

MATERIALE RADIOATTIVO NEI ROTTAMI METALLICI: RISCHI E PROBLEMATICHE

Curzio, G. (*) , A. Gentili (*) , S.Gentili (+)

(*) Dip. Costruzioni Meccaniche e Nucleari, Università' di Pisa

(+) Dip. Matematica e Informatica, Università' di Udine

Riassunto

L'impiego - ed il conseguente successivo smaltimento - di sorgenti e materiali radioattivi in medicina, nell'industria e nella ricerca, assume sempre maggior rilevanza nei paesi industrializzati. Inevitabilmente, in una certa frazione, le sorgenti radioattive usate vengono eliminate in modo improprio, spesso confuse nei rottami metallici destinati alla fusione nelle industrie metalsiderurgiche.

Questa situazione ha determinato una serie di incidenti con contaminazione radioattiva ambientale - di solito, ma non sempre, limitata all'interno delle aziende interessate - con i conseguenti rilevanti costi di decontaminazione, smaltimento e bonifica.

Nel presente lavoro vengono analizzate le dimensioni e implicazioni tecnico-economiche del problema ed esaminati potenzialità e limiti delle metodiche di misura e prevenzione.

INTRODUZIONE

Negli ultimi 10-15 anni si sono verificate - ed hanno spesso avuto larga eco sulla stampa - una serie di incidenti con rilascio di radioattività nell'ambiente, dovuti alla fusione accidentale di sorgenti radioattive da parte di industrie che riciclano rottami metallici, quali ferro, alluminio, zinco eccetera.

Il nostro paese non è esente da tali problematiche, ed anzi, data la natura dell'industria siderurgica italiana, si colloca tra quelli potenzialmente a rischio più elevato.

Questa situazione, spiegabile - almeno in parte - con il sempre maggior impiego di sorgenti e materiali radioattivi nell'industria ed in campo medico, ha creato e crea rilevanti problemi, fino ad ora fortunatamente soprattutto in termini economici, ed impone comunque l'adozione di adeguate contromisure di salvaguardia, sia da parte delle aziende potenzialmente interessate che dell'autorità pubblica.

DIMENSIONI DEL PROBLEMA

Nei soli Stati Uniti, negli anni 90, è stato mediamente autorizzato ogni anno l'impiego di 400.000-500.000 sorgenti da parte di circa 40.000 utilizzatori. Circa un ventesimo di tali sorgenti, costituite da radioisotopi con tempi di dimezzamento medio-lunghi, sono destinate ad impieghi industriali, con utilizzatori spesso "ignoranti" delle problematiche di radioprotezione connesse al loro impiego. Nessuna meraviglia, quindi, che alcune sorgenti radioattive finiscano per errore o disinformazione - o dolo - nelle scorie e nei rottami metallici destinati ad essere fusi e riciclati.

In tabella 1 sono elencati una serie di componenti o strumenti contenenti materiali radioattivi di uso comune in campo industriale e potenzialmente presenti nel rottame metallico.

A tali possibili fonti di incidente, per quanto riguarda il nostro paese, si aggiunga la carenza di controlli adeguati alla fonte in alcuni paesi fornitori di rottame e la difficoltà di controlli adeguati in frontiera, con la necessità di controllare in tempi rapidi carichi di grandi dimensioni.

In Italia, inoltre, la rilevanza del problema è acuita dal fatto che gran parte del prodotto metallico finito deriva dal riciclaggio di rottame, e che quindi il mercato del rottame interessa un notevole numero di aziende e di addetti.

Secondo stime della ASSOFERMET, associazione di categoria che raggruppa oltre 1000 aziende attive in Italia nel campo metalsiderurgico, sono circa 600 le aziende che raccolgono e commerciano rottame ferrosi e non. Tali aziende danno lavoro a circa 10.000 addetti, utilizzando 450 presse, 150 pressocesoie, 19 impianti di frantumazione e 11.000 cassoni di raccolta; tutto ciò ha permesso, nel 1997, di raccogliere, classificare e preparare circa 10,5 Mtons di rottame ferroso; il fabbisogno nazionale è stato, nello stesso anno, di 14.3 Mtons, e pertanto le acciaierie italiane hanno dovuto importare rottame per 3.8 Mtons.

Per quanto riguarda i materiali non ferrosi, su un fabbisogno totale di 1.6 Mtons, la raccolta italiana e' stata di circa 1 Mtons; il quantitativo mancante e' stato ottenuto attraverso importazioni.

La tipologia e le caratteristiche del rottame sono molto varie; in tabella 2 sono riportate, a titolo indicativo, tipologia e origine delle oltre 10 Mtons di rottami ferrosi impiegati nel 1997.

