

PREMESSA

La conoscenza del fenomeno espositivo dovuto all'uso di fibre artificiali vetrose o ad interventi su manufatti o impianti coibentati con materiali in fibre, rappresenta un aspetto fondamentale per intraprendere iniziative di natura prevenzionale per tutelare la salute dei lavoratori.

Con la proibizione (Legge 257\92) dell'uso di amianto o di manufatti contenenti amianto nei settori industriali e manifatturieri, nell'ultimo decennio si sono ulteriormente sviluppate ricerche o soluzioni per sostituire con materiali alternativi detto minerale. Sono stati introdotti materiali artificiali derivanti da minerali (silicati vari) per realizzare la così detta "lana di roccia", sono stati utilizzati materiali vetrosi per realizzare il prodotto definito "fibra di vetro", sono state realizzate miscele di ossidi (di alluminio e metalli alcalini), silice e caolino per produrre le "fibre ceramiche".

Le fibre ceramiche rappresentano tra la gamma dei materiali indicati, quelli che più si avvicinano alle caratteristiche fisico chimiche dell'amianto e, pertanto, sono i prodotti che più frequentemente vengono impiegati per le operazioni di coibentazione degli impianti e dei componenti che devono sopportare alti gradienti di temperatura (sino a 1500°C).

Purtroppo la sostituzione di un materiale nocivo con un nuovo materiale alternativo a volte non risolve il problema di tutela della salute degli operatori; infatti, soprattutto nei primi periodi di immissione sul mercato delle fibre ceramiche, venivano impiegati diffusamente dei materiali che solo in seguito sono stati considerati, anche se con minore potenzialità rispetto all'amianto, anch'essi cancerogeni. Pertanto negli ultimi anni le tecnologie produttive di detti materiali si sono evolute verso la realizzazione di coibenti meno pericolosi per la salute; tuttavia, nel caso di alcune situazioni operative in cui è necessario raggiungere elevate prestazioni di isolamento termico e preservare la superficie refrattaria dagli alti tenori di umidità, attualmente non si può ancora evitare l'uso delle fibre ceramiche.

Nell'ambito del piano sanitario regionale è raccomandato di seguire con attenzione le tipologie produttive che implicano un impiego o una diffusione nell'ambiente di lavoro di sostanze cancerogene.

In relazione a tale orientamento e in virtù di uno specifico protocollo di intesa con l'Assessorato Regionale alla Sanità, l'Istituto ha intrapreso nella nostra Regione una campagna di monitoraggio del rischio indotto dalla diffusione delle fibre artificiali in questione, integrando le valutazioni con quel-

le svolte parallelamente da alcune ASL del territorio. Tale iniziativa, oltre a rendere possibile anche un'azione di assistenza alle aziende monitorate, è tanto più significativa allo scopo sia di realizzare un censimento delle attività o delle mansioni "a rischio" sia per caratterizzare le entità medie delle esposizioni degli addetti al fine di evitare una difficile valutazione a ritroso nel tempo come si è verificato per la problematica dell'amianto.

Per le specifiche peculiarità refrattarie dei materiali sono state prese in considerazione aziende che operano nel settore della realizzazione di forni nonché opifici del settore siderurgico, in particolare esaminando le operazioni di manutenzione del rivestimento coibente dei forni fusori e di ricottura.

I MATERIALI IN FIBRA ARTIFICIALE VETROSA

Le fibre artificiali vetrose (Man Made Vitreous Fiber, MMVF) sono materiali inorganici fibrosi con struttura molecolare amorfa, che vengono prodotti a partire da minerali e ossidi di vario tipo. Esse sono diffusamente utilizzate nel campo dell'isolamento termo-acustico e come materiali di rinforzo nei prodotti plastici e nell'industria tessile. In particolare, trovano impiego nella coibentazione di componenti di impianti nei comparti in cui si svolgono cicli produttivi "a caldo". Specialmente in questi comparti, le MMVF sono state considerate come una valida alternativa all'amianto grazie alle loro proprietà di resistenza termica e di resistenza chimica, e per la minore tossicità a carico della salute.

Nel corso di studi sperimentali, tuttavia, è stata riscontrata l'insorgenza di carcinomi e mesoteliomi su animali di laboratorio sottoposti sia ad inalazione forzata sia ad insufflazione di fibre artificiali a livello della pleura. Anche se queste evidenze non sono state supportate in modo chiaro e definitivo da studi epidemiologici (1,2), le fibre artificiali vetrose sono oggetto di interesse igienistico-sanitario dal 1988.

In base agli studi sperimentali, la pericolosità delle fibre artificiali vetrose si esplica particolarmente per via inalatoria ed è correlata alle caratteristiche dimensionali e alla composizione chimica delle fibre. La conformazione dimensionale discrimina la frazione respirabile delle fibre e condiziona la durata della loro permanenza nei polmoni (biodisponibilità e biopersistenza); mentre la composizione chimica influenza la solubilità delle fibre nei liquidi biologici (3).

Nel 1988 la World Health Organization (WHO) ha suddiviso le MMVF in quattro categorie in base al metodo di produzione ed alle dimensioni medie delle fibre (4):

<i>Categoria</i>	<i>Materiali di partenza</i>	<i>Metodo di produzione</i>	<i>Diametro fibre</i>
Fibre a filamento continuo	Vetro	Trafilatura	6 - 15 μm
Lane isolanti *	Rocce silicatiche, vetri boro-silicatici / calcio-silicatici	Soffiatura	2 - 9 μm
Fibre refrattarie**	Caolino, ossido di alluminio, silice e altri minerali	Centrifugazione, soffiatura	1,2 - 3 μm
Fibre per scopi speciali	Vetro	Attenuazione di fiamma	0,1 - 3 μm

* lana di vetro, lana di roccia, lana di scoria

** Fibre ceramiche ed altre fibre refrattarie

Contestualmente l'International Agency for Research on Cancer (IARC) ha prodotto la prima classificazione igienistica delle MMVF (5) includendo le fibre ceramiche e le lane isolanti nel gruppo 2B (*possibile cancerogeno per l'uomo*), mentre le fibre di vetro non state considerate cancerogene per l'uomo (gruppo 3 - *non classificabile cancerogeno per l'uomo*).

Nel 2002 la IARC ha ripreso la classificazione delle MMVF (6) allocando le sole fibre ceramiche refrattarie (FCR) e quelle "per scopi speciali" nel gruppo 2B mentre per tutte le altre tipologie di fibre ha espresso un giudizio più rassicurante (gruppo 3).

In sede di Unione Europea, con la Direttiva della Commissione Europea 97/69/CE del 5 dicembre 1997, le MMVF sono state inserite fra le sostanze pericolose sottoposte ad obbligo di etichettatura e classificate in base alla composizione chimica ed alle caratteristiche dimensionali delle fibre (7):

Fibre Ceramiche Refrattarie	MMVF con tenore in ossidi di metalli alcalini e alcalino-terrosi pari o inferiore al 18% in peso	Cancerogeni di categoria 2	Fraresi di rischio R49* ed R38*
Lane Minerali	MMVF con tenore in ossidi di metalli alcalini e alcalino-terrosi superiore al 18% in peso	Cancerogeni di categoria 3	Fraresi di rischio R40* ed R38

*R49 Può provocare il cancro per via inalatoria

R40 Possibilità di effetti cancerogeni; prove insufficienti

R38 Irritanti per la pelle

L'Italia, con il D.M. del 01/09/1998, ha recepito tale direttiva e con la circolare n.4 del 15/03/2000 il Ministero della Sanità (8, 9) ha chiarito tutti i possibili dubbi interpretativi indicando anche i criteri tramite i quali le FCR e le lane minerali possono essere esentate dall'etichettatura quale agente cancerogeno (deroghe previste dalla nota R e dalla nota Q):

Fibre Ceramiche Refrattarie	Esentate dalla classificazione di cancerogeno se il diametro medio ponderato rispetto alla lunghezza della fibra a meno di due errori standard è maggiore di 6 μ m (nota R)
Lane Minerali	Esentate dalla classificazione di cancerogeno in base alla nota R oppure se si dimostra che sono rispondenti ai test biologici elencati alla nota Q.

Nella stessa circolare si sottolinea che i valori limite di esposizione occupazionale alle fibre aerodisperse (intesi come TLV-TWA, cioè concentrazione media ponderata nel tempo per una giornata lavorativa di 8 ore) raccomandati dall'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), sono pari a 1.0 ff/cm³ per le lane minerali (vetro, roccia, scoria) e 0.2 ff/cm³ per le FCR (10).

