbe quella che risulta dalla mescolanza di 1 eq. di nitrato di potassa, 1 eq. di solfo, e 3 eq. di carbonio, ossia su 100 parti da

Nitrato di potassa	74, 8
Solfo	11, 9
Carbone	13, 3

Considerando la reazione a cui questi tre corpi andranno soggetti nell'atto della combustione della polvere si vede facilmente che essa si può rappresentare colla equazione



e questo è appunto il risultato che dovrebbe dare una polvere teorica, la quale dovrebbe contenere la quantità di solfo esattamente necessaria per combinarsi col potassio e formare del monosolfuro di potassio, e tanto carbonio quanto ne occorre per formare coll'ossigeno tutto del nitro dell'acido carbonico.

Senonchè la pratica non conferma l'esattezza di questi risultati che la scienza ci presenta come frutto delle sue deduzioni; le proporzioni dei componenti che variano sempre, come fu già notato, e le impurità che inevitabilmente si incontrano, specialmente nel carbone, sono causa che nei pro-

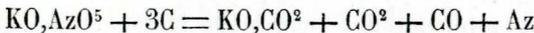
dotti della combustione si trovino dei corpi di cui le considerazioni teoriche non avvertivano la presenza. Infatti Chevreuil trovò che i gas generati dallo scoppio della polvere contenevano su 100 parti in volume

Acido carbonico	45, 41
Azoto	37, 53
Gas nitroso	8, 10
Acido solfidrico	0, 59
Idrogeno carburato	3, 50
Ossido di carbonio	4, 87

e Gay-Lussac vi trovò ancor esso il 5 per % di ossido di carbonio. La presenza di questo gas cotanto dannoso all'economia animale si rivela evidentemente ogniqualevolta per una medesima proporzione di solfo e di nitro si impieghi del carbone oltre la voluta misura; allora trovandosi a contatto l'ossigeno del nitrato di potassa ed il carbonio genereranno dell'acido carbonico, il quale poi reagendo ad alta temperatura col carbonio eccedente darà dell'ossido di carbonio. Così per esempio per 4 eq. di carbonio si avrebbe



La necessità di aggiungere il solfo al nitro ed al carbone, i quali anche da soli costituirebbero un miscuglio esplosivo, sta in ciò che il solfo combinandosi col potassio mette in libertà tutto l'ossigeno del nitrato di potassa, col quale poi il carbonio si converte in acido carbonico; infatti un miscuglio di 1 eq. di nitro, e 3 eq. di carbone senza solfo darebbe



donde si vede che 1 eq. di acido carbonico sarebbe perduto per l'effetto dinamico, e formerebbe carbonato di potassa, il quale resterebbe come residuo solido e fisso; di più anche la temperatura di combustione sarebbe meno elevata, poichè una parte del carbonio si convertirebbe solo in ossido di carbonio, e non in acido carbonico alla cui formazione corrisponde una massima elevazione di temperatura.

Il punto di accensione della polvere è a 250° e basta ad infiammarla il calor rosso, la scintilla elettrica, un colpo violento; la sua combustione quantunque avvenga in un brevissimo intervallo di tempo, non è però istantanea, siccome quella che procede da grano a grano e per istrati concentrici. La elevazione di temperatura che si produce al momento della esplosione è veramente enorme, essa può giungere secondo Bunsen e Schischkoff ai 2500°; ora da esperienze di Gay-Lussac risulta che un decimetro cubo di polvere produce 450 litri di gas alla temperatura di 0° e alla pressione normale di 0^m,76; si può quindi avere un'idea della potenza meccanica dei gas che si sviluppano, e si calcola che essa possa sorpassare le 4000 atmosfere. Dunque 1 chilogramma di polvere potrebbe produrre un lavoro effettivo di più che 60000 chilogrammetri.

La polvere da mina non abbisogna in generale di molta vivacità; in essa si richiede buon prezzo e grande sviluppo di gas, ma è bene anzi che il suo sforzo si eserciti gradatamente, poichè nella maggior parte dei casi l'effetto che si vuole ottenere è uno spostamento, uno squassamento della roccia; quindi è che meglio gioveranno a conseguire questo scopo quelle polveri che si dicono *fredde*, in cui cioè abbonda il solfo ed il carbone, poichè esse costano meno e si mostrano assai meno vive; notiamo però nello stesso tempo che queste

polveri generano maggior quantità di ossido di carbonio. Ma se la roccia fosse di natura porosa o schistosa bisognerebbe allora adoperare invece polveri vive, affinché i gas non abbiano tempo d'infiltrarsi nella sua massa e perdervisi senza produrre il loro effetto. Presso di noi la polvere da mina suol presentare la seguente composizione

Nitro	66, 67
Solfo	18, 75
Carbone . . .	14, 58
	<hr/>
	100, 00

La polvere da mina è sostanza di cui si fa considerevole consumo, ed è per ciò che il poter trovare una composizione, il costo della quale fosse il minore possibile, fu sempre oggetto di ricerche e di studi. In gran parte di queste polveri venne sostituito il nitrato di soda a quel di potassa che è relativamente molto più caro; senonchè il nitrato di soda è molto igroscopico per cui ne veniva alla polvere un danno immediato se la si lasciava in contatto dell'aria. Per ovviare a questo inconveniente i signori Robert e Dale in Inghilterra ottennero non ha guari una privativa per l'aggiunta alle polveri composte col nitrato di soda del 10 per % circa di solfato di soda anidro in polvere; questo sale è quasi inerte ed anzi diminuisce l'infiammabilità del miscuglio, ma esso à la proprietà di assorbire un peso d'acqua pari al suo dando luogo ad un sale idratato perfettamente secco al tatto; quindi esso può conservare la polvere nel suo stato di secchezza e di infiammabilità per un tempo abbastanza lungo purchè la non si lasci esposta a troppa umidità. La sostituzione del nitrato

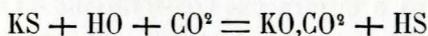
di soda al nitrato di potassa presenta poi ancora un'altra ragione di convenienza; l'equivalente del sodio è minore che non quello del potassio, e quindi per ottenere il medesimo effetto si richiede meno di nitrato di soda, che non di nitrato di potassa.