Al 1997 sono stati segnalati, nel mondo, oltre 500 casi di ritrovamento di sorgenti radioattive potenzialmente pericolose nel rottame destinato alla fusione e sono noti una cinquantina di casi di effettiva fusione, con gravi conseguenze, fortunatamente principalmente solo economiche, per le industrie coinvolte. I casi di fusione noti, avvenuti negli ultimi 15 anni, sono riportati in tabella 3.

Tenuto conto che i casi notificati sono certamente meno di quelli effettivi e che i costi economici, in termini di decontaminazione, smaltimento e soprattutto fermo impianto sono in ogni caso valutabili in decine di miliardi di lire/incidente, e' evidente la notevole rilevanza della questione.

In tabella 4 vengono riportati, ove noti, i costi di decontaminazione dell'impianto in alcune delle aziende vittime di incidenti di fusione di sorgenti radioattive. E' da notare che il costo di decontaminazione e' solo una componente - e non la principale - del costo globale di un incidente per l'azienda. Se si mettono in bilancio altri aspetti, in particolare fermi impianto, mancata produzione, ore lavorative perse etc., ci si accorge che il costo di decontaminazione e' compreso tra il 10% ed il 20% del costo per l'azienda, anche a non voler considerare la perdita di immagine, difficilmente quantificabile ma certamente non irrilevante.

METODICHE PER L'INDIVIDUAZIONE DI SORGENTI/MATERIALI RADIOATTIVI

La scoperta di fonti radioattive puo' avvenire o individuando a vista un pezzo sospetto (per caratteristiche, forma e soprattutto presenza di contrassegni di radioattivita') o mediante rilievi con strumentazione idonea. In tabella 5 e' riportata la percentuale di scoperte effettuate con i diversi metodi su 193 casi in USA, tra il 1983 ed il 1993.

Come si vede dalla tabella l'individuazione a vista ha una certa rilevanza, ma di gran lunga piu' utile si evidenzia la scoperta mediante misure radiometriche.

Tutte queste tecniche sono basate sulla misura di intensita' di esposizione determinata dalla radiazione gamma emessa dal materiale/sorgente radioattiva. Non e' infatti ragionevolmente possibile individuare radiazioni α o β , a bassissimo potere di penetrazione, emesse da sorgenti inserite in una matrice metallica di grandi dimensioni.

Tipicamente i controlli radiometrici vengono effettuati su:

- materie prime (rottame) in ingresso
- fumi e scoria derivanti dal processo di fusione
- prodotto finito (provini di colata)

Monitoraggio delle materie prime in ingresso

Viene realizzato per mezzo di controlli manuali (piccole fonderie, rivenditori di rottami) o per mezzo di monitori automatici fissi del tipo "portale".

Il portale funziona misurando, con due o piu' rivelatori di grande superficie, l'emissione di eventuali sorgenti radioattive presenti nel cassone di un camion o in un vagone ferroviario carico di rottame che passa a bassa velocita' (5-10 Km/ora) tra i rivelatori stessi. Buone apparecchiature sono in grado di rivelare una sorgente radioattiva con una intensita' di emissione tale da determinare un aumento del rateo di esposizione in aria al rivelatore di circa 10 nSv/h (pari a circa il 10% del fondo naturale). Con questa sensibilita' la maggior parte delle sorgenti radioattive di uso industriale finite accidentalmente nel rottame dovrebbero poter esser individuate, anche se inserite nella loro propria schermatura in piombo e ulteriormente schermate dal rottame stesso. Non cosi' per sorgenti radioattive di bassa energia o fortemente schermate (ad es. quelle di impiego medico che debbono garantire intensita' di esposizione molto basse quando non in funzione, o sorgenti volontariamente nascoste per dolo), che possono essere rivelate solo in condizioni di misura favorevoli.

In ogni caso circa 80% di tutti i casi di scoperta di sorgenti radioattive nel rottame sono avvenuti grazie ai portali. Attualmente in Europa i portali installati in industrie o alle frontiere sono centinaia.

Il monitoraggio manuale delle materie prime in ingresso con strumento portatile e' una tecnica accettabile solo per piccole strutture, con un afflusso di veicoli molto limitato. Infatti il controllo di un autoveicolo carico di rottame, per dare ragionevoli garanzie, richiede l'esecuzione di una serie di misure, effettuate posizionando via via la sonda dello strumento in varie posizioni lungo tutto il perimetro del cassone di carico. Tenuto conto dei tempi morti si puo' stimare in 15-30 minuti il tempo necessario per ogni singolo autoveicolo, incompatibile con un traffico sostenuto.