Recentemente sono inoltre stati immessi nel mercato nuovi materiali fibrosi, efficaci nell'isolamento a temperature prossime ai 1000°C e definiti "ecologici" in virtù della loro composizione chimica (contenuto in peso di ossidi alcalino-terrosi superiore al 18%) e di una ridotta biopersistenza polmonare (nota Q). Essi, pur rientrando nel gruppo delle lane minerali, vengono classificati solo come Irritanti, con frase di rischio R38, grazie alla deroga prevista dalla nota Q.

Il limite di utilizzo di tali materiali è la loro spiccata idrosolubilità; non sono pertanto adatti ad ambienti ove si sviluppano umidità o vapori d'acqua.

Nella seguente tabella si confrontano la classificazione tecnologica delle fibre e le classificazioni a fini igienistici di questi materiali effettuate dalla IARC e dalla CE. E' evidente la difformità di valutazione del potenziale cancerogeno attribuito alle fibre da queste organizzazioni, probabilmente imputabile alle incertezze dei riscontri epidemiologici.

WHO (1988)	IARC 2002	CE 1997	
Fibre a filamento continuo	Gruppo 3 - <i>non classificabile cancerogeno per l'uomo</i>	Lane minerali	Categoria 3 - <i>possibile cancerogeno per l'uomo</i>
Lane isolanti			
Fibre per scopi speciali	Gruppo 2B - <i>possibile cancerogeno per l'uomo</i>	Fibre ceramiche refrattarie	Categoria 2 - <i>probabile cancerogeno per l'uomo</i>
Fibre refrattarie			

In Italia, comunque, l'unica classificazione riconosciuta dal punto di vista normativo è quella formulata dalla Dir 97/69/CE e che corrisponde, ovviamente, alla classificazione CE 1997.

Un ulteriore aspetto di interesse igienistico riguardante le fibre ceramiche refrattarie, è rappresentato dai possibili processi di devetrificazione a carico

di questi materiali durante l'esercizio a temperature generalmente superiori ai 1000-1200 °C. Tali processi possono portare alla formazione di cristobalite (SiO₂) ed altre fasi cristalline con meccanismi di cristallizzazione ancora poco chiari e condizionati dalla temperatura, dal periodo di esercizio e dalla composizione chimica della miscela (11, 12).

Evidenze scientifiche inducono a ritenere che i prodotti della cristallizzazione delle fibre che contengono approssimativamente silice ed allumina in eguale quantità, siano mullite e cristobalite, mentre l'aggiunta di ossidi di Zr, Fe, nella miscela originaria, comporterebbe un aumento delle caratteristiche di resistenza delle fibre alle alte temperature e la formazione di fasi cristalline addizionali, per esempio Zircone (ZrSiO₄) e Baddeleyte (ZrO₂) (13).

In definitiva, da un punto di vista sanitario le attività in cui si utilizzano fibre ceramiche refrattarie potrebbero costituire un'occasione di esposizione al rischio di inalazione di fibre aerodisperse e di polveri costituite dalle fasi cristalline derivanti dalla loro trasformazione.

È da ricordare che la IARC ha classificato la cristobalite ("Crystalline silica - inhaled in the form of quartz or cristobalite from occupational sources") nel Gruppo 1-*cancerogeno per l'uomo* (14) mentre l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) ha inserito tra le proposte di modifica del 2004 l'assegnazione della classe A2-*carcinogeno sospetto per l'uomo* con una possibile riduzione del TLV-TWA da 0,05 a 0,025 mg/m³ (15).

Per completezza di trattazione si citano le fibre di allumina meglio conosciute con il loro nome commerciale di "Saffil". Queste sono tecnicamente delle fibre refrattarie poiché presentano un altissimo punto di fusione (2000 °C), hanno diametro molto piccolo, intorno ai 3 micron in media, solubilità inesistente, ma sono costituite al 96-97% da ossido di alluminio e solo al 3-4% di ossido di silice, il che consente loro di rientrare nel capitolo delle lane minerali secondo la classificazione CE 1997.

Studi condotti su cavie da laboratorio in termini di esposizione a lungo termine non hanno dato evidenze di insorgenza di malattie classiche da esposizione a fibre quali cancro del polmone, mesotelioma della pleura, fibrosi polmonare, dimostrando che questi materiali mancano delle caratteristiche necessarie per indurre l'insorgenza di tali patologie. Ciò consente ai produttori di eliminare le frasi di rischio R dall'etichettatura di tale prodotto ai sensi della Circolare n. 4 del 15/03/2000 il Ministero della Sanità nota Q.

A fronte di tali positive caratteristiche in termini tossicologici, resta da evidenziare la scarsa applicazione negli impianti produttivi di questi prodotti a causa degli alti costi che essi presentano.

L'UTILIZZO DELLE MMVF IN UMBRIA

Nel territorio umbro le realtà produttive in cui è frequente l'impiego delle MMVF di maggiore interesse sanitario, con particolare riferimento alle fibre ceramiche refrattarie, appartengono al comparto metalmeccanico.

Allo scopo di caratterizzare l'esposizione professionale connessa all'utilizzo delle fibre artificiali in questo comparto, sono state prese in considerazione aziende che svolgono attività di costruzione dei forni di cottura per le ceramiche e aziende che si occupano della manutenzione ordinaria / straordinaria dei forni e di particolari componenti all'interno di stabilimenti siderurgici. La manipolazione di materiali in fibra artificiale nel ciclo produttivo di queste aziende, ha luogo durante le fasi in cui viene realizzato o ricostruito il rivestimento isolante degli impianti.

Per quanto riguarda le ditte che costruiscono forni per le ceramiche, il settore è costituito da imprese a carattere artigianale di dimensioni medio piccole con un numero di dipendenti non superiore alle dieci unità.

Gli interventi di manutenzione negli stabilimenti siderurgici sono affidati a ditte esterne di dimensioni medio-piccole. Il numero degli addetti alla realizzazione delle coibentazioni può variare da due a dieci unità.

Descrizione delle lavorazioni

Forni per la ceramica

Il settore della costruzione di forni per la ceramica ha in Umbria un considerevole impatto; vi operano diverse ditte che producono forni di tutte le dimensioni e che, nonostante il loro carattere di piccola impresa, riescono fornire un prodotto all'avanguardia che viene esportato sia in campo nazionale sia all'estero.

I forni per ceramica sono alimentati a gasolio o mediante energia elettrica, ma tutti prevedono lo stesso ciclo costruttivo che può schematicamente essere descritto come segue:

- realizzazione della carpenteria metallica;
- attrezzaggio del forno con impiantistica elettrica, impianto di alimentazione, bruciatori;
- coibentazione finale mediante fibre ceramiche refrattarie e particolari in muratura refrattaria per le pareti, il tetto ed il carrello di base del forno.

In media ogni ditta impiega due o tre operai specializzati nelle operazioni di coibentazione che hanno durata variabile a causa della metodologia

impiegata e delle dimensioni del forno da realizzare. Esse prevedono il rivestimento realizzato con fibra ceramica refrattaria (FCR) in forma aggregata di materassino ed il riempimento di eventuali vuoti con fibre vetroceramiche in forma sciolta (fiocco); entrambi i tipi di materiale provengono dallo stesso fornitore che approvvigiona tutte le ditte visitate sul territorio umbro. Le principali caratteristiche del materiale sono riportate in tabella:

Tabella 1: principali tipologie di fibre utilizzate (dati estratti dalle schede tecniche)

Identificazione	Composizione	T di fusione	Etichettatura
Fibre ceramiche refrattarie - CAS 142 844-00-6	SiO ₂ : 48 - 60 %; Al ₂ O ₃ : 25 - 52%; ZrO ₂ < 15%	1650 °C	T, R49, R38

In funzione del carattere artigianale della lavorazione, ogni ditta ha sviluppato proprie tecniche e modalità di utilizzo delle fibre, in particolare alcune ditte ripiegano il materassino su se stesso sino ad ottenere dei blocchi compatti (Z block) che vengono assemblati incastrandoli l'uno contro l'altro lungo pareti e tetto dei forni. Altre invece procedono all'appuntaggio del materassino tal quale ritenendo tale sistema più semplice ed efficace. Le diverse procedure condizionano ovviamente l'entità della diffusione di fibre, ma un contributo ancor più significativo è dato dalle diverse operazioni manuali effettuate dai singoli addetti, vale a dire che la variabile umana è, come spesso accade, rilevante ai fini della esposizione misurata (16).