La possibilità di aumentare la forza della polvere da mina, e di renderla per conseguenza più economica, suggerì ai signori Doremus e Budd di New-York il pensiero di comprimela; gli esperimenti che vennero eseguiti per applicarne l'uso alle mine dimostrarono l'efficacia di questo metodo, in virtù del quale le cariche possono essere minori che non quelle richieste dall'uso della polvere ordinaria. Le macchine che servono a comprimere la polvere la riducono in piccoli cilindri di dimensioni variabili, muniti nel senso delle generatrici di una piccola scanalatura, la quale si prolunga su una delle basi secondo un raggio e termina ad un foro centrale nella direzione dell'asse; in questa scanalatura si introduce la miccia.

Diremo in fine due parole sulla polvere al *picrato di potassa*; l'acido picrico, noto fin dal 1788 per opera dell'Hausmann e del Welter, è sostanza eminentemente esplosiva e combinato con ossidi metallici genera composti esplosivi essi pure, fra cui si annovera il picrato di potassa, l'unico forse che abbia ricevuto qualche applicazione. Se questa sostanza si mescoli con corpi capaci di somministrargli ossigeno in abbondanza può acquistare una potenza esplosiva anche decupla di quella della polvere ordinaria, ed è appunto su questo fatto che si fonda la fabbricazione delle polveri al picrato di potassa secondo il sistema proposto dal Désignolle. Queste polveri quali vengono preparate al polverificio del Bouchet non differiscono

dalle ordinarie che per la sostituzione della nuova sostanza al solfo; servono per esse gli stessi metodi e le stesse macchine adoperate per la polvere ordinaria; per farle esplodere basta elevarne la temperatura a 320°, e presentano la buona prerogativa di dar pochissimo fumo, e di non detonare sotto l'azione di urti anche violenti; un corpo acceso però che le tocchi appena ne produce tosto l'esplosione, per cui essendo esse sotto quest'aspetto molto pericolose, il loro uso non pare aver preso fin'ora considerevole sviluppo.

Dall'esame dei prodotti gassosi che si svolgono nella combustione della polvere da mina si par manifesto come nelle gallerie, dopo la esplosione di parecchie mine, la respirazione degli operai possa esserne sensibilmente male affetta; il solfuro di potassio poi, solido a temperature anche alquanto elevate, sotto l'azione di un calore intensissimo diventa volatile, e in contatto dell'umidità atmosferica e dell'acido carbonico dà luogo a formazione di acido solfidrico, poichè



Quest'inconveniente, che, specialmente nei lavori sotterranei, riesce molto gravoso, fece sì che si accogliesse favorevolmente l'idea d'introdurre nelle mine una nuova sostanza la quale, non presentando più tracce di fumo fu creduta perfettamente innocua per la salute dei minatori; e questa sostanza nuova è il fulmicotone di cui ora incominceremo a parlare.

II.

Il Cotone fulminante.

Nel 1846 il dottor Schönbein, distinto chimico di Basilea, annunciava all'Accademia delle Scienze di Parigi com'egli fosse giunto a dotare il cotone di proprietà eminentemente esplosive per modo da fargli sperare che lo si potesse con grande vantaggio sostituire alla polvere ordinaria. Questa scoperta destò naturalmente il più vivo interesse, tanto più che il Schönbein avea tenuto segreto il metodo da lui seguito nel preparare la nuova sostanza; ma i chimici non tardarono a scoprirlo, e d'allora in poi la preparazione del *cotone fulminante* ed il modo di utilizzarne la grande potenza non cessò di essere profondamente ed assiduamente studiato. Ed infatti il pensiero di poterlo applicare all'industria si fece sempre più vivo a misura che l'osservazione e l'esperienza ne confermavano gli straordinari effetti; e il non essere la sua esplosione accompagnata da fumo fece credere alla apparente innocuità dei composti gassosi che se ne generavano, il che costituiva una ragione di più per farlo preferire alla polvere.

Il cotone fulminante viene ottenuto per l'azione dell'acido nitrico concentrato sulla fibra del cotone che è costituita da pura cellulosa vegetale, $C^{12} H^{10} O^{10}$; pare che l'opinione dei chimici sia tutt'ora discorde intorno alla composizione di questa sostanza; la più semplice però è quella di ammettere che nel cotone 3 eq. di acido iponitrico AzO^4 prendano il posto di 3 eq. di idrogeno, i quali poi si unirebbero ai 3 eq. di ossigeno, provenienti dalla disossidazione dell'acido nitrico;

per formare dell'acqua; la composizione del cotone-polvere si potrebbe quindi esprimere con $C^{12} H^7 O^7, 3 AzO^5$, ossia non è che cellulosa in cui 3 eq. d'acqua vengono sostituiti da 3 eq. di acido nitrico. Ma è facile rendersi ragione dalle considerazioni precedenti come nella reazione si generi dell'acqua che tenderà ad affievolire l'azione dell'acido nitrico e lo impedirà di produrre ulteriormente sul cotone l'effetto voluto; sarà quindi necessaria l'addizione di un corpo il quale, molto avido d'acqua, la assorba non si tosto ella si formi, senza però avere per nulla parte attiva nella reazione; questo corpo noi lo conosciamo, è l'acido solforico concentrato, ed ecco come col ragionare ci siamo condotti al vero procedimento seguito nella preparazione del fulmicotone, di trattare cioè la cellulosa con un miscuglio di 1 p. in peso di acido nitrico e 2 p. di acido solforico il più che possibile concentrati.