Il monitoraggio manuale garantisce sensibilita' di scoperta inferiori a quelle di un sistema fisso, oltre ad essere parzialmente inaffidabile in quanto troppo dipendente dall'operatore.

Monitoraggio dei fumi

Se viene fusa una sorgente radioattiva, in relazione al tipo di radioisotopo ed allo stato chimico-fisico in cui si trova, una parte della radioattivita' andra' nei fumi e verra' quindi concentrata nei filtri in uscita al camino. E' possibile rivelarla, con ottima efficienza e in tempi brevi, mediante un idoneo rivelatore, ad es. uno scintillatore, collegato ad un sistema di allarme.

Il sistema utilizza un tipo di strumento piu' che collaudato negli impianti nucleari, che garantisce certezza di risposta ed ottima sensibilita'. Il problema e' che un eventuale allarme scatta soltanto quando l'incidente e' gia' avvenuto, e serve soltanto a limitare i danni, evitando la contaminazione dell'impianto e delle aree a valle del forno.

Misura sui provini di colata

Generalmente viene realizzata misurando per alcuni minuti i provini di colata all'interno di un idoneo pozzetto, e utilizzando per la rivelazione un cristallo NaI(Tl) 2"x2" oppure 3"x3", collegato ad una catena multicanale. Si tratta di strumentazioni e tecniche piu' che collaudati, che garantiscono certezza di risposta e ottima sensibilita', e soprattutto la possibilita' di certificare il prodotto. Anche questa tecnica non ha alcuna utilita' preventiva, in quanto al momento della misura l'eventuale incidente e' gia' completamente avvenuto; e' solo possibile limitarne le conseguenze e bloccare una partita di prodotto contaminato.

CONCLUSIONI

Il rischio di incidenti connessi alla fusione di sorgenti radioattive in aziende siderurgiche che utilizzano come materia prima grandi quantitativi di rottame metallico e' certamente presente ed ha probabilita' di accadimento non trascurabili.

Le conseguenze di un incidente di fusione possono essere estremamente pesanti sul piano economico. Con probabilita' molto minore, con conseguenze difficilmente valutabili, ma comunque gravi, si potrebbero verificare incidenti con associato un danno sanitario per i lavoratori e la popolazione.

Gli strumenti e le tecniche di prevenzione disponibili sono in grado di ridurre fortemente i rischi e di scoraggiare iniziative e comportamenti illegali, ma non sono tecnicamente in grado di escludere completamente il verificarsi di un incidente del tipo considerato.

Tabella 1
Tipologie di materiali radioattivi potenzialmente presenti nei rottami metallici

Possibili componenti nei rottami	Isotopo radioattivo contenuto
Apparecchiature luminose per aerei	H-3, Pm-147, Ra-226, Sr-90, Kr-85
Ionizzatori	H-3, Po-210, Ra-226, Am-241
Quadranti indicatori per automobili	H-3
Parafulmini	Am-241, Ra-226
Bussole e attrezzature per la navigazione	H-3, Ra-226
Rilevatori di punto di rugiada	Ra-226, Th
Tubi elettronici e a vuoto	H-3, Co-60, Ni-63, Kr-85, Cs-137, Pm-147, Ra-226, Th
Rivelatori di fuoco/ fumo	U, Ra-226, Am-241
Misuratori (spessore, calibrazione, controllo di processo, misure di livello)	Am-241, Am/Be-241, Sr-90, Cs-137, Co-60, Ra-226, Kr-85, Ra/Be-226, Ir-192
Rivelatori di ghiaccio	Sr-90
Sorgenti per radiografie industriali	Co-60, Ir-192, Ra-226
Sorgenti per irraggiatori industriali	Co-60, Cs-137
Serrature di automobili autoluminose	H-3, Pm-147, C-14
Segnali autoluminosi	H-3, Pm-147, Kr-85, Ra-226, Th
Apparecchiature mediche (brachiterapia, teleterapia)	Am-241, Co-60, Cs-137, Ga-67, Ir-129, Sr-90 , I-125, Ra-226,
Rivelatori di fughe di radiazioni	Kr-85
Mattoni refrattari	Co-60, Th
Containers per marina mercantile schermati	Cs-137, Ra-226, Ir-192,Am-241
Ignitori radioattivi per post bruciatori di aerei	Co-60
Eliminatori di elettricità statica	Am-241, Po-210, Ra-226
Termostati (quadranti, lancette)	H-3, Pm-147
Strumentazione per perforazione di pozzi	Cs-137, Ra-226, Ra/Be-226, Am/Be- 241
Cronometri / orologi	Th, H-3, Pm-147, Ra-226