Gli operatori del settore sono stati, in media, informati dai datori di lavoro dei rischi cui sono esposti durante l'attività lavorativa e sono stati loro forniti i necessari DPI da indossare durante le operazioni di manipolazione delle fibre, questi sono: tute monouso in "Tyvek", guanti in crosta di pelle e mascherine del tipo FFP3 quelle cioè a maggiore capacità filtrante. I lavoratori usano generalmente tali dispositivi a meno dei guanti che ritengono troppo limitanti nella sensibilità manuale. Si rileva che non vengono forniti né occhiali protettivi né soprascarpe monouso.

In alcune ditte, a seguito di prescrizioni dell'organo di vigilanza, è stato segregato il reparto in cui si fa utilizzo di fibre ceramiche e si è provveduto ad installare impianti di aspirazione localizzati nei punti di maggiore diffusione di fibre. In assenza di prescrizioni i datori di lavoro non si sono dimostrati sensibili all'argomento.



Figura 1: Montaggio del rivestimento in FCR sul tetto di un forno per ceramiche



Figure 2 e 3: Lavori di coibentazione con pannelli in FCR di componenti di un forno

Le ditte produttrici di forni per ceramica si occupano anche della installazione e della manutenzione degli stessi. La manutenzione, che riguarda anche la coibentazione realizzata con fibre vetroceramiche, viene, di regola, effettuata periodicamente presso l'impianto in cui il forno è stato installato, ma talvolta, quando prevede tempi molto lunghi o particolari operazioni, viene effettuata in sede.

La manutenzione dei forni per ceramica prevede, fra le altre, la verifica e la sostituzione del materiale fibroso deteriorato. Questo si presenta spesso bruciato, strappato e molte volte contaminato dai prodotti in cottura, quindi rossastro e polveroso. La sostituzione delle fibre prevede la rimozione di tali elementi deteriorati, la pulizia dello stato coibente di base, spesso realizzata con sistemi ad aria compressa, ed il posizionamento di nuovi elementi modulari, materassini, e fibra al fiocco per riempire gli spazi vuoti e/o correggere tagli effettuati nei materassini precedentemente in opera.

È da rilevare, che la manutenzione spicciola della coibentazione fibrosa dei forni viene spesso effettuata direttamente dagli utilizzatori dei forni stessi, il che crea una coorte occulta di lavoratori esposti a rischio inalazione fibre che, molto spesso, non è neanche informata sui rischi che la manipolazione di fibre vetroceramiche comporta. Non è infrequente infatti, durante visite effettuate a ditte produttrici di manufatti in ceramica, imbattersi in scatole aperte o addirittura deteriorate di fibre ceramiche abbandonate in angoli dei capannoni senza che venga posta alcuna attenzione alla dispersione di fibre nell'ambiente di lavoro.

Impianti siderurgici

Negli stabilimenti siderurgici presi in esame, i materiali in fibra ceramica refrattaria (FCR) vengono applicati sui coperchi delle siviere di colata dell'acciaio liquido e sugli schermi dei bruciatori asserviti alle siviere, all'interno dei forni di preriscaldamento e nei forni di trattamento termico dell'acciaio. Se ne è riscontrato l'uso anche nella coibentazione di particolari forni fusori della ghisa. In ogni caso, le condizioni di esercizio degli impianti coibentati con FCR, sono caratterizzate da temperature superiori a 1200 °C o prossime a 1600 °C.

Diversamente, l'isolamento termico sulle parti di impianto in cui le temperature sono inferiori a 1100 - 1200 °C, viene spesso realizzato con materiali in lana minerale del tipo "fibra ecologica" differenti dalla fibra ceramica refrattaria per caratteristiche prestazionali e tossicologiche.

Nella tabella seguente sono riportate le principali caratteristiche dei materiali:

Tabella 2: principali tipologie di fibre utilizzate (dati estratti dalle schede tecniche)

Identificazione	Composizione	T di fusione	Etichettatura
Fibre ceramiche refrattarie CAS 142 844-00-6	SiO ₂ : 48 - 60 %; Al ₂ O ₃ : 25 - 52%; ZrO ₂ < 15%	1650 °C	T, R49, R38
Fibre di vetro per alta temperatura	SiO ₂ : 72 -77%; MgO: 19 - 26%	1500 °C	Esonerate - nota Q
Fibre di vetro per alta temperatura	SiO ₂ : 60 -70%; (MgO, CaO): 25 - 40%; ZrO ₂ < 10%	1300 °C	Esonerate - nota Q

I lavori di rimozione/applicazione dello strato coibente sui coperchi delle siviere vengono svolti in un'area dedicata del reparto fusorio. Essi interessano l'intera superficie del supporto metallico (diametro 3 metri) solo al termine del ciclo di vita della carpenteria; diversamente gli interventi si limitano alle porzioni usurate dello strato coibente. L'estensione della superficie usurata, pertanto, è variabile e influenza la durata delle operazioni, che può oscillare da 1 ora per piccoli interventi a 4 - 6 ore nel caso in cui venga sostituito il rivestimento di tutto il supporto. Le operazioni impegnano due/tre addetti.

Per la realizzazione del rivestimento coibente si utilizzano moduli di fibra in formato di blocchi ("pyrobloc") di dimensioni in media 30x30x25 cm aventi una struttura metallica interna che consente il fissaggio del blocco al coperchio. La rimozione consiste essenzialmente nell'asportazione dei blocchi di fibra con pinze e leve per dissaldarne i fermi metallici dal supporto. Il materiale, ripetutamente bagnato nel corso delle operazioni, viene insaccato a mano con l'uso di una pala e poi trasportato verso il sito di raccolta.

La posa in opera richiede la pulizia del supporto metallico, spesso eseguita con sistemi ad aria compressa, l'apertura dell'imballo dei nuovi blocchi e, per alcuni di questi anche operazioni di taglio effettuate con sega a nastro o con taglierino. Infine, l'armatura interna dei blocchi di fibra viene saldata al supporto con un apposito macchinario. Durante la manipolazione, il materiale non è sottoposto a bagnatura.



Figura 4: Taglio dei "pyrobloc" in FCR



Figura 5: Rimozione del materiale in FCR dal coperchio di una siviera



Figure 6 e 7: Lavori di rimozione della fibra usurata dal coperchio di una siviera



Gli interventi di sostituzione del rivestimento in fibra dei forni vengono effettuati in ambienti semiconfinati o confinati, all'interno dei forni aventi dimensioni di 2x2,5x70 m o 6x6x20 m. Lo strato coibente viene formato con i predetti "pyrobloc" e/o con pannelli di dimensioni 60x5x50 cm. I pannelli vengono rifiniti con un taglierino, spalmati con un apposito cemento e poi applicati alla parete pressandone e battendone la superficie manualmente. La rimozione del materiale in fibra avente questo formato viene effettuata a mano: si stacca il pannello dalla parete e poi si insaccano i rifiuti con una pala.

Il numero delle unità lavorative addette all'intervento cambia in funzione delle dimensioni del settore di cui è necessario ricostruire il rivestimento coibente, comunque non è inferiore a due. Anche la durata delle lavorazioni è variabile con l'entità dell'intervento.



*Figure 8: Lavori per la coibentazione di un forno di trattamento termico.
È evidente la porta di accesso all'impianto*



Figure 9: Rifinitura dei blocchi di fibra per la coibentazione di un forno

I materiali usurati vengono bagnati nel corso delle operazioni di rimozione. L'applicazione dei materiali nuovi, invece, ha luogo in condizioni asciutte.

Gli operatori normalmente indossano tute in "Tyvek", guanti e maschere con filtro di protezione FP2 o FP3. Si è rilevato, invece, che non vengono utilizzati né occhiali protettivi né soprascarpe monouso; l'area di lavoro non è delimitata e non sono presenti sistemi di aspirazione o di ricambio d'aria.

