

Alberto Girelli

INCENDI ED ESPLOSIONI:

“reazioni accidentali” che si ripetono

Tra gli incidenti che causano vittime e danni, e che si ripetono benché le loro possibili cause siano note da secoli, sono purtroppo frequenti le “combustioni accidentali”: incendi e/o esplosioni. Alla loro origine stanno quasi sempre errori umani.

Questa rassegna di sette casi reali del recente passato è fondata su esperienza diretta, frutto di perizie giudiziarie, relative a processi passati in giudicato o da tempo depositate.

Tratta, in particolare, le “condizioni al contorno” in molti casi premessa all’incidente.

Per ragioni evidenti, non si fanno nomi, ma si riportano e si discutono brevemente alcune cause e concause degli incidenti riportati.

Il tema di questa rassegna può parere trito e ritrito. Infatti pochi processi chimici indesiderati sono noti da gran tempo quanto la combustione accidentale; basta rammentare le perizie in materia di esplosioni - in miniere di carbone, fabbriche, magazzini - prodotte da chimici illustri nei secoli XVIII e XIX. Va tuttavia rilevato che tali incidenti si ripetono con frequenza preoccupante: è quindi opportuno che convegni e seminari ripropongano il vecchio ma sempre attuale tema della sicurezza antincendi e antie-

splosioni. Fanno quindi bene la Società Chimica Italiana e altre associazioni scientifiche e tecniche a riproporre, aggiornando, le misure di prevenzione e i progressi nel campo degli strumenti dedicati. Nel seguito si presentano brevemente sette casi tratti da perizie, precedentemente non inclusi in pubblicazioni facilmente reperibili [1-4]. Dato che la caratteristica fondamentale delle perizie tecniche per la magistratura deve essere la semplicità e la conseguente comprensibilità del testo per lettori decisori inesperti, quanto di seguito ripor-

tato in un organo di stampa destinato invece a esperti deve essere inquadrato nel celebre detto di un ultraesperto in materia: “One case history is worth ten thousand words of text” [5].

Non alterare il circuito di olio caldo in raffineria di petrolio

Questo incidente, che ha causato numerose vittime (lavoratori intenti a manutenzione) mostra quanto possano avere conseguenze deleterie le modifiche di impianto e/o di processo non accompagnate da

Tab. 1 - I circuiti dell'olio caldo alla raffineria di X

Situazione ante-1989/90	Situazione all'atto dell'incidente
Due circuiti	Un solo circuito, somma dei due
Un solo circuito per ciascuna area topping	Un solo circuito, somma dei due, per le due aree topping (+reforming)
Due serbatoi accumulatori (A e B), uno per ciascun circuito	Un solo serbatoio accumulatore (A) per il circuito raddoppiato
Fluido scambiatore olio diatermico, "gas di polmonazione" azoto	Fluido scambiatore gasolio di topping, "gas di polmonazione" fuel gas/off gas*
Serb. A: temp. max ANCC 230 °C	Serb. A: temp. max. ANCC 230 °C
Serb. B: temp. max ANCC 230 °C	Serb. B (escluso): temp. max ISPEL 330 °C

* Infiammabile, costituito in gran parte di idrocarburi C₃ e C₄.

adeguata valutazione dei pericoli aggiunti a quelli usuali in un grande complesso produttivo, a rischio di incidente rilevante. Il circuito direttamente colpito dall'incidente (esplosione nel serbatoio-accumulatore dell'olio, seguita da incendio) era una struttura, presente in numerose raffinerie, non considerata particolarmente pericolosa. Nel caso di cui si tratta il collegio dei periti del Tribunale - nominato dopo tre anni dall'incidente - si è trovato di fronte a una situazione non comune e particolarmente criticabile, non tanto per la struttura in sé quanto per le modifiche introdotte rispetto a quanto previsto nel progetto originale (Tab. 1). Le stesse perplessità erano già state avanzate da altre due commissioni, una del P.M. e l'altra facente capo all'Ispettorato del Lavoro. Il collegio dei periti è rimasto perplesso anche a proposito degli strumenti di misura e controllo del circuito (Tab. 2).

