

È POSSIBILE IL RECUPERO INVECE DELLA DISCARICA

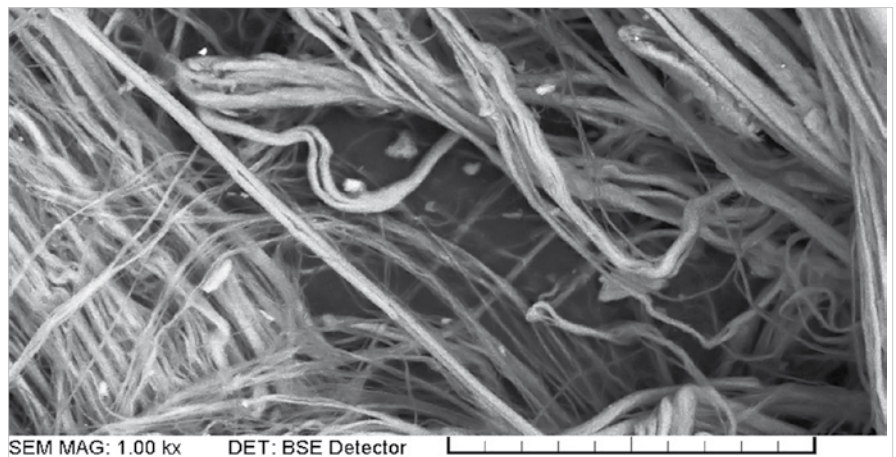
VISTA LA PERICOLOSITÀ DELL'AMIANTO, SONO NUMEROSI GLI STUDI E LE NORMATIVE CHE NE REGOLANO OGNI FASE DELLO SMALTIMENTO. OGGI È POSSIBILE INERTIZZARE I MATERIALI CONTENENTI AMIANTO RENDENDOLI INNOCUI E RIUTILIZZABILI. I PROCESSI POSSONO AVVENIRE PER ATTACCHI CHIMICI AD ALTA TEMPERATURA, COMMINUZIONE SPINTA, TRATTAMENTI TERMICI.

Amianto, le principali norme

Dal 1992 a oggi si susseguono diverse normative, emanate da ministero della Sanità e poi da quello dell'Ambiente, per gestire la difficile eliminazione dell'amianto dagli ambienti di vita e di lavoro, dagli edifici pubblici e dai mezzi di trasporto, per dare indirizzi sulla valutazione del rischio e sulle modalità corrette per la movimentazione, il trasporto e lo smaltimento dei *rifiuti contenenti amianto* (Rca). La strada è ancora complessa. Esiste un Piano nazionale dal 2012, non approvato per mancanza di fondi, e ci sono Piani regionali, tra cui quello della Regione Emilia-Romagna (Dgr 1945/2017). *Legge 257/1992*: legge quadro che impone il divieto di estrazione, importazione, esportazione, commercializzazione e produzione di amianto (*foto 1*), di prodotti di amianto o di prodotti contenenti amianto, in quanto cancerogeno (classificato da Iarc "Categoria 1 - cancerogeno certo per l'uomo"); all'art.3 sono definiti i limiti della concentrazione.

Dpr 8 agosto 1994, ministero della Sanità: fornisce alle Regioni gli indirizzi operativi per l'attuazione dei Piani regionali amianto.

Dpr 6 settembre 1994, ministero della Sanità: fissa le norme e le metodologie per valutare il rischio, il controllo, la



1



2

- 1 Fasci di fibre di crisotilo proveniente dalla Valmalenco.
- 2 Trattamento lastre di eternit prima della rimozione.
- 3 A sinistra pacco di lastre di cemento-amianto prima del trattamento termico; a destra il materiale dopo trattamento termico.
- 4 Schema del forno a tunnel per il trattamento dei pacchi di cemento-amianto con una zona di pre-cottura, zona di cottura (Tmax 1200-1300 °C) e zona di raffreddamento. L'impianto include un sistema di trattamento dei fumi in uscita comprensivo di post-combustore a 1100 °C.

manutenzione e la bonifica di materiali contenenti amianto presenti nelle strutture edilizie; fissa le norme e le metodologie per la bonifica, compresa l'innocuizzazione dei materiali contenenti amianto (Mca).