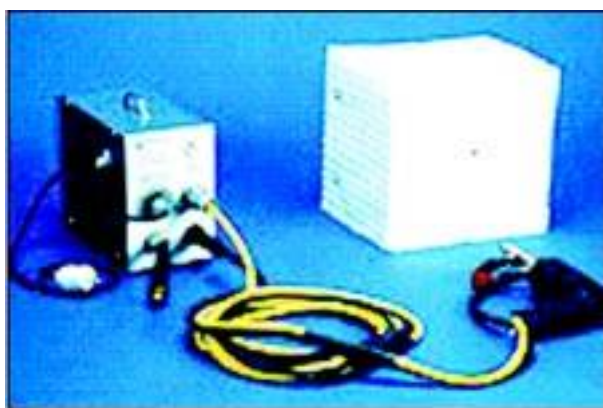
Per quanto riguarda le lavorazioni in fonderia, l'uso di prodotti a base di fibre ceramiche refrattarie riguarda i forni elettrici ad induzione, dove il metallo viene fuso grazie all'attraversamento di una corrente elettrica prodotta per induzione elettromagnetica a temperature che si aggirano intorno ai 1500°C. La fibra, accoppiata alla mica in fogli di 2,5 mm di spessore ("mica-fibra"), è collocata all'interno dei forni tra la pigiata refrattaria ed il cemento refrattario, così che le fibre risultano confinate e, nelle normali condizioni di esercizio, non direttamente accessibili ai lavoratori della fonderia. L'unica situazione in cui si può verificare una loro aerodispersione è rappresentata dall'esecuzione degli interventi di manutenzione, ed in particolare la fase di rifacimento (demolizione / ricostruzione) del forno, con conseguente possibile esposizione da parte dei lavoratori addetti a tali operazioni (17).



a)



b)



c)

Figura 10: Formati di materiali in FCR utilizzati durante le lavorazioni:

a) Fogli di fibra

b) Materassini / pannelli

c) "Pyrobloc" e macchinario per l'ancoraggio



*Figure 11 e 12: Demolizione di un forno fusorio in fonderia.
La fibra è confinata tra la pigiata refrattaria e il cemento refrattario*



In alcune parti dell'impianto le temperature in gioco non superano i 1100°C, come nel caso delle canalette di scorrimento della ghisa fusa, che si estendono dal forno "cap" alla staffa, e di tutte le zone di contatto metallo-metallo interessate da elevate temperature: qui la minore capacità isolante richiesta ha condotto all'impiego di materiali di nuova generazione rappresentati dalle cosiddette "ecofibre".

METODOLOGIA DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI

Sono stati effettuati campionamenti personali e ambientali delle fibre aerodisperse e prelievi di campioni massivi del materiale fibroso.

Il campionamento delle fibre aerodisperse è stato condotto con le modalità e i parametri fissati dal D.lgs 277/91 (18) e dal D.M. 6/9/1994 (19).

In particolare, è stato effettuato il prelievo personale nella zona di respirazione dei singoli lavoratori utilizzando i seguenti dispositivi:

- a. per la captazione, filtri a membrana in esteri di cellulosa del diametro di 25 mm e porosità di $0,8 \mu\text{m}$ con reticolo stampato inseriti in portafiltri a faccia aperta muniti di cappa metallica cilindrica di 40 mm.
- b. per l'aspirazione, pompe a batteria tarate ad un flusso di 1 l/m o 2 l/m in funzione del livello di inquinamento e della durata dell'operazione.

Per quanto riguarda l'analisi quantitativa delle fibre, le membrane sono state trattate con il metodo acetone - triacetina ed analizzate con la tecnica MOCF (Figure 9 e 10) applicando le regole di conteggio del metodo WHO/EURO 1985 (20), nelle linee generali conformi alle specifiche del D.Lgs. 277/91. In dettaglio sono state considerate utili ai fini del conteggio, le fibre aventi le seguenti caratteristiche:

- diametro $< 3 \mu\text{m}$
- lunghezza $> 5 \mu\text{m}$
- rapporto lunghezza / diametro $> 3 \mu\text{m}$

In accordo con il metodo suddetto, tali caratteristiche sono state valutate trascurando eventuali contatti con particelle di diametro $> 3 \mu\text{m}$, nel senso che, anche in tal caso, le fibre sono state considerate utili al conteggio e ciò per garantire un maggior livello di tutela dei lavoratori esposti.

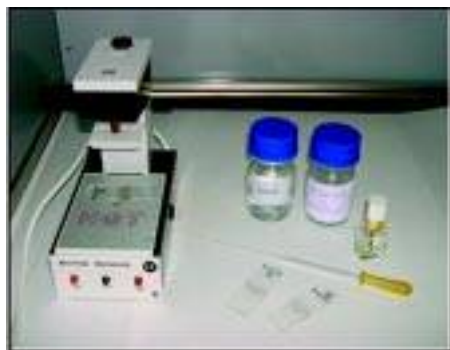


Figure 13 e 14: la preparazione delle membrane filtranti con il metodo acetone - triacetina (a sinistra) e il microscopio per l'osservazione in contrasto di fase (a destra)

Al fine di evidenziare eventuali prodotti della devetrificazione presenti nelle polveri della frazione respirabile sono stati effettuati anche prelievi del particolato respirabile in parallelo con i prelievi di fibre.

Il campionamento è stato effettuato utilizzando cicloni preselettori con stabilizzatore di flusso, modello Casella (Dewell Higgins), con pompe a batteria tarate ad un flusso di aspirazione di 2,2 l/min. Per la captazione del particolato sono state impiegate membrane filtranti in argento e in policarbonato con diametro di 25 mm e porosità di 0,8 μm .

La diffrattometria dei raggi X (DRX) è stata utilizzata per l'individuazione delle fasi presenti sia sui campioni massivi sia sulle membrane in argento usate per la captazione di polveri respirabili

Parte dei campioni massivi sono stati sottoposti anche ad analisi in riflettanza diffusa in FTIR (spettrofotometria infrarossa a trasformata di Fourier): tecnica DRIFT per l'individuazione delle fasi minerali presenti.

Le analisi DRX sono state condotte con anodo di rame, tensione di 40 kV, intensità di 40 mA, slit di divergenza pari a 1 grado, slit ricevente pari a 0.2 gradi, portacampioni rotante, scansione continua, intervallo di risposta 2 θ compreso tra 11.0 e 70.0 gradi con velocità di scansione pari a 0.020 gradi al secondo.

Le analisi FTIR sono state realizzate con uno spettrofotometro Nicolet, modello Nexus 470/670/870 con sorgente IR operante nell'intervallo di numeri d'onda compreso fra 4000 e 400 cm^{-1} , separatore di raggio KBr, Rilevatore DGTS-KBr.

Sono inoltre state effettuate microanalisi in microscopia elettronica a

scansione (SEM) per lo studio approfondito dei materiali in merito alla individuazione di eventuali forme di fusione, superfici cristalline e/o disomogeneità composizionali. L'esame è stato eseguito con tensione di 25 kV e ingrandimenti fino a 35.000X.

RISULTATI DELLE INDAGINI E DISCUSSIONE

Esposizione a fibre respirabili

Forni per la ceramica

La tabella 3 riporta i dati raccolti. Si è scelto di non accorpare i dati relativi a ditte diverse proprio per mettere in evidenza quanto le differenti metodologie operative scelte dalle ditte determinino differenze nelle concentrazioni di fibre rilevate. Per motivi di anonimato le ditte sono state indicate con lettere dell'alfabeto:

Tabella 3: Concentrazioni rilevate per tipo di lavorazione. I numeri in grassetto rappresentano valori superiori TLV-TWA raccomandato dall'ACGIH (0.2 ff/cm^3).

Ditta	Attività/mansioni (numero di prelievi)	Valore medio (ff/cm ³)	Dev. Stand.
A	Coibentazione tetto forno all'esterno (1)	0.22	-
B	Coibentazione tetto forno all'esterno (4)	0.37	0.06
A	Coibentazione pareti forno all'interno (3)	0.13	0.09
B	Coibentazione pareti forno all'interno (4)	0.12	0.06
C	Coibentazione pareti forno all'interno (3)	0.24	0.06
A	Coibentazione pareti forno con fiocco all'interno (1)	0.44	-
A	Coibentazione cappa forno poggiata su piano di lavoro (1)	0.09	-
A	Pieghettatura materassino (2)	0.07	0.01
B	Pieghettatura materassino (3)	0.22	0.02
C	Rifilatura manuale tasselli fra mattoni (1)	0.35	-

Le ditte A e B ripiegano il materassino su se stesso ottenendo gli Z blocks, la ditta C non utilizza tale tecnica ed installa il materassino tal quale solo mettendolo a misura con forbici e coltelli.

Nella ditta B, durante le operazioni di coibentazione, si è proceduto a campionamenti ambientali per individuare l'area caratterizzata dall'inquinamento. I dati sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 4: Concentrazioni ottenute nei campionamenti ambientali condotti durante operazioni di coibentazione.

Ditta	Distanza della postazione dagli operatori (numero di prelievi)	Valore medio (ff/cm ³)	Dev. Stand.
B	Fra 1 e 2 metri (3)	0,07	0,04
B	Oltre i 4 metri (5)	0,04	0,02

Nel settore della costruzione di forni per ceramica è possibile individuare 2 mansioni omogenee: la coibentazione delle pareti e del tetto dei forni e l'operazione di preparazione degli Z blocks.