Il cotone-polvere à il medesimo aspetto che il cotone comune; si può conservare indefinitamente sott'acqua senza che ne venga alterato; assorbe l'umidità atmosferica, e può prenderne fino al 2 per 100. È insolubile nell'alcool, nell'etere solforico, nell'acido acetico, come in tutti gli acidi e gli alcali deboli; lo discioglie l'acido solforico concentrato, ma ad una temperatura inferiore ai 100°. Il cotone fulminante percosso col martello sull'incudine scoppia, come pure quando lo si porti ad una determinata temperatura; la sua esplosione dà luogo a svolgimento di prodotti gassosi di cui è facile rendersi ragione, e non deve lasciare, se è puro, residuo di sorta; ed invero i 7 eq. di idrogeno e i 7 di ossigeno si uniranno per formare dell'acqua, resteranno 15 eq. di ossigeno e 12 di carbonio il che darà luogo ad un misto di 9 eq. di ossido di carbonio, e 3 eq. di acido carbonico, cui si aggiun-

geranno i 3 eq. di azoto; queste considerazioni però puramente teoriche, non si avverano nella pratica, e lo vedremo fra poco. La tensione già grande di questi prodotti viene ancora considerevolmente aumentata dalla enorme elevazione di temperatura, e se a questo si aggiunga la istantaneità della esplosione si comprenderà facilmente quanta sia la forza che il cotone-polvere è capace di sviluppare. Gli effetti meccanici che esso produce sono invero poderosi a segno da farlo annoverare tra le così dette *poudres brisantes*. La sua applicazione come succedaneo alla polvere ordinaria se non pare fin'ora adottabile per gli usi della guerra attesa la sua irregolarità nello esplodere e le alterazioni che in breve tempo esso induce nelle armi, non è però da prosciversi là dove si abbia bisogno di grande potenza per far saltare pareti di gran resistenza, per scuotere e frantumare rocce, come appunto accade nelle mine; e l'uso che in più luoghi se ne fece in sostituzione alla polvere da mina vi rese il lavoro non solo più efficace, ma più economico ancora. Secondo le osservazioni di Oppermann si potrebbero tenere i fori da mina a maggiore distanza, quindi ne risulterebbe una notevole diminuzione di spesa corrispondente al medesimo lavoro utile, poichè il cotone à sulla polvere un gran sopravvento per la sua forza che giunge fino a sei volte quella della ordinaria polvere da mina; esso è utile specialmente quando si intenda a rompere una roccia in pezzi di piccole dimensioni per la costruzione di edifizii, oppure a frantumarla in modo che i detriti ne possano essere facilmente esportati; la sua azione infatti si esercita in modo da non permettere di adoperarlo quando si vogliano staccare grossi massi e monoliti di dimensioni ragguardevoli destinati a lavori speciali.

Il cotone fulminante si accende ad una temperatura che alcuni vogliono di 130° altri di 140° e di 150°, e questo costituirebbe già un grave difetto se non fosse compensato dalla quasi certa impossibilità di esplodere durante il corso della fabbricazione sino all'ultimo stadio che è quello dell'essiccamento. Ma un vero pericolo presenta il cotone fulminante allorquando esso venga impiegato nelle gallerie sotterranee od in qualsivoglia luogo donde non si possano prontamente eliminare i prodotti gassosi che si svolgono per la sua combustione; ed infatti questi prodotti costituiscono un'atmosfera eminentemente asfissiante; oltre all'azoto, all'acido carbonico e più di tutto all'ossido di carbonio, vi si notano sempre l'acido iponitrico e il biossido d'azoto che si rivelano pel loro odore, ed è pure facile il riconoscerli la presenza del cianogeno; risulta infatti dalle osservazioni di Thénard e del nostro Prof. Sobrero come facendo agire l'acido nitrico sui composti organici costituiti di carbonio e di idrogeno si produca sempre un po' di acido cianidrico insieme ai composti ossigenati dell'azoto. Il Sobrero lavando con acqua un tubo di vetro entro il quale aveva esploso il cotone fulminante poté constatarvi la presenza di quest'acido per mezzo del nitrato d'argento che dava un precipitato per quanto tenuissimo di cianuro d'argento. Ora la presenza di questo gas in un ambiente può dar luogo a veri casi di avvelenamento, poichè basta una sola goccia per fulminare un uomo, e poche gocce per uccidere gli animali i più robusti.

Si ebbe di questi fatti evidentissima prova all'epoca del traforo del Fréjus; fu proposto di sostituire nelle mine alla polvere ordinaria delle cartucce di fulmicotone appositamente preparate; se ne fece l'esperimento, il lavoro progrediva in

modo meraviglioso, la roccia era squassata dallo scoppio simultaneo di 40 o 50 mine e cadeva in frantumi che potevano esportarsi molto facilmente; ma in breve l'aria divenne così infetta che il proponente ed i suoi operai caddero in asfissia e dovettero a pronti soccorsi la loro salvezza; fu quindi necessità il desistere, e tosto, dall'uso di una tale sostanza.