La bomba di Mahler... può scoppiare
La bomba di Mahler (Fig. 1) ha compiuto abbondantemente i 110 anni ed è correntemente impiegata per determinare il potere calorifico di determinati combustibili; il suo uso è stato esteso da tempo all'analisi quantitativa del cloro e dello zolfo nei combustibili. Le caratteristiche della bomba e le modalità di uso - incluse le prescrizioni di sicurezza - sono definite da norme ASTM, seguite nei laboratori di tutto il mondo [6]. L'estensione disinvolta della bomba alla determinazione del cloro in rifiuti ha causato un grave incidente in un laboratorio, con la morte di uno dei due chimici che vi operavano (entrambi laureati, abilitati e iscritti all'Ordine professionale). La vicenda ha messo in evidenza gravi violazioni di leggi e norme e preoccupante impreparazione dei professionisti coinvolti. Nessuno dei due chimici ha consi-



derato che il c.d. "rifiuto" da analizzare conteneva solventi infiammabili, che nelle condizioni della "mineralizzazione" del cloro organico in atmosfera di O₂ sotto alta pressione (25-40 bar) avrebbero formato un'atmosfera esplosibile. Inoltre, disattendendo le prescrizioni di sicurezza ASTM, oltre al più comune buon senso, hanno ripetutamente "sbattuto" sul banco la bomba caricata e pronta per l'innesco.

Tab. 2 - Strumenti di misura e controllo del circuito dell'olio caldo

Strumento	Sigla	Impiego	Situazione all'atto dell'incidente
Indic. di livello in A	Li	misura il livello con allarme max e min	fuori servizio, segna sempre 45% circa
Indic. di temp. in A	Ti	indic. alla consolle	fuori servizio, segna sempre 25 °C
Indic. e contr. press. in A	Pi	indic. c.s. e regolat.	In "manuale" automatico
Regol. di portata al forno F	FrF*	regola la portata del metano a F	fuori servizio
Indic. e regol. temp. del forno F	Tr**	indica e regola la temp. nel forno F	funzionante solo come indic.

** è "governato" da FrF* perché la temperatura in F dipende dalla portata del metano alimentato ai bruciatori

La vittima è divenuta tale per essersi sporta sopra la bomba all'atto dell'innescare, che ha provocato l'esplosione con rottura della ghiera e proiezione verso l'alto del tappo di acciaio.

La combustione innescata nella bomba in conformità alle norme, nel caso di campioni solidi (pastiglia o polvere "in strato") o liquidi altobollenti, si sviluppa in fase eterogenea alla superficie di contatto tra comburente (O₂) e combustibile; il processo procede in modo regolare e si completa in pochi secondi, con moderato aumento della pressione. La cinetica è determinata da processi di trasporto di materia e di calore, relativamente lenti. Se nel campione sono presenti sostanze infiammabili può formarsi una miscela omogenea "vapori infiammabili-O₂ sotto pressione", entro il campo di esplosività; la combustione avviene in fase gassosa omogenea, quindi con una cinetica ad andamento esplosivo. La pressione sviluppata dall'esplosione è stata valutata intorno a 1.000 bar, ben superiore alla pressione idraulica di collaudazione delle bombe di Mahler (300 bar).

Ossigeno in ospedale, non solo "terapeutico"

L'intero capitolo 12 di un recente testo universitario [7] è dedicato a un celebre "crollo all'ospedale", anno 1979, che provocò 22 morti e 10 feriti. Tale capitolo riporta quasi tutta la relazione del collegio dei periti del P.M., che aprì la serie di processi penali (e altre perizie), conclusasi nell'ottobre 1994 con la seconda e definitiva sentenza della Cassazione. Il quesito del P.M. al collegio di 5 periti (due comandanti dei VVF, due esperti di combustione, un chirurgo, tutti "non locali") era assai ampio, i periti hanno dovuto quindi esaminare a fondo anche le "condizioni al contorno", rilevando inadempienze sconcertanti nella stessa destinazione dell'edificio e delle sue parti coinvolte dall'esplosione, nonché nelle pratiche disinvolute di alcuni dipendenti dell'ospedale. Il crollo è seguito a un'esplosione nella sala operatoria del reparto di cardiocirurgia (Fig. 2), dove si stava sostituendo una bombola contenente ossigeno al 5% in vol. di CO₂ (Oxico) "scarica" con una bombola "carica". Le

virgolette dipendono dal fatto accertato che le bombole entravano nella sala cariche di gas a 200 bar e ne uscivano contenenti gas a 50 bar (pratica questa alquanto criticata dal collegio). Il collegio, nella relazione al P.M., concludeva presentando ipotesi credibili sullo svolgersi dell'accadimento, purtroppo non suffragate da testimonianze dirette, essendo l'operatore del cambio-bombole tra le vittime. La relazione conteneva anche puntuali critiche sulla sala operatoria, sul suo contenuto e sul sistema di ventilazione (Fig. 3).