Le operazioni di coibentazione comportano esposizioni superiori ai limiti di attenzione, è da notare l'esposizione a concentrazioni maggiori nelle operazioni di coibentazione del tetto dei forni, tale risultato è da associare con ogni probabilità alla posizione che l'operatore assume. Questi, infatti, lavora all'esterno del forno, inginocchiato sulla superficie da coibentare e spinge il viso molto vicino ad essa, ciò non si verifica durante l'operazione di coibentazione delle pareti interne del forno che, pur avvenendo in ambiente semi-confinato (l'interno del forno) consente all'operatore il mantenimento della stazione eretta e di una maggiore distanza dalla superficie in lavorazione. Da sottolineare l'alta concentrazione che si origina durante l'impiego di materiali allo stato di fiocco. Nella ditta C sono state misurate le più alte concentrazioni durante operazioni di coibentazione delle pareti, ciò è da associare alle operazioni di messa a misura del materassino di fibra effettuate tutte manualmente e talvolta condotte all'interno del forno stesso e cioè ancora una volta in ambiente confinato. Altro risultato interessante è il confronto fra i dati di concentrazione misurati nelle ditte A e B durante le operazioni di preparazione degli Z blocks (vedi Grafico 1). In entrambi i casi l'operazione è automatizzata, ma nella ditta B la macchina richiede un controllo costante da parte dell'operatore con manipolazione continua del materassino di fibra mentre la macchina della ditta A funziona molto più autonomamente e prevede l'intervento umano solo nella applicazione della reggetta al blocco.

Per ultimo si evidenzia che l'inquinamento da fibre aerodisperse decade rapidamente allontanandosi dalle sorgenti. I prelievi effettuati a meno di 2 metri di distanza dagli operatori mostrano una riduzione dei valori di almeno un ordine di grandezza.

Nel Grafico 1 riportato di seguito si possono confrontare i risultati delle analisi MOCF rispetto alla tipologia di operazione:

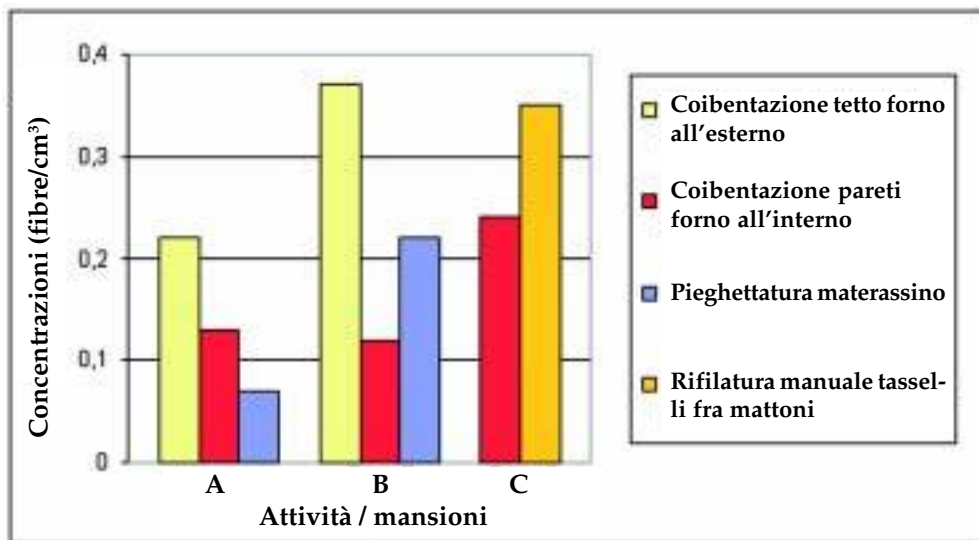


Grafico1

È da rilevare che l'osservazione in MOCF dei campioni di fibre aerodisperse ha messo in evidenza la formazione di fibre respirabili con diametro minimo di almeno un ordine di grandezza inferiore a quanto dichiarato dai costruttori nelle schede di sicurezza. Non è infrequente infatti misurare fibre con diametro compreso nell'intervallo 0,2-0,6 μm . L'arricchimento dei campioni in fibre così sottili è da mettere probabilmente in relazione con il sistema di campionamento che privilegia la captazione di tali elementi.

Impianti siderurgici

Per quanto riguarda questo settore, le indagini hanno interessato tre aziende (Ditte D, E, F) che svolgono attività di manutenzione ordinaria e straordinaria all'interno di stabilimenti siderurgici. Sono, inoltre, state monitorate le operazioni di manipolazione di lane minerali da parte del personale d'esercizio in uno degli stabilimenti (Ditta G).

Nelle seguenti tabelle sono riportati i risultati dei prelievi personali e di quelli ambientali.

Tabella 5: risultati delle analisi al MOCF dei campioni personali di fibre respirabili.

Ditta		Attività / mansioni (numero di prelievi)	Valore medio (ff/cm ³)	Dev. St.
Acciaieria	D	Rimozione moduli FCR dal coperchio siviera - materiali bagnati (3)	0,114	0,025
		Assistenza e movimentazione (3)	0,045	0,023
		Montaggio di moduli FCR sul coperchio siviera - materiali asciutti (3)	0,257	0,097
	E	Movimentazione e taglio (3)	0,117	0,023
		Rimozione pannelli in FCR all'interno forno, parete di fondo - materiali asciutti (1)	5,53	–
		Montaggio di blocchi / pannelli in FCR, all'interno del forno - materiali asciutti (3)	0,868	0,159
		Assistenza e taglio - esterno (3)	0,426	0,148
		Montaggio pannelli in lana "ecologica" su componenti d'impianto, in esterno - materiali asciutti (1)	0,420	–
		Taglio, compattazione (1)	0,260	–
Fonderia	F	Taglio e sistemazione finale (1)	0,200	–
		Assistenza demolizione (2)	0,12	–
		Conduzione automezzo con utensile demolitore (1)	0,02	–
	G	Ricostruzione-taglio e apposizione mica-fibra (2)	0,16	–
		Taglio e applicazione materassino in lana minerale "eco-fibra" (2)	0,06	–

Tabella 6: risultati in MOCF dei prelievi ambientali in postazioni fisse poste a distanza di 2 m dall'operazione principale

Attività (numero di prelievi)	Valore medio (ff/cm ³)	Dev. St.
Rimozione moduli in FCR dal coperchio siviera - materiali bagnati (2)	0,067	–
Montaggio di moduli in FCR sul coperchio siviera - materiali asciutti (2)	0,051	–
Montaggio di blocchi/pannelli in FCR all'interno di un forno - materiali asciutti (4)	0,080	0,033

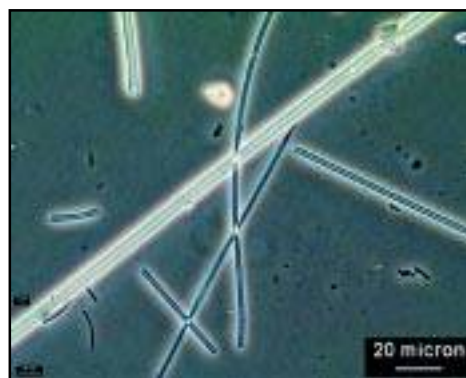


Figure 15 e 16: immagini al MOCF (obiettivo 40x) di campioni di particolato aerodisperso relativi alla rimozione (a sx) e all'applicazione (dx), a secco, di FCR.

Nell'ambito delle lavorazioni indagate è possibile distinguere tra la mansione adibita al montaggio/rimozione degli elementi in fibra e la mansione di supporto che svolge operazioni di taglio, movimentazione e assistenza in generale.

Va sottolineato che gli interventi di manutenzione hanno una durata variabile in base all'estensione della superficie deteriorata del rivestimento in fibra. I livelli espositivi riportati in Tabella 5, pertanto, sono riferiti alla singola attività. È vero, altresì, che possono aver luogo interventi manutentivi che impegnano gli addetti per l'intera giornata lavorativa e sono del tutto assimilabili a quelli monitorati.