Dlgs 22/1997: prevede l'obbligo dell'iscrizione all'Albo nazionale delle imprese che effettuano la gestione dei rifiuti, in particolare le imprese che intendono effettuare attività di bonifica dei siti, di bonifica dei beni contenenti

amianto, di commercio e intermediazione dei rifiuti, di gestione di impianti (Albo di cui all'art. 10 del DI 361/1987).

Dm 248/2004: regolamento per effettuare il recupero dei prodotti e beni contenenti amianto; il decreto da disposizioni in merito alla gestione e al conferimento in discarica dei Rca, classifica i Rca con i codici CER (*foto 2*).

Sono elencati i principali trattamenti finalizzati alla trasformazione cristallografica dell'amianto, processi

definiti come tali da annullare la presenza di amianto, degradando in maniera completa e irreversibile la struttura cristallina fibrosa, consentendone il riutilizzo come materia prima assolutamente inerte. Dal 2004 solo in Italia sono stati prodotti più di 30 brevetti di processi con questa finalità.

Come si inertizza l'amianto?

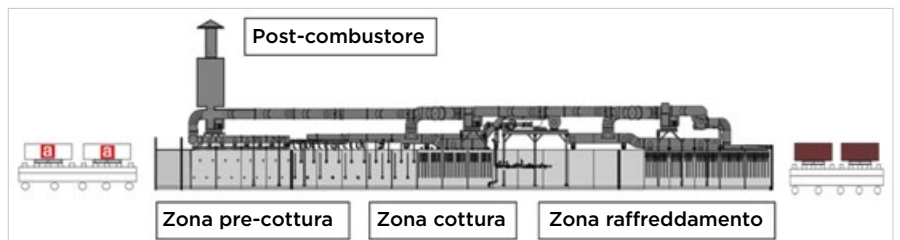
L'inocizzazione, o inertizzazione, dell'amianto e degli Rca avviene in modo definitivo per *attacchi chimici ad alta temperatura* (solitamente si usano acidi forti in recipienti sotto pressione), per *comminuzione spinta* (in mulini che rompono meccanicamente le fibre) oppure per *trattamenti termici* a temperature fra gli 800 e i 1200 °C. In quest'ultimo caso l'ingresso dei rifiuti avviene con o senza macinazione preventiva; è evidente che il minor impatto sui lavoratori si registra quando l'impianto riesce a smaltire direttamente i pallet di materiale con amianto ancora rivestiti del film polimerico usato nel trasporto.

Cosa dicono l'Unione europea e gli studi internazionali

Una risoluzione del 14 marzo 2013 dichiara che nessuna area nella quale viene smaltito l'amianto può ritenersi sicura, in quanto le fibre non si distruggono e rimangono nell'ambiente, quindi qualunque progetto d'inertizzazione è preferibile alla discarica. Gli studi internazionali, in relazione alla cancerogenicità dell'amianto, dimostrano che, mentre è certa l'insorgenza di mesotelioma per fibre respirate, non sono ancora conclusi gli studi per l'ingestione (Iarc Who, 2012, *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts* (<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100Cmono100C.pdf>)). La maggioranza degli studi non dimostra associazione tra ingestione di fibre e insorgenza di tumori allo stomaco o all'intestino. Data la presenza di alcuni studi che tendono a dimostrare un rischio, ma non riconosciuti ancora attendibili come metodo di valutazione e numerosità di dati, Iarc dichiara di non trarre conclusioni definitive. Le conclusioni, presentate in via preliminare nell'ambito del gruppo degli esperti della Commissione europea (settembre 2016), non indicano necessità di stabilire valori di parametro e controlli specifici in considerazione del livello di



3



4

rischio associato a eventuale presenza di amianto nelle acque potabili. L'attenzione è rivolta ai lavoratori che effettuano interventi tecnici sulle tubazioni in cemento amianto. In conclusione, se è possibile recuperare l'amianto a costi accettabili, senza pericoli aggiuntivi, perché non incentivare questi impianti, anziché continuare insistere nella localizzazione di discariche che nessuno vuole? Questa è la domanda che ormai si pone da tempo il mondo scientifico.