Ad ovviare però un tanto pericolo il Combes aveva ultimamente proposto di mescolare al cotone-polvere $\frac{8}{10}$ in peso di nitrato di potassa e $\frac{7}{10}$ di nitrato di soda; quest'aggiunta avrebbe per effetto di somministrare ossigeno all'ossido di carbonio che si sviluppa, riducendolo tutto ad acido carbonico, e pare eviterebbe anche la formazione dell'acido cianidrico. Quanto alla forza esplosiva il nuovo miscuglio non ne perderebbe punta, poichè quantunque i gas che si svolgono sieno in massa molto minore, la temperatura di combustione risulta d'assai più elevata che nella esplosione del cotone-polvere semplice per la maggior produzione di acido carbonico. Se nella reazione non si sviluppano composti ossigenati dell'azoto i quali basterebbero a rendere i prodotti della combustione molto dannosi ai minatori, non v'è dubbio che questa nuova sostanza potrà anche impiegarsi nelle opere sotterranee con grande vantaggio, tanto più che il suo costo è d'assai minore che non quello del cotone-polvere, di cui è pari efficacia nel rompere le rocce.

La conservazione del cotone fulminante è nella sua fabbricazione e nei suoi usi notevole importanza. Pelouze pel primo avvertì alcuni fenomeni di vera decomposizione; Hoffmann, Blondeau, Hardwich, Dives, Percy confermarono questi fatti colle loro osservazioni, mentre invece altri chimici fra cui l'Abel ed il generale austriaco Von Lenck asseriscono che il

cotone-polvere da essi preparato non presenta mai tracce di decomposizione spontanea. Di questa discrepanza pare precipua cagione la differenza nel preparare il cotone fulminante, nel che oltre a molti altri elementi deve molto influire l'incertezza che regna tuttora sulla sua costituzione molecolare. Egli è un fatto però che ove questa scomposizione si manifesti nel suo cominciare specialmente può la temperatura elevarsi a segno da provocare l'esplosione dell'intera massa; il che è facile comprendere quanto sia pericoloso, massime quando per essiccarlo si debba portare il fulmicotone ad un certo grado di calore. A tal causa appunto si attribuiscono le esplosioni avvenute al polverificio del Bouchet, a Vincennes, a Dartford in Inghilterra, e nel 1865 al laboratorio di precisione dell'arsenale di Torino. Una curiosissima proprietà del cotone fulminante permette di conservarlo in modo da prevenire ogni pericolo di esplosione in caso d'incendio; fu osservato che quando esso venga bagnato con sostanze molto infiammabili come il solfuro di carbonio, l'etere, la benzina, se vi si appicchi il fuoco questi bruciano ma il cotone fulminante rimane quasi inalterato, e in ogni caso non è più soggetto a detonare. Si potrebbe quindi lasciarlo sempre sotto uno strato di benzina, o di solfuro di carbonio, e quando lo si voglia adoperare basterà esporlo all'aria per alcuni istanti, perchè esso riacquisti ogni sua proprietà esplosiva. Anche la circostanza della sua inalterabilità in contatto dell'acqua viene utilizzata per la sua conservazione, lasciandolo abitualmente umido, ed essiccandolo solo a misura del bisogno.

Finalmente un ultimo inconveniente del cotone-polvere per l'uso delle mine consiste nel considerevole volume che esso occupa, per il che i minatori sono costretti a praticare ampi

fori di mina, e a comprimervi poscia la carica perchè tutta vi si possa contenere; si cercò di rimediare a ciò riducendo il cotone appena preparato ad una poltiglia la quale si sottopone poi a validissima e lenta compressione che la riduce in piccoli cilindri di massa compatta, dimodochè la si può introdurre senza difficoltà entro i fori di mina; ogni centimetro cubo di questa sostanza à la forza di sei centimetri cubi di polvere comune, ed in questo stato il fulmicotone presenta pure maggiore stabilità e sicurezza.

Ancora un cenno sul modo di impiegare il fulmicotone nell'arte del minatore. Fu creduto dapprima che condizione essenziale, anzi indispensabile per averne il più grande effetto fosse di chiuderlo esattamente nella camera da mina; quindi si caricavano con esso i fori da mina precisamente come si praticava colla polvere, accendendolo col mezzo di una miccia ordinaria; il che di quanto pericolo fosse pei minatori lo comprende ognuno osservando come il cotone-polvere esplode anche sotto la percussione e l'urto dei corpi duri; e questo appunto accadeva se nell'intasamento dei fori di mina non si usava la massima prudenza. Ma dopo le recenti esperienze di Abel si riconobbe che si può dal fulmicotone ottenere tutto il suo effetto anche quando lo si faccia esplodere all'aria aperta, purchè lo si accenda per mezzo dell'esplosione di un altro corpo esplosivo; ed infatti pare omai dimostrato che la sua deflagrazione avvenga non tanto per la temperatura svolta dal corpo che esplode, quanto per le vibrazioni che la detonazione del corpo medesimo tende a produrre nella sua massa. Cambiando adunque il modo di accensione della mina si potrà sopprimere l'intasatura dei fori che è l'operazione più pericolosa pel minatore; e parimente per le mine subacquee ba-

sterà rinchiudere le cariche entro sacchi impermeabili per assicurare lo sviluppo della forza esplosiva.

III.

La Nitroglicerina e la Dinamite.

Mentre la scoperta del Schönbein levava tanto rumore il nostro egregio professore Ascanio Sobrero prendeva a studiare l'azione dell'acido nitrico sopra diverse sostanze organiche, ed arricchiva per tal modo la chimica di nuovi ed importanti prodotti dotati tutti di facoltà esplosive più o meno analoghe a quelle del cotone fulminante; fra questi è la *nitroglicerina* che, considerata allora come semplice curiosità scientifica, doveva più tardi ricevere così importanti applicazioni.