Le misurazioni effettuate durante le attività di manutenzione dei forni e delle siviere in acciaieria, dimostrano comunque che le fasi di lavoro critiche sono rappresentate dalla manipolazione di materiale fibroso asciutto, dall'esecuzione di lavori di rimozione e di installazione all'interno di ambienti confinati, privi o con scarsi sistemi di ricambio dell'aria, dal trattamento "aggressivo" dei materiali. I prelievi hanno evidenziato che i livelli di esposizione a fibre aerodisperse degli addetti raggiungono valori elevati quando si eseguono operazioni di ripristino del coibente dei forni manipolando materiali non bagnati; in particolare le concentrazioni di fibre sono risultate maggiori nella fase di rimozione rispetto a quella di montaggio (Figure 15 e 16), mentre in ambiente non confinato la rimozione dei materiali fibrosi bagnati può generare livelli di fibre in concentrazione aerodispersa inferiore a quella prodotta dal montaggio dei materiali nuovi asciutti.

Si è, infine, riscontrato che l'inquinamento da fibre aerodisperse decade rapidamente allontanandosi dalle sorgenti. I prelievi effettuati a 2 metri di distanza dagli operatori mostrano una riduzione dei valori che può raggiungere un ordine di grandezza.

Per quanto riguarda l'utilizzo delle FCR in fonderia, si è riscontrato che queste sono confinate nello strato isolante dei forni elettrici; mentre le altre fibre utilizzate routinariamente nell'impianto appartengono ormai quasi esclusivamente alle lane minerali e spesso sono del tipo "ecologico". Ne consegue che gli operatori di esercizio sono esposti a livelli di concentrazione di fibre minerali aerodisperse quasi trascurabili; mentre per gli addetti alla manutenzione dei forni (demolizione, rifacimento e/o riparazione del materiale isolante) possono verificarsi esposizioni a livelli di concentrazione di fibre ceramiche refrattarie di maggiore entità.

Nel Grafico 2 di seguito riportato, si confrontano i risultati dei prelievi per ditta e tipologia di attività:

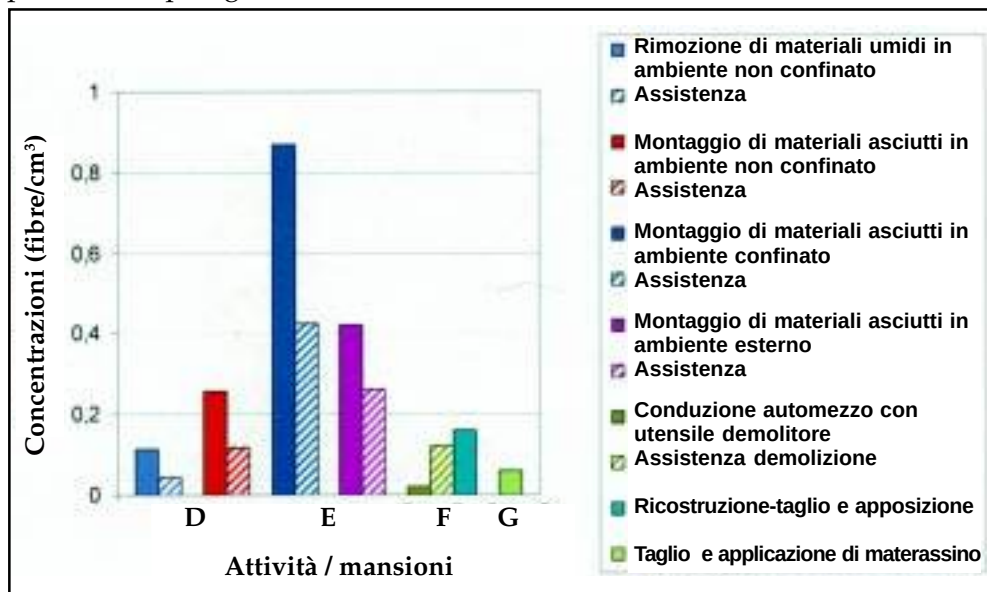


Grafico 2: Risultati dei prelievi personali di fibre rappresentati per tipologia di attività e per ditta

Prodotti della devetrificazione

Nel corso delle indagini realizzate nel settore degli impianti siderurgici, sono stati raccolti campioni massivi di fibre vetroceramiche sottoposti a shocks termici ripetuti nel corso della loro "vita lavorativa". Tali materiali erano ragionevolmente suscettibili di presentare minerali di neoformazione o, come vengono chiamati in letteratura anglosassone, prodotti della devetrificazione.

La quasi totalità dei campioni è stata divisa in due parti ed inviata a laboratori diversi per la esecuzione delle analisi in diffrazione ai raggi X (DRX) e di quelle in spettrofotometria infrarossa a trasformata di Fourier (FTIR).

I risultati delle indagini sono stati incoraggianti poiché entrambi i sistemi di analisi hanno confermato l'esistenza di fasi di neoformazione in tutti i campioni (21, 22). Le immagini sottostanti (Grafici 3 e 4) riportano esempi di diffrattogrammi e spettri di campioni rappresentativi; la tabella che segue mostra nel dettaglio i risultati di tutte le analisi condotte completate dalla descrizione delle differenti condizioni di esposizione dei campioni, in termini di temperatura e durata dell'esercizio.

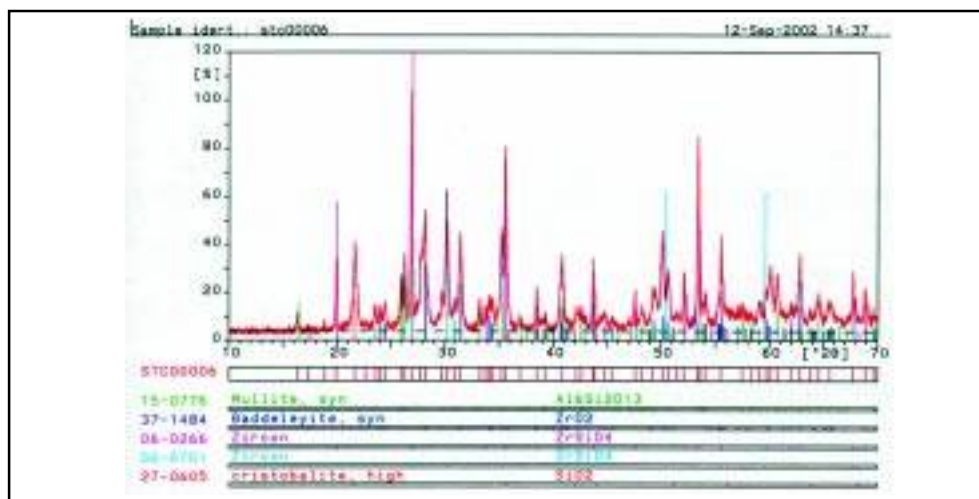


Grafico 3: Analisi DRX del campione H della Tabella 7, la curva in rosso rappresenta il segnale della cristobalite (23)

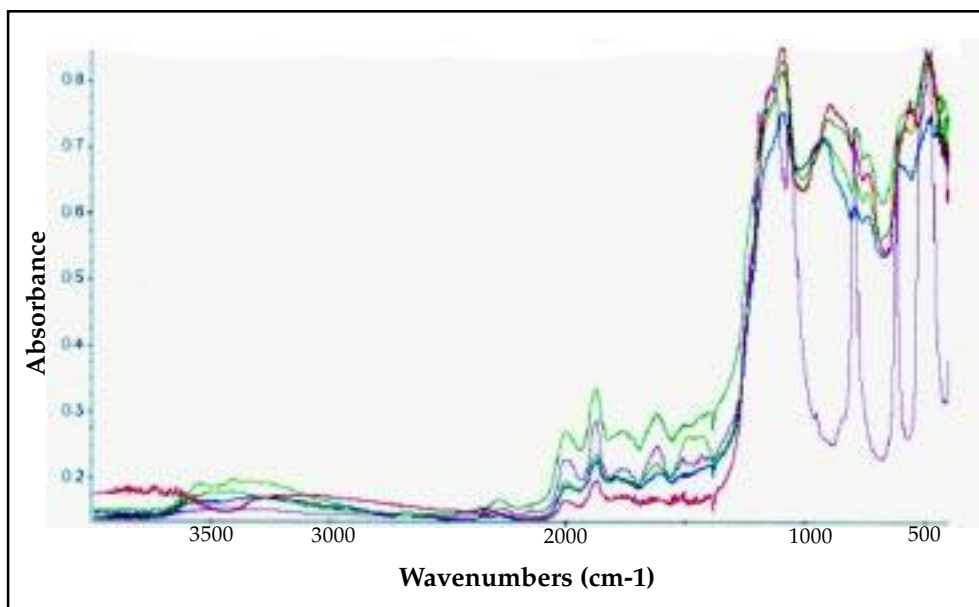


Grafico 4: FTIR dei campioni: P (verde scuro), M (blu), L (verde chiaro), H (rosso) comparati con lo spettro dello standard NIST della cristobalite (fucsia) (23)

Tabella 7: risultati delle analisi in diffrazione a RX e spettrofotometria ad infrarosso dei campioni massivi di FCR.