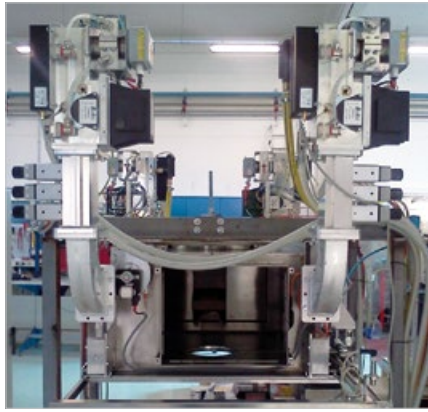
Gli studi e la ricerca per l'inertizzazione dell'amianto

L'Università degli studi di Modena e Reggio Emilia ha da tempo attivato la ricerca nel campo dell'inertizzazione dell'amianto per riuscire a riciclare completamente il materiale ottenuto da una trasformazione *cristallochimica* che avviene durante un processo termico a temperature che variano dai 500 ai 1300 °C. Da anni Cristina Leonelli (Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari") e Alessandro Gualtieri (Dipartimento di Scienze chimiche e geologiche) hanno studiato e brevettato

soluzioni scientifiche riconosciute a livello internazionale sull'efficacia dei processi termici studiati. Il primo brevetto si riferisce a una tecnologia di riscaldamento in un *forno a microonde industriale* mentre il secondo a un *forno a tunnel continuo*: entrambi rispondono efficacemente alla trasformazione completa e irreversibile del Rca – sia friabile che compatto – in un materiale privo di fibre di amianto, come richiede la norma per il recupero, utilizzabile in diversi cicli produttivi: ceramica, laterizi, cementi, vetri, plastiche, pigmenti, leghe metalliche. Non sono prodotti rifiuti, i pochi scarti compresi i filtri e i DPI sono trattati nel ciclo termico.

Tecnologia KRY.AS (Forno a tunnel - pot. fino a 200.00 t/a). Ciclo di cottura e raffreddamento (38 ore)

Il materiale incapsulato in cantiere di bonifica, senza subire manipolazioni, viene posto su carrelli che lo trasportano all'interno del tunnel per effettuare il ciclo di "cottura" che prevede 3 momenti: - *preparazione*: controllo con scanner a raggi X ed eventuale rimozione di oggetti non previsti nell'imballaggio, che potrebbero inficiare il processo, prima del trasporto alla bocca del forno



5

- *precottura* (12 h) e *cottura* (20 h): la precottura prevede l'aumento della temperatura fino a 1200-1300°C; in questa fase avviene il rilascio e successivo trattamento di volatili contenuti nei fumi, derivati dalla combustione degli elementi organici (plastica, carta ecc.). Il materiale viene lasciato 20 ore nelle condizioni di massima temperatura raggiunta, mentre continua il trattamento dei fumi; il materiale subisce poi un raffreddamento non forzato per altre 18 ore

- *trattamento*: i carrelli sono portati alla fase di scarico, e ogni carro è controllato con prelievo di campione interno alla massa che viene analizzato (analisi RX, microscopiche e spettroscopiche) per valutare l'efficacia del trattamento termico e l'avvenuta inertizzazione del cristallino dell'amianto. Il materiale inertizzato viene scaricato, pronto per il riutilizzo; quello non completamente inertizzato può essere avviato a un ulteriore trattamento termico.