Il Sobrero scopriva questa sostanza nel 1847 e tosto lo partecipava con sua memoria del 5 luglio alla R. Accademia delle Scienze di Torino; già fin dal 1845 egli professava qui in Torino il corso di chimica applicata alle arti nelle scuole tecniche allora allora fondate, reduce dai lunghi studi che aveva fatti prima a Parigi e poi in Germania. Questi particolari erano indispensabili per rettificare l'idea espressa da molti i quali parlarono della nitroglicerina, che cioè il professore Sobrero l'avesse ottenuta la prima volta a Parigi e precisamente nel laboratorio di Pelouze del quale fu sì degno allievo e collaboratore, ma solo fino all'aprile del 1843. La nitroglicerina fu scoperta in Italia e da un chimico italiano.

Premesse queste cose necessarie a rivendicare i diritti del nostro paese sopra una scoperta di tanto momento per l'in-

dustria mineraria, diciamo anzitutto due parole sulla costituzione e sulle proprietà di questo nuovo composto esplosivo. La glicerina trovasi combinata cogli acidi grassi solidi o liquidi negli olii e nei grassi neutri naturali sia vegetali che animali; così per esempio il sego è una combinazione di acido stearico e di acido oleico colla glicerina, l'acido oleico coll'acido margarico e colla glicerina ci dà l'olio d'oliva ecc. Or bene quando si tratta con acido nitrico la glicerina $C^6 H^8 O^6$ si à per prodotto la nitroglicerina di cui la composizione si può esprimere colla formola $C^6 H^5 Az^3 O^8$. Questa reazione avviene in modo affatto analogo a quella del cotone fulminante; ed infatti anche qui si suppone che nella glicerina 3 eq. di acqua vengano sostituiti da 3 eq. di acido nitrico. La stessa ragione poi che per la preparazione del fulmicotone, necessita anche per questa sostanza che si mescoli all'acido nitrico il doppio del suo peso di acido solforico concentrato, ed è appunto con questo metodo che si prepara la nitroglicerina per gli usi industriali.

La nitroglicerina è liquida alla temperatura ordinaria, di color giallognolo o bruno, e si presenta sotto l'aspetto di un olio molto pesante; è sostanza molto velenosa, messa sulla lingua anche in dose tenuissima provoca forti dolori di capo, ed i suoi vapori producono identici effetti, il che può essere di ostacolo al suo impiego nelle gallerie sotterranee. È insolubile nell'acqua, ma si scioglie nell'alcool ordinario, nell'etere e nell'alcool metilico, delle quali proprietà si trae profitto, come vedremo, per evitare i pericoli della sua conservazione e del suo trasporto. La sua esplosione à luogo quando essa venga sottoposta a pressione e ad urto simultaneamente, e sopra di ciò si fonda appunto il metodo usato per far brillare

i fornelli di mina caricati con essa; ma essa è pur soggetta a detonare ogniquale volta se ne aumenti in certo grado la temperatura; scaldata infatti a 100° essa comincia a volatilizzarsi, il che si può operare senza decomposizione quando si moderi bene il calore, ma se si arriva ai 180°, cioè al punto di ebollizione, allora si infiamma e detona violentemente.

Eran già corsi sedici anni dall'epoca della scoperta di questa nuova sostanza, nè alcun tentativo si era fatto ancora per trarne partito nella pratica industriale, quando un ingegnere svedese, il signor Alfredo Nobel, studiatala, proponeva per primo di applicarne alle mine la formidabile potenza. Egli l'adoperò dapprima mista colla polvere ordinaria, la cui forza ne risultava con ciò dalle tre alle quattro volte maggiore; ma non tardò a riconoscere che la si poteva più utilmente adoperare da sola, ne fece l'esperimento nelle miniere della Vieille Montagne e in quelle di Altemberg, e i tentativi riuscirono oltremodo soddisfacenti tanto dal lato della economia come da quello della facilità e della rapidità del lavoro. Fu allora che si cominciò a pensare ad un più esteso impiego della nitroglicerina.

I suoi effetti sono veramente poderosi, e per averne una idea basterebbe citare i risultati ottenuti in varie miniere del Basso Reno, dell'Inghilterra e della Germania, dove massi enormi di roccia furono scossi e staccati con incredibile facilità. Tuttavia la sua azione suol essere accompagnata da fenomeni poco appariscenti, talchè le prime volte si era facilmente indotti a credere che la mina avesse mancato il suo effetto; ed invero al momento della esplosione si vede semplicemente l'intera massa della roccia sollevarsi leggermente e ricadere tosto, senza proiezione di sorta, non si osserva nè

fiamma nè fumo, nè si sente altro che un romore sordo, ed una detonazione ordinariamente più debole che non quella prodotta dalla polvere comune; ma gli effetti poi ne sono completi ed immensi, la roccia si trova fessurata in mille direzioni che la dividono in grossi massi, e la quantità del detrito è relativamente molto tenue. La formidabile potenza meccanica di questa sostanza risiede nello immenso volume di gas che è capace di svolgere nella sua esplosione; si calcola che la sua forza possa ascendere a 9000 atmosfere. Il modo di adoperarla è semplicissimo; praticato il foro vi si cola dentro la nitroglicerina col mezzo di un imbuto di latta munito di lungo tubo, e sopra di essa si depone il piccolo apparecchio destinato a produrne lo scoppio; esso consiste in un cilindretto di legno vuoto ad una delle estremità in modo che dall'altra rimanga solo una parete di mediocre spessore; attraverso a questa è praticato un foro nel quale si introduce una miccia ordinaria che si fa penetrare di qualche centimetro nella cavità; si riempie questa di polvere comune e si chiude il cilindro. Calato nel foro questo apparecchio vi si versa sopra della sabbia fino a che il foro ne sia quasi ripieno e si dà il fuoco alla miccia; non si tosto la polvere si infiamma esercita sulla nitroglicerina un urto violentissimo che la fa detonare e l'esplosione è così istantanea che la sabbia non è neppure proiettata. Il caricamento della mina si opera complessivamente in due soli minuti.