Campione / Punto di prelievo		Condizioni di esposizione		Minerali				
		Temp. (°C) – h/g	Mesi	Mullite	Sillimanite	Cristobalite		Opale*
A	Coperchio siviera n. 6: campione in superficie	1600° - 20 h/g	12 ÷ 24	XX	X	X	Nd	XX
B	Coperchio siviera n. 6 : 10 cm dalla superficie	1600° - 20 h/g	12 ÷ 24	X	-		Nd	X
C	Coperchio siviera n. 6: 20 cm dalla superficie	1600° - 20 h/g	12 ÷ 24	-	-	-	Nd	-
D	Coperchio siviera n. 6: campione a contatto con la carpenteria	1600° - 20 h/g	12 ÷ 24	-	-	-	Nd	-
E	Coperchio siviera n. 14	1600° - 3 h/g	8	-	X	-	OO	XX
F	Coperchio siviera n. 8	1600° - 20 h/g	12	XX	X	-	-	X
G	Schermo bruciatore n.3: parte superficiale dello strato	900°÷1000°, 22 h/g	12 ÷ 24	-	-	X	-	-
H	Schermo bruciatore n.3: centro	900°÷1000°, 22 h/g	12 ÷ 24	X	-	X	O	X
I	Coperchio siviera n.4	1600°, 4 ore/g	12	X	-	-	O	X
L	Schermo bruciatore n.3: bordo	900°÷1000°, 22 h/g	24	X	-	-	OO	X
M	Schermo bruciatore n.3: parte interna	900°÷1000°, 22 h/g	24	XX	X	-	OO	XX
N	Porta del forno di preriscaldamento 28	800°÷1220°, 24 h/g	4	XX	-	-	OO	XX
O	Porta del forno di preriscaldamento 30	800°÷1220°, 24 h/g	11	XX	XX	X	Nd	X
P	Forno di cottura	400°÷1240°, 24 h/g	8	XX	X	-	OO	XX
Q	Laminato a caldo	850 °, 16 h/g	24	XX	-	-	O	-
R	Forno di trattamento termico	700°, 8 h/g	5	-	-	-	-	-
S	Forno - A	1300 °, 24 h/g	6	XXX	X	-	O	-
T	Forno 400	1260, 24 h/g	120	XXX	-	-	-	X
U	Coperchio siviera	1600, 24 h/g	2	XX	X	-	-	X
V	Coperchio siviera	1600, 24 h/g	12	XX	X	-	O	XX
Z	Coperchio siviera	1600, 24 h/g	12÷20	XX	X	-	O	XX

*con microcristalliti di cristobalite

Nd = non disponibile

X = minerale individuato con indagini DRX

O = minerale individuato con indagini FTIR

N.B Le indagini in diffrazione sono state condotte nell'intero campo di rilevazione dello strumento (400-4000 cm⁻¹) al fine di verificare la presenza di qualunque specie minerale di neoformazione, mentre le indagini in spettrofotometria sono state orientate alla sola ricerca della cristobalite.

Dai risultati delle analisi sembra confermato che almeno gli strati superficiali dei prodotti esposti a T superiori a 600 °C, siano interessati da fenomeni di trasformazione in fasi cristalline. Di contro, nei campioni esaminati si evidenzia una non sistematica presenza della cristobalite che sembra affiancata da fasi criptocristalline della silice assimilabili all'opale.

Sono stati effettuati anche prelievi di polvere respirabile in parallelo con i prelievi personali di fibre aerodisperse durante la rimozione della fibra esausta nel corso delle attività di manutenzione. Va premesso che l'esame in DRX è stato necessariamente rivolto a membrane raccolte su operazioni piuttosto brevi. In nessuno dei filtri esaminati è stata rilevata la presenza della cristobalite ma questa evidenza sperimentale, combinata con i dati dei volumi di prelievo e quelli delle prestazioni della tecnica adottata, permette di affermare solo che durante le operazioni esaminate il valore di 0,05 mg/m³ di cristobalite non veniva superato.

I campioni sottoposti all'osservazione al SEM hanno mostrato forme di fusione tondeggianti che derivano molto probabilmente dalla produzione delle fibre, e zone di accrescimento regolare, indicative della neo-formazione di cristalliti. Alla microanalisi non sono risultate significative variazioni di chimismo all'interno del materiale.

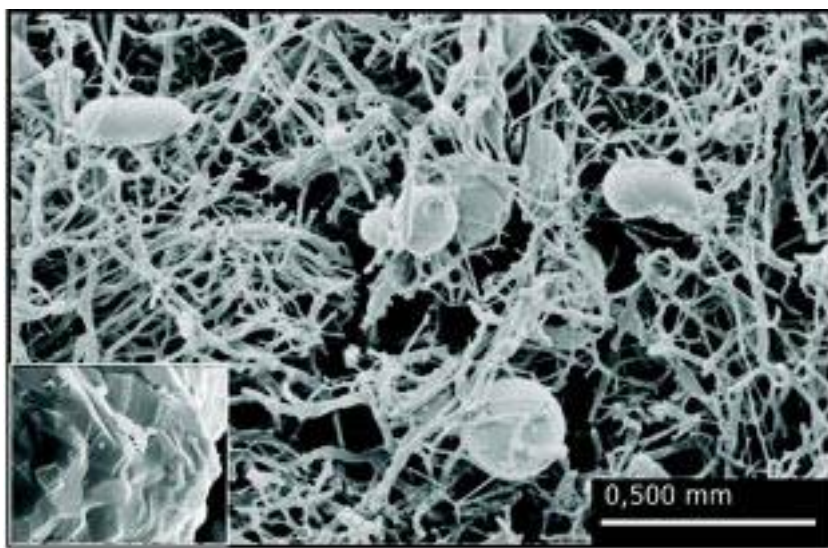


Figura 17: Foto di un campione di fibre osservato al microscopio a scansione elettronica (SEM). L'ingrandimento mostra la formazione di cristalliti.

CONCLUSIONI

I dati presentati forniscono una misura indicativa dell'esposizione a fibre artificiali degli operatori addetti alla costruzione dei forni per la ceramica e di quelli addetti alle attività di manutenzione del rivestimento coibente negli impianti siderurgici. Non è sempre possibile effettuare un numero di prelievi sufficiente a produrre un campione di misure statisticamente significativo, anche a causa della ridotta ripetibilità delle condizioni operative in particolare dei lavori di manutenzione. Tuttavia, gli esiti delle indagini sono in linea con i dati di letteratura (24, 25) confermando, in entrambi i settori indagati, la criticità dell'utilizzo di MMVF in termini di esposizione dei lavoratori all'inalazione di fibre potenzialmente cancerogene, in concentrazioni ben al di sopra dei valori limite.

Considerando che i risultati ottenuti trovano comunque riscontro nei dati bibliografici, lo studio condotto consente di focalizzare l'attenzione su alcune delle possibili misure di prevenzione e protezione da segnalare alle aziende per contenere la dispersione di fibre nonché l'esposizione degli addetti.

È indispensabile, nella scelta dei provvedimenti, tenere conto della priorità indicata nell'art. 3 del D.Lgs 626/94 (*Misure generali di tutela*), che può essere schematizzata individuando quattro categorie di misure di tutela di seguito elencate in ordine crescente di importanza:

1. Sostituire l'agente fonte di rischio / ridurre il rischio alla fonte
2. Installare sistemi impiantistici/fisici di protezione collettiva
3. Introdurre adeguate procedure di lavoro
4. Utilizzare idonei dispositivi di protezione individuali

In prima istanza, quindi, dovrebbe essere evitato l'utilizzo di fibre artificiali che rientrino in categoria 2 o in categoria 3 secondo la classificazione della CE : probabile o possibile cancerogeno per l'uomo. Nei casi in cui l'utilizzo di tali materiali sia strettamente necessario bisognerà imporre le maggiori cautele possibili in ambito lavorativo.

Nella fattispecie, come ben evidenziano i dati ottenuti con le indagini effettuate, è necessario porre in essere una serie accorgimenti di riduzione alla fonte della dispersione delle fibre quali possono essere: utilizzare acqua per bagnare l'ambiente di lavoro, umidificare i cumuli di rifiuti, bagnare diffusamente, ove possibile, i materiali da manipolare.