Anche il pangrattato può esplodere

Si è trattato di un incidente in sostanza modesto, senza vittime, che ha opposto la ditta costruttrice dell'impianto di essiccazione-comminuzione di pane raffermo (c.d. "pansecco") all'acquirente-gestore e venditore del prodotto finito. Il caso è qui riferito in quanto emblematico del fatto talvolta dimenticato che le polveri possono formare con l'aria miscele esplosive. Ciò vale anche per polveri "commerciali" comuni, quali amido, farine di granaglie, caffè tostato macinato, ecc. In materia esiste un'ampia letteratura [8-11].

Non ho trovato in letteratura riferimenti a combustione accidentale di pangrattato, ma è ovvio che la sua polvere sia infiammabile e che il materiale vada trattato come tale in tutti gli stadi della sua produzione: essiccazione (nel caso specifico dal 35 al 5% di umidità), macinazione, vagliatura, ecc., fino al confezionamento. Il pericolo di combustione accidentale durante tali operazioni era esaltato dal fatto che parte di esse si svolgevano in corrente turbolenta di aria calda.

Fiamme... alla pressa idraulica Durante la manutenzione di un impianto basato su una pressa idraulica da 1.400 t, per fabbricare da billette in ottone - opportunamente riscaldate - manufatti quali barrette, ton-