I vantaggi che l'impiego della nitroglicerina apporta nelle miniere sono ogni di più constatati dall'esperienza e dalla pratica. Anzitutto si osserva una grande economia di mano d'opera nel praticare i fori di mina, poichè essi possono rendersi d'assai meno frequenti e più profondi senza rischio di

proiezioni disastrose; l'enorme massa di roccia che si sposta in una sola operazione contribuisce anche moltissimo a questa economia e vi si aggiunge la considerevole riduzione nei detriti quasi sempre inutili e ben soventi onerosi poichè diminuiscono la proporzione di pietra utilizzabile, ed ingombrano le cave donde bisogna esportarli caricandosi di spese non dispregevoli. E finalmente un altro importantissimo vantaggio che reca con sè la nitroglicerina è quello di poter essere impiegata con pari successo sia in rocce durissime che in rocce tenere e permeabili, poichè la istantaneità dell'esplosione non permette ai gas prodotti nella combustione di sfuggire attraverso ai pori ed alle fessure della roccia senza averla prima sollevata e spostata.

Senonchè le stesse sue proprietà eminentemente esplosive mostrano con quanta precauzione si debba maneggiare questo corpo onde prevenire ogni disastro; luttuosissimi fatti à già registrati la sua storia, ed in breve tempo essa fu trovata così poco sicura, così arrischiato il trasportarla, il conservarla in magazzini, e perfino il vuotarla per riempierne i fori di mina che la si giudicò oltremodo pericolosa. Nè tanto per l'imprudenza degli operai si ebbero a lamentare casi deplorabili e tremendi, quanto ancora, e più frequenti, pei pericoli provenienti da una lenta decomposizione spontanea che fu avvertita in essa quando la si conservi in vasi chiusi. Ed invero è possibile che quando la nitroglicerina è rinchiusa in bottiglie già da un certo tempo vi sia principio di scomposizione con formazione di acido ossalico e glicerico, e produzione di gas, i quali, non potendo svolgersi acquistano man mano una forte tensione; basterà allora evidentemente un minimo urto per dar luogo ad una formidabile ed istantanea

esplosione. Egli è senza dubbio per una tal causa che si ebbero a lamentare le spaventose esplosioni che ad Aspinwall e a S. Francisco distrussero in un istante completamente due navi che recavano dall'Europa delle casse di nitroglicerina in bottiglie, rovinando in pari tempo varie case e lasciando molte vittime della tremenda catastrofe.

Per porsi al riparo da questi gravissimi disastri furono proposti varii mezzi, e lo stesso Nobel ne suggerì uno che sarebbe di tutti il più efficace se non fosse molto costoso, ed è di sciogliere la nitroglicerina nell'alcool metilico o spirito di legno, donde ne risulta un liquido inesplosibile sia alla percussione che al calore; si può quando lo si voglia ripristinare il liquido fulminante aggiungendo molt'acqua che discioglie l'alcool, la nitroglicerina si precipita e si estrae col mezzo di un sifone. Ma il metodo più sicuro sarà sempre quello di preparare questa sostanza sul luogo dove la si vuol adoperare, solamente nella quantità necessaria di mano in mano che se ne ha bisogno, evitando per tal modo e i trasporti e le accumulazioni sempre pericolose.

Questi inconvenienti però erano altrettanti ostacoli che si affacciavano all'impiego industriale di una sostanza che pur potea rendere così importanti servigi; per cui il Nobel studiò di nuovo modo di superarli e vi giunse nel 1867, avendo riconosciuto che la esplosione della nitroglicerina riesciva egualmente pronta e più sicura quand'anche la si mescolasse con altre sostanze inerti; egli fu per tal modo condotto a comporre una polvere solida, leggermente plastica, cui diede il nome di *dinamite*, ed è sotto questa nuova forma che si utilizzano al presente colla massima sicurezza le preziose proprietà della nitroglicerina.

La dinamite si compone di 75 p. di nitroglicerina, assorbite da 25 p. di una terra silicea molto porosa, conosciuta in Germania col nome di *Kieselguhr*; questa terra analizzata da Tasche si riconobbe costituita da

Silice	9,15
Ossido di ferro	0,50
Acqua e materie organiche	8,00

e le proprietà particolari che la rendono atta alla fabbricazione della dinamite consistono in un enorme potere assorbente pei liquidi, e in una gran resistenza delle sue singole particelle agli urti ed alla pressione. La fabbricazione della dinamite è per opera del Nobel portata ad un grado elevato di perfezione; il metodo da lui seguito per ottenere la nitroglicerina è giustamente riputato il migliore ed il meno pericoloso, tanto più che con semplici mezzi esso permette una preparazione rapida, senza pericoli e costantemente uniforme. Dicesi però che gli operai soffrano alquanto per gli effluvi della nitroglicerina che sono invero assai dannosi; il Nobel assicura che se ne risentono solo in principio ma che poi vi si abituano; tuttavia è ancora da vedersi se ciò non sia con danno lento della loro salute, e se non vi sia mezzo di ovviarvi adottando precauzioni speciali.