Un ulteriore passo è l'installazione di sistemi di aspirazione e di ricambio d'aria, in particolare se le lavorazioni hanno luogo in ambiente confinato o semiconfinato e se riguardano materiali in FCR (cancerogeni di categoria 2). È comunque opportuno che anche le altre postazioni, se dedicate alle operazioni di rifinitura e taglio degli elementi in fibra, siano munite di sistemi di abbattimento delle fibre quali bocche di aspirazione localizzate e cappe aspiranti. I risultati del presente lavoro dimostrano, infatti, che possono verificarsi punte espositive anche a carico di queste mansioni.

In quest'ambito di intervento relativo alla protezione collettiva, si pone anche la necessità di delimitare e compartimentare l'area di lavoro per evitare che le fibre si disperdano nell'ambiente di lavoro e costituiscano fonte di rischio anche per i non addetti ai lavori e per consentire la messa in pratica di corrette procedure di pulizia da parte degli operatori. Ciò anche in considerazione del fatto verificato durante le indagini, che l'inquinamento da fibre decade almeno di un ordine di grandezza già alla distanza di 1 - 2 metri dall'operazione principale.

Per quanto riguarda le procedure operative e organizzative atte a consentire la minore diffusione possibile delle fibre, dai risultati ottenuti nel corso delle indagini si evince che può essere utile sviluppare delle procedure per l'automazione di tutti i processi ripetitivi. Deve essere inoltre assicurata una regolare pulizia degli ambienti di lavoro con sistemi aspiranti che prevedano il lavaggio delle superfici.

In ultimo è necessario imporre l'utilizzo di tutti i DPI atti ad impedire il contatto dei lavoratori con le MMVF ed il loro involontario trasporto fuori dei luoghi di lavoro: tute monouso, occhiali protettivi, mascherine FFP3, guanti e copriscarpe monouso.

In sostanza, considerando il potenziale cancerogeno delle fibre e non essendo ancora presente nella normativa italiana una regolamentazione tecnica che come il DM 6/9/94 per l'amianto, indichi quali criteri e mezzi debbano adottarsi per un impiego sicuro delle fibre, è opportuno applicare all'utilizzo di questi materiali sostitutivi misure di cautela simili a quelle imposte dalla legge per la manipolazione dei materiali a base di amianto, graduate in funzione della classificazione a fini igienistico - sanitari dei materiali e dell'entità del livello di inquinamento prodotto dalle attività (9).

Ringraziamenti

Si ringraziano il collega dott. Stefano Massera della Con.T.A.R.P. Centrale e il collega per. chim. Carlo Novi della Con.T.A.R.P. Campania per la consulenza e per il supporto analitico fornito per le analisi in diffrattometria a raggi x e per quelle in spettro-fotometria infrarossa. Si ringrazia, inoltre, il personale del servizio PSAL della USL 2 - area assisana, in particolare la dott.ssa Patrizia Garofani, per la collaborazione fornita con cortesia e professionalità per quanto riguarda le attività di manutenzione in fonderia, mettendo a disposizione i dati e il materiale fotografico in suo possesso.

BIBLIOGRAFIA

- ALEXANDER M. W., L. DANIEL Maxim And Mark Utell "Risk analysis for mortality from respiratory tumors in a cohort of refractory ceramic fiber workers. Reg. Toxic. Pharm. 2002, 35: 95-104.
- MC CONNELL E. "A science paradigm for the classification of syntetic vitreous fibers" Reg. Toxic. Pharm. 2000, 32: 14 -21.
- MUSSELMAN R. T. et al. "Relationship between lung biopersistence and biological effects of man made vitreous fibres after chonic inhalation in rats" Environmental Health Perspetives, 102: 139 - 143, 1994.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) "Man-made mineral fibres" Environ-mental Health Criteria, no 77. Geneva (1988).
- INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (IARC): Man Made Mineral Fiber and Radon. Lyon: IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, Vol. 43, 1988.
- INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER: MAN MADE VITROEUS FIBRES. Lyon: IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, Vol. 81, 2002.
- DIRETTIVA 97/69/CE DELLA COMMISSIONE del 05.12.97 recante 23° adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/548/CEE. G.U. U.E. L343 del 13.12.97.
- D.M. 01.09.98, MINISTERO DELLA SANITÀ. G.U. n.271 del 19.11.98, Serie Generale.
- CIRCOLARE DEL MINISTERO DELLA SANITÀ, 15.03.00 n.4 G.U. n.88 del 14.04.00, Serie Generale.
- ACGIH: Valori limite di soglia- Indici biologici di esposizione. AIDII. G. Ig. Ind., Suppl. Vol. 26 n.1 Gennaio 2001; 68.
- DYASON D.J., BUTLER M. A., HUGHES R. J., et al. "The de-vitrification of aluminosilicate ceramic fibre materials - the kinetics of the formation of different crystalline phases". Ann Occup Hyg; 41(5): 561-590, 1997.
- KHORAMY J., LEMIEUX A., DUNNIGAN J., et al. "Induced conversion of aluminium silicate fibers into Mullite and Cristobalite by elevated temperatures: a comparative study on two commercial products". Thermochemica Acta, 120: 1-7, 1987.
- LASKOWSKY J.J., YOUNG J., GRAY R., et al. "The identity, development and quantification of phases in devitrified, commercial-grade, aluminosilicate, refractory ceramic fibres: an x-ray powder diffractometry study". Analytica Chimica Acta, 56: 1016-1022, 1994.
- INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER: SILICA, some Silicates, Coal Dust

and para Aramid Fibrils. Lyon: IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, Vol. 68, 1997.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH): Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents - Biological Exposure Indices 2004. Cincinnati: ACGIH 2004.

CONTINISIO R., QUARANTA M.A., RUSPOLINI F., TAGLIERI L. "MMMF: Mappatura del rischio in Umbria". Presentato al 19° Congresso annuale AIDII 2001: Napoli 6-8 giugno 2001: 87-91

DELLA PENDA E., GAROFANI P., CEPPISELLI R., MISCETTI G.: "Rischio da fibre artificiali vetrose nei comparti produttivi umbri: risultati preliminari di uno studio delle attività di manutenzione nelle aziende siderurgiche". Atti del 3° Seminario Con.T.A.R.P., INAIL, Napoli 2003.

D. L.vo 15.08.91 n.277. G.U. n.200 del 27.08.91, Serie Generale, Supplemento Ordinario.

D.M. 06.09.94. G.U. n.288 del 10.12.94 Serie Generale, Supplemento Ordinario.

WORLD HEALTH ORGANIZATION "Reference methods for measuring airborne Man-Made Mineral Fibres" Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, Environmental Health Report No. 4, 1985.

CASALE M., CASTELLET Y BALLARÀ G., CONTINISIO R., DELLA PENDA E., GARGARO G., MERCADANTE L., MARCONI A., MASSERA S., NOVI C., RUSPOLINI F., SINOPOLI S. "Devitrification products of aluminosilicate refractory fibers after use as high-temperature furnace insulant: studies by xrd, ftir, optical and electronic microscopy, and exposure data". 3rd International Symposium on Silica, Silicosis, Cancer and other Deseas, S. Margherita Ligure, 2002;

BODO P., CASALE M., CASTELLET Y BALLARÀ G., CONTINISIO R., DELLA PENDA E. GARGARO G., MASSERA S., MARCONI A., MERCADANTE L., MISCETTI G., NOVI C., RUSPOLINI F., SINOPOLI S. "La devetrificazione di fibre ceramiche isolanti per alte temperature in forni industriali: uno studio preliminare". Presentato al 20° Congresso annuale AIDII 2002 Viterbo 19-21 giugno 2002 Atti del congresso: 171-176.

TQ Analyst "Programma specifico per l'analisi IR e NIR, che consente la costruzione di modelli qualitativi e quantitativi". Thermo Nicolet, 5225 Verona Road, Madison, WI, U.S.A. Melvin W.F.: "Air Sampling and Analysis for contaminants in workplaces, in Air sampling instruments for evaluation of atmospheric contaminants". 6a Edizione 1983, ACGIH, Cincinnati, USA, A-4-A-5.

CATANI J., CERTIN J.F., CHARRETTON M. et al. "Exposition professionnelle aux fibres ceramiques refractaires", Hygiene Et Securite' Du Travail 2003, 191: 5-28.

Maxim L.D., Allshouse J.N. et al. "Workplace monitoring of refractory ceramic fiber in the United States". Reg. T.