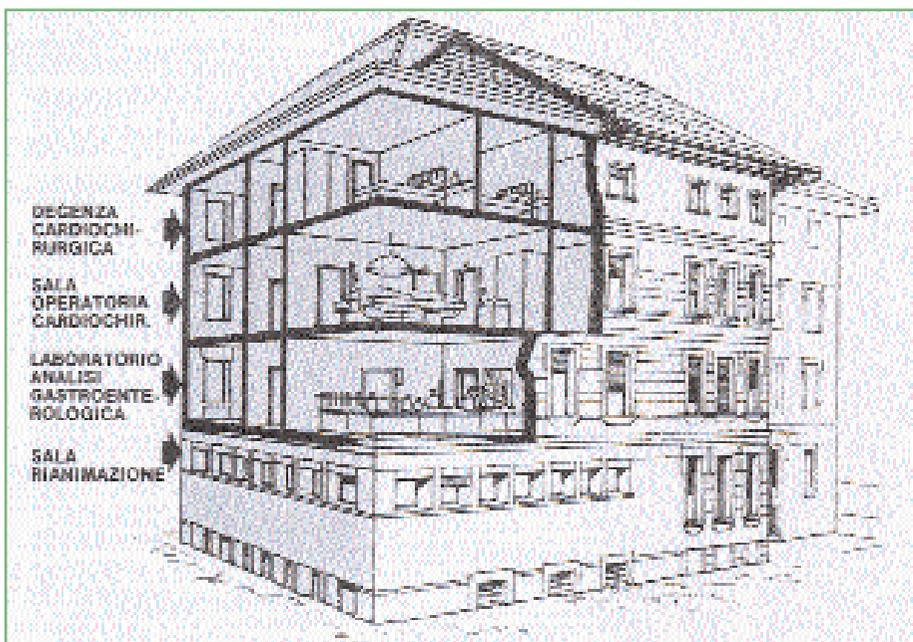


Fig. 2 - Assonometria del padiglione sinistrato

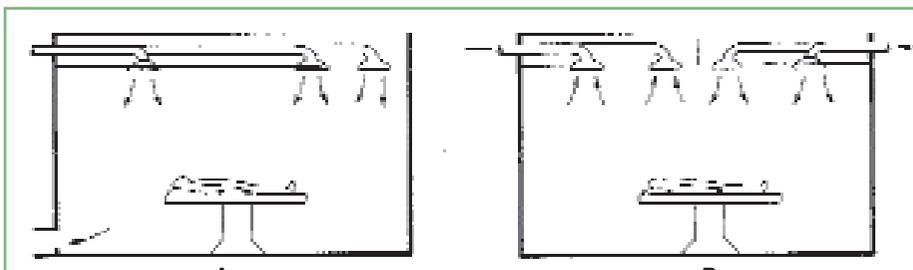


Fig. 3 - Schema sommano della circolazione dell'aria in sala operatoria: A) corretta, B) esistente nella sala luogo dell'esplosione

dini, tubazioni, ecc., si è verificata un'esplosione con fiamma.

La macchina era in esercizio presso un grande stabilimento metallurgico. Le indagini affidate al perito dalla Procura della Repubblica si sono rivelate alquanto complesse, per l'apparente inesistenza delle tre note condizioni necessarie a una combustione: combustibile, comburente e energia di innesco. Poiché non esistevano manuali operativi o istruzioni scritte sull'esercizio dell'impianto, il perito dovette accontentarsi di interpretare quanto riportato nelle sommarie informazioni di CC e USL e le testimonianze dei presenti all'atto dell'incidente. Trovato velocemente il comburente (aria ad alta pressione da bombole, e aria a media pressione+acqua da altre bombole, per azionare la pressa), per arrivare al combustibile si esaminarono le bombole e... l'acqua, trovandovi significative tracce di morchie oleose e di depositi carboniosi. La pressa era stata installata da circa 15 anni e aveva funzionato senza particolari esigenze di interventi straordinari. Da anni l'azienda aveva deciso di aggiungere olio minerale al circuito dell'acqua, per evitare fenomeni di corrosione delle superfici metalliche, senza tuttavia mai provvedere al ricambio periodico di tale miscela e alla pulizia dell'intero circuito. Apparentemente l'inciden-

te è consistito dapprima in una vera e propria esplosione (combustione accidentale, con fiamma) della miscela infiammabile "nube oleosa-aria sotto pressione"; la propagazione dell'onda esplosiva ha provocato i danni meccanici rilevati (scoppio di tubi di collegamento per sovrappressione interna). Sempre secondo i testimoni oculari, si sono susseguiti immediatamente la fiamma, la vampata di calore che ha ustionato un addetto alla manutenzione, il boato udito a km di distanza e la proiezione di frammenti della copertura del locale a distanza di centinaia di m.

L'innesco, nelle condizioni esistenti all'atto dell'esplosione, può essere stato fornito da cariche elettrostatiche o da scintille da

attrito; è parsa anche ipotizzabile l'autoaccensione della miscela "nube oleosa-aria" surriscaldata per attrito con le pareti interne della tubazione. Secondo le definizioni correnti si è trattato di una esplosione di nube infiammabile confinata, con rottura del contenitore, proseguita come non confinata.

Se un serbatoio è tarato con acqua in kg... e lo si carica con esano in litri...

Durante il caricamento - in condizioni di scarsa attenzione - di un grande serbatoio verticale, il traboccamento di un rifiuto a base di solventi idrocarburici si è concluso con un'esplosione e un incendio (con un morto, alcuni feriti e danni materiali). Ai periti incaricati dalla magistratura è apparso un quadro poco edificante, per scarsa professionalità del responsabile e degli addetti. È risultato inoltre come concausa dell'incidente il fatto che il serbatoio fosse stato tarato originariamente con acqua (in peso) con la prescrizione che non si dovesse caricarlo per più del 70% in volu-



Fires and Explosions: recalling "Incidental Reaction"

ABSTRACT 

This short presentation of case histories of incidental combustion shows the relevance of recalling the accidents' memory, to avoid future repetitions. The seven cases here reported are from expert witnesses submitted to Italian Courts.



me. Ma col tempo, passando da caricamento di rifiuti liquidi di densità prossima a quella dell'acqua, quali soluzioni acquose di glicoli, a liquidi ricchi di idrocarburi leggeri infiammabili il traboccamento diventava un'eventualità da tener presente. Comportamento irresponsabile dell'addetto, che ha disattivato l'allarme di troppo pieno, e procedure "disinvolute" di caricamento del serbatoio, hanno contribuito all'incidente.