Tabella 2
Incidenti documentati nel mondo (1983-1997)

Anno e sito	Radioisotopo	Attività
1983 - New York	Co-60	25 Ci
1983 - Messico	Co-60	400Ci
1984 - Alabama	Cs-137	10-50 mCi
1984 - Taiwan	Co-60	10-20 mCi
1985 - Brasile	Co-60	ignota
1985 - California	Cs-137	1.5Ci
1985 - Alabama	Cs-137	10-50 mCi
1987 - Florida	Cs-137	25 mCi
1987 - Tennessee	Cs-137	25 mCi
1987 - Indiana (Al)	Ra 226	20 mCi (?)
1988 - Missouri (Cu)	prodotti acceler.	ignota
1988 - California (Pb)	Cs-137	20-25 mCi
1988 - Italia	Co-60	ignota
1989 - Louisiana	Cs-137	~ 500 mCi
1989 - Italia	Cs-137	~ 30 Ci
1989 - Pennsylvania	Th	ignota
1989 - U.S.S.R. (Al)	ignota	ignota
1990 - Irlanda	Cs-137	ignota
1990 - Italia (Al)	Cs-137	ignota
1990 - Utah	Cs-137	ignota
1991 - India	Co-60	200-500 mCi
1991 - Tennessee	Th	ignota
1992 - Kentucky	Cs-137	~ 325 mCi
1992 - Virginia	Ra-226	ignota
1992 - Texas	Cs-137	~200 mCi
1992 - Russia (Cu)	Co-60	ignota
1992 - Illinois	Cs-137	ignota
1993 - New-York	Cs-137	~ 1 Ci
1993 - Kentucky	Cs-137	~ 200 mCi
1993 - Texas	Cs-137	ignota
1993 - Georgia (Zn)	U depleto	ignota
1993 -Kazakhstan (Zn)	Co-60	< 20 mCi
1993 - Florida	Cs-137	ignota
1993 - Sud Africa	Cs-137	<0.02 µCi/g
1994 - Indiana	Cs-137	2 mCi
1994 - California	Cs-137	ignota
1994 - Bulgaria	Co-60	0.1 Ci
1995 - Canada	Cs-137	5 - 20 mCi
1995 - Rep. Ceca	Co-60	ignota
1996 - Svezia	Co-60	2.2 Ci
1996 - Austria	Co-60	ignota
1996 - Brasile (Pb)	Pb-210	ignota
1997 - Ohio	Co-60	25 mCi
1997- Kentucky (Al)	Cs-137	35 mCi
1997 - Tennessee (Al)	Am-241	ignota
1997- Kentucky	Th-232	ignota
1997 - Italia	Cs-137 + Co-60	1 Ci
1997 - Grecia	Cs-137	0.3 nCi/g
1997 - Alabama	Cs-137 + Am-241	>0.1 nCi/g

Tabella 3
Tipologia rottami ferrosi di origine nazionale

Origine	Tipologia	Quantita' (Mtons)
Cadute nuove	Scarti di produzione Semilavorati fuori standard	4
Demolizioni industriali	rottami da demolizione di impianti chimici, petroliferi, capannoni industriali etc.	2
Raccolta pesante	materiale eterogeneo	1.5
Demolizione auto	carrozzerie auto	1.2
Torniture	materiali di risulta derivanti da lavorazione di semilavorati nuovi	0.8
Ghisa	radiatori, caldaie, basamenti macchine utensili etc.	0.5

Tabella 4
Incidenti documentati e costi decontaminazione

Anno e sito	Azienda	Costo M\$
1983 - New York	Auburn Steel	4.4
1985 - Alabama	U.S. Pipe & Foundry	0.6
1985 - California	Tamco	1.5
1987 - Florida	Florida Steel	0.2
1987 - Indiana (Al)	Unided Technology	0.5
1988 - California (Pb)	ALCO Pacific	0.2
1989 - Louisiana	Bayou Steel	0.05
1989 - Pennsylvania	Cytemp	0.1
1990 - Utah	NUCOR Steel	2
1992 - Kentucky	Newport steel	1
1992 - Illinois	Keystone Wire	2.3
1993 - New-York	Auburn Steel	0.6
1997 - Italia	Alfa Acciai	4

Tabella 5
 Modi di scoperta di materiali radioattivi
 (193 casi in USA, tra il 1983 e il 1993)

Monitori fissi (portali)	165	85%
Monitori portatili	14	7%
Etichette di pericolo	6	3%
A vista	7	4%
Altro	1	<1%