A Paulille, nella Francia meridionale, l'ingegnere Nobel fondò or son quasi quattr'anni una vasta fabbrica di dinamite tuttora da lui diretta, e che gode ormai di fama estesissima; vi si fabbricano tre specie di dinamite classificate coi numeri 1, 2 e 3 a seconda delle rocce nelle quali la si vuole impiegare; il N° 1 si applica alle rocce durissime ed ai lavori sott'acqua, il N° 2 alle rocce pure durissime ma non sott'acqua,

ed il N° 3 alle rocce semplicemente dure e poco acquifere; tuttavia tanto il N° 2 che il N° 3, possono impiegarsi correntemente nei lavori sott'acqua adoperando cartucce impermeabili, ed usando le stesse cure che colla polvere.

L'esplosione della dinamite si opera mercè una capsula fulminante fortissima per cui il Nobel ottenne il brevetto d'invenzione; il calore e l'urto prodotti dalla detonazione della capsula fanno scoppiare la dinamite con una violenza estrema. Quando poi la si voglia adoperare per frantumare grossi pezzi ottenuti da una prima esplosione basta porne semplicemente una certa quantità sul masso coprendola con terra od argilla pastosa; l'effetto che se ne ottiene è tanto completo come se si fosse praticato il foro e la carica regolare.

La potenza di questa sostanza è pari ad otto volte quella della polvere da mina; la sua grande prontezza di agire, la proprietà che à pure di esplodere sott'acqua la rendono utilissima pei lavori in rocce durissime, nei terreni acquiferi ed anche sott'acqua intieramente; molti lavori che erano stati abbandonati perchè colla polvere ordinaria era impossibile lo eseguirli, ripresi colla dinamite, furono prontamente condotti a termine. Attualmente essa viene con ottimo successo impiegata nel traforo del Gottardo; l'acqua che filtra è in tale abbondanza che quando si estraggono dai fori i ferri da mina ne escono getti considerevoli; quindi ogni altra materia esplosiva, a meno di premunirla con involucri impermeabili, vi farebbe certo cattiva prova.

Malgrado però la constatata superiorità della dinamite in confronto della polvere, non è a credersi che la si possa con vantaggio adoperare indistintamente in qualsivoglia circostanza; così per esempio nelle cave di carbon fossile, che è facilmente

friabile, l'uso della polvere è una necessità, poichè l'azione della dinamite non darebbe che minutissimi frammenti e tritume; è ben vero però che colla pratica e coll'esperienza si giunge ad ottenere dalla dinamite svariati effetti, e che quindi la si può applicare quasi in ogni circostanza. Del resto non solo nella forza assoluta della dinamite consiste la sua superiorità, ma bensì ancora e in grandissima parte nei suoi vantaggi commerciali ed economici, e nella maggior sicurezza sia nella fabbricazione che nell'uso e negli effetti stessi. Il trasporto non presenta pericolo di sorta; perfino in contatto del fuoco, della polvere in combustione la dinamite non fa che consumarsi senza esplodere; anche un urto violento non fa su di essa alcun effetto e tutt'al più potrebbe prodursi una detonazione locale al posto della percussione, ma senza comunicarsi alla massa.

Analogo alla dinamite per l'azione rompente, e, fino ad un certo punto, anche per la composizione, è il *litofratte* di cui non dobbiamo tacere; un'analisi che nel 1869 ne istituì l'Abel mostrò come il litofratte consti di 42 parti di nitroglicerina miste a 4 p. di solfo, 25 p. di nitrato di soda, e 29 p. di sabbia e carbone in polvere. Però nel litofratte, come in tutti gli altri preparati di nitroglicerina composti con sostanze solide meno assorbenti che la Kieselguhr, per evitare una parziale separazione della nitroglicerina bisogna ridurre convenientemente la sua dose, e quindi sacrificare inevitabilmente una parte della efficacia esplosiva.

Concludiamo annunziando con vero piacere come in Cesano Maderno i signori Candiani e Biffi di Milano abbiano una fabbrica di dinamite migliorata e perfezionata sotto il brevetto del dottore J. Fuchs, cui si dà il nome di *fulminalina*; la ni-

troglicerina vi si contiene allo stato di massima sicurezza e mescolata con materie che vuolsi ne aumentino la forza in luogo di attenuarla come fanno le materie silicee della dinamite; infatti 1 Chilogr. di fulminalina produce lo stesso effetto che 1 e $1\frac{1}{2}$ di dinamite. Essa è perfettamente sicura all'urto più violento, e bruciata non produce la minima esplosione, presenta in confronto degli altri composti di nitroglicerina minor pericolo nel trasporto e nel lavoro, e non produce gas dannosi nello esplodere.

Conclusione.

Dopo aver passate in rassegna queste varie materie esplosive, delle quali sole pare siasi finora tentato l'uso delle mine, fattaci così un'idea della pratica utilità di ciascuna nell'arte del minatore, non ci sarà difficile il venire ad una conclusione.

Una sostanza esplosiva perchè possa con vantaggio adoperarsi nelle mine deve soddisfare a varie condizioni; essa deve anzitutto essere di facile e semplice fabbricazione, presentare la massima sicurezza nel prepararla, nel trasportarla e nel maneggiarla, e potersi facilmente conservare; di più essa deve realizzare nel suo impiego una certa economia, e non svolgere prodotti nocivi alla salute degli operai. Or bene, dalle considerazioni che precedono pare che a tutti questi requisiti, meglio che ogni altra sostanza esplosiva, soddisfi la dinamite; ed invero l'uso che oramai se ne fa per tutta Europa conferma abbastanza col fatto questo giudizio che scaturisce come logica deduzione dal semplice esame delle sue proprietà.