La nitratura è "sicura", l'intero ciclo del processo no

Questa esplosione non è stata una "combustione accidentale", però mi è parsa meritevole di considerazione.

La "nitratura aromatica" consiste nell'introduzione irreversibile di uno o più nitrogruppi in un nucleo aromatico, a sostituire atomi di idrogeno [12]. Un'azienda chimica giustamente considerata per il suo impegno nella ricerca, dotata di personale - chimici e ingegneri - esperto e dedicato, è incappata in un incidente consistente in un'esplosione, senza vittime ma con grande risonanza mediatica e conseguente intervento della magistratura. Il processo - basato soprattutto sulla nitratura in condizioni originali sviluppate dalla azienda stessa - aveva il fine di produrre un antiparassitario selettivo (nocivo per ingestione, altamente tossico per gli organismi acquatici).

Ai fini della sicurezza il processo chimico era stato controllato a fondo, anche con analisi termiche e calorimetriche. Non era stato altrettanto controllato l'intero ciclo operativo, che ovviamente non consiste solo nelle reazioni ma comporta anche la valutazione di quello

che avviene a valle dei reattori chimici, compresi ricicli, recuperi, ecc. Nell'occasione del riavviamento dell'impianto dopo manutenzione si è verificata un'esplosione nel tubo di collegamento al ribollitore di una colonna di distillazione di una corrente di HNO₃ diluito, scaricato dalle sezioni a monte, per riportarlo alla concentrazione dell'azeotropo HNO₃-H₂O (67%). A circa tale ultima concentrazione la soluzione acquosa dell'acido poteva essere riciclata e soltanto la parte di acido inquinata da residui della successione di reazioni veniva ceduta a ditte esterne per lo smaltimento quale rifiuto.

Il progetto della colonna era stato affidato a uno dei massimi esperti italiani di distillazione; la costruzione a una ditta specializzata. La situazione risultante - dopo interventi migliorativi - pareva assicurare un esercizio in condizioni di sicurezza. Tuttavia, non era stata valutata adeguatamente l'ipotesi che nella colonna citata arrivasse una soluzione acida trasportante anche sostanze organiche, termosensibili e reattive con HNO₃ e in quantità suscettibili di solidificare in condizioni possibili ma non considerate.

Bibliografia

- [1] FAST/SCI-Sez. Lombardia, Il controllo e la prevenzione delle esplosioni, Milano, 17-19 maggio 1989.
- [2] FAST/SCI Sez. Lombardia, Il controllo e la prevenzione delle esplosioni, Milano, 17-19 ottobre 1990.
- [3] Inst. Chem. Engineers, Hazard Workshop Module 003-Fires and Explosions, Rugby, UK, 1981.
- [4] Atti del Simposio "Gestione della sicurezza nell'industria chimica, petrolchimica e della raffinazione", Università di Roma "La Sapienza", 14-15 settembre 1995.
- [5] T. Kletz, *Proc. Safety Progress*, 1995, **14**, 271.
- [6] A. Girelli, *Riv. Combustibili*, 1998, **52**, 290; Parr Instrument Co., Analytical Methods for Oxygen Bombs (No. 207M); ASTM Method D808-91, "Standard Test Method for Chlorine in New and Used Petroleum Products (Bomb Method)".
- [7] C. Ortolani, *Casi di combustioni accidentali*, CittàStudi/Edizioni, Torino, 2001.
- [8] K.N. Palmer, *Dust explosion and fires*, Chapman & Hall, Londra, 1973.
- [9] P. Cardillo, E.J. Anthony, *Dust explosions and fires. Guide to literature*. Stazione sperimentale per i Combustibili, S. Donato Milanese, 1978.
- [10] P. Cardillo, *Guida allo studio e alla valutazione delle esplosioni di polveri*, Stazione sperimentale per i Combustibili, S. Donato Milanese, 2002.
- [11] ASTM, *Industrial dust explosion*, ASTM STP 958, Philadelphia, 1987.
- [12] Atti del Convegno "Nitrature sicure in laboratorio e in impianto industriale", S. Donato Milanese, 15 ottobre 1996.