Del resto un breve confronto riassuntivo fra i vantaggi e gli inconvenienti delle varie materie esplosive di cui abbiamo parlato ci guiderà meglio a questa conseguenza, e per ciò lasciando in disparte quelle il cui uso fu abbandonato per la scoperta di altre più convenienti, oppure, se continua, è assai limitato, noi non considereremo che la polvere comune, il fulmicotone e la dinamite.

Dal lato della fabbricazione egli è evidente che la polvere presenta un pericolo prossimo di esplosione per tutto il seguito delle operazioni che succedono al miscuglio dei suoi elementi, mentre invece il cotone fulminante fino alla essiccazione, che è l'ultimo stadio affatto della sua preparazione, non può dar luogo al minimo timore; quanto alla dinamite dopo accurati studi che si son fatti, specialmente in questi ultimi anni, risulta che il pericolo di disastri è immensamente diminuito. Era questo forse l'unico punto sul quale maggiormente si temesse pel suo uso industriale; ma i procedimenti perfezionati cui si è giunti non lasciano più alcun dubbio sulla possibilità di una estesa preparazione di questa sostanza, e le numerose fabbriche istituite dal Nobel, e in ispecie quella di Paulille che funziona continuamente, ne sono patentissima prova.

Per ciò che riguarda il trasporto e la conservazione la dinamite non presenta il menomo pericolo; in Germania, dove è certo più in uso che altrove, si è studiato quali probabilità di intempestive esplosioni potrebbe presentare in lunghi trasporti anche attraverso a paesi di differente latitudine o in depositi esposti a temperature molto variabili, e si dovette constatare come, dacchè vi fu introdotta, gli accidenti non furon punto aumentati. Il fulmicotone invece per la sua fa-

cilità a decomorsi spontaneamente non pare molto rassicurante su questo punto; si assicura però che il fulmicotone compresso e preparato secondo i recenti metodi proposti dall'Abel e dal De-Lenck si può trasportare senza inconvenienti e conservare impunemente anche in grandi quantità, e numerose esperienze ultimamente eseguite in Inghilterra tenderebbero a confermarlo.

Ma dove maggiormente risalta la incontestabile superiorità della dinamite si è nella innocuità dei prodotti della sua esplosione, e nei grandi vantaggi della sua applicazione, i quali si rendono sempre più manifesti. Ed infatti l'azione deleteria che i prodotti della combustione del coton fulminante esercitano sull'organismo umano costringono a proscrivere assolutamente l'uso in ogni lavoro sotterraneo, a meno che il metodo proposto dal Combes non giunga a dileguare completamente ogni timore su questo punto di così grande importanza; anche la polvere, come vedemmo, ingombra le gallerie con nuvoli di fumo perniciosissimo; per la dinamite l'eccesso di 1 eq. di ossigeno nella nitroglicerina potrebbe forse dare origine a composti ossigenati dell'azoto, e di più ove la combustione fosse imperfetta si avrebbe vapore di nitroglicerina; però l'uso, che di essa si fa tuttodì nelle operazioni sotterranee dimostra abbastanza che i minatori non sono per nulla danneggiati dai prodotti della sua esplosione. Venendo poi alla utilità dell'impiego della dinamite la sua forza, maggiore di quella di ogni altro composto esplosivo, non solo la rende molto più economica portando nella complessiva spesa dei lavori un ribasso di circa il 50 per %, ma ne rende l'uso indispensabile in certe rocce durissime o permeabili all'acqua, ed in certi scavi subacquei in cui ogni tentativo con altre

materie, massime colla polvere, tornerebbe affatto inefficace, quand'anche si adoperassero cariche enormi. Un inconveniente però del modo di agire della dinamite, che è pure comune al cotone fulminante, si è che nei lavori di scavo la roccia non è da essi proiettata a quella distanza a cui arriverebbe facendo uso della polvere, permettendo così un risparmio nella spesa di esportazione del detrito; in simili casi fu trovato molto efficace per l'avanzamento dei lavori l'uso di combinare insieme gli effetti della polvere e quelli dei nuovi composti pirici; si praticavano perciò dei fori larghi e profondi che si caricavano con sostanze di rapida e violenta esplosione; al brillar delle mine la roccia veniva dalla loro azione squarciata su di un'immensa superficie, e bastava allora di introdurre nelle fenditure così prodotte delle grandi quantità di polvere per ottenere la completa disaggregazione della roccia stessa.

Dopo tutto ciò la superiorità della dinamite pare evidente, e notisi che parlando della dinamite si comprendono pure tutti quei composti che, come ad esempio la fulminalina, si raggruppano intorno a lei che ne è il tipo originale. Non è a dirsi però che l'uso di altre materie esplodenti non possa utilmente adottarsi; abbiamo visto come in alcuni casi speciali possano tornare più vantaggiosi gli effetti meno repentini e comparativamente meno energici della ordinaria polvere da mina; e così ancora il fulmicotone può riescir meglio adatto quando si impieghi la sua azione polverizzante a frantumare le rocce sia per operazioni di scavo che per averne materiali e pietrame da costruzione.

E qui pongo termine al mio lavoro; un argomento di questo genere non mi parve fuor di luogo ora che le grandi pro-

porzioni prese dai lavori pubblici àno così estesa la necessità delle mine; bastino per tutti gli esempi la monumentale galleria del Fréjus, e quella che non meno colossale si sta ora costruendo al Gottardo per aprire un varco tra l'Italia e la Svizzera. Valgami almeno presso chi leggerà questo povero scritto il molto lavoro per compendiare in queste poche pagine i risultati di tanti studi sulle materie esplosive.