A seguito del processo termico le lastre di materiale inerte vengono triturate e granulate per facilitare il trasporto e il riutilizzo. Il trattamento fumi, presupponendo vari i materiali di incapsulamento, avviene con filtro a maniche in doppio, tre filtri in doppio e post combustore a 850 °C per TOC, CO, Ipa, diossine ecc. Scrubber per HCl, HF, SOx) (foto 3 e 4).

Tecnologia INAMI. Ciclo di cottura e raffreddamento (ciclo di trattamento da 40-60 min, per circa 50 Kg di materiale in impianti mobili da circa 150 kWp)
L'impianto è stato pensato sia come impianto fisso (> 3 t/g), ma anche di piccola taglia (< 3 t/g), mobile e localizzabile nel cantiere di bonifica, per eliminare il trasporto dell'amianto.

5 Cavità a microonde operante per il trattamento industriale di rifiuti contenenti amianto.

Il materiale, senza subire manipolazioni, è avviato all'interno del forno a microonde per effettuare il ciclo di "cottura" che prevede 3 momenti:

- *preparazione*: controllo con scanner a raggi X ed eventuale rimozione di oggetti non previsti nell'imballaggio, che potrebbero inficiare il processo, e successivo trasporto del materiale alla bocca del forno (foto 5)

- *cottura*: la cottura prevede l'irraggiamento del materiale con radiazioni a microonde della potenza opportuna. In questa fase avviene il rilascio e successivo trattamento di volatili contenuti nei fumi, derivati dalla combustione degli elementi organici (plastica, carta ecc.). Il materiale subisce poi un raffreddamento forzato per abbassare la temperatura a temperatura ambiente

- *controllo inertizzazione*: i lotti in uscita sono scaricati solo dopo controllo, effettuato da speciali termocamere e sonde termiche superficiali, per garantire l'avvenuta inertizzazione. In caso dubbio il carico subisce un nuovo ciclo termico.

Ogni lotto, stoccato provvisoriamente in container con caratteristiche di tenuta per evitare l'aerodispersione di polveri, è controllato con prelievo di campione interno alla massa. Segue analisi di laboratorio RX e microscopiche, per valutare l'efficacia del trattamento di inertizzazione. Come per il forno in continuo, per il trattamento fumi è previsto un combustore a 850°C, filtri a maniche per le polveri e tre filtri assoluti per abbattimento delle polveri totali. DPI e filtri sono inertizzati nel processo. La sperimentazione è stata seguita inizialmente nell'ambito di una collaborazione tra Università di Modena e Reggio Emilia ed Enea. Il materiale scaricato è pronto per il suo riutilizzo come materia prima seconda inerte per diversi settori industriali.

Claudia Ferrari¹, Cristina Leonelli², Alessandro Gualtieri²

¹ Regione Emilia-Romagna

² Università degli studi di Modena e Reggio Emilia

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

"Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts", Vol. 10 C, *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, IARC WHO, 2012.

A. Bloise, R. Kusiorowski, M. Lassinantti Gualtieri, A.F. Gualtieri, 2017, "Thermal behaviour of mineral fibres", Chapter 7, in *Mineral fibres: crystal chemistry, chemical-physical properties, biological interaction and toxicity*, A.F. Gualtieri editor, European Mineralogical Union - EMU Notes in *Mineralogy*, 18 (2017), 215-260.

B.M. Bruni, M. Cerroni, P. Comba, L. Lucentini, L. Musmeci, E. Testai, 2016, "Tubazioni e amianto", *Ecoscienza*, 6/2016, pp. 61-65.

G.C. Young, 2010, *Municipal Solid Waste to energy conversion process*, John Wiley & Sons, Inc.

B.M. Bruni, F. Tommasi, 2013, *Caratterizzazione e classificazione dei rifiuti di amianto e/o contenenti amianto*, Atti convegno "Il trattamento e lo smaltimento dei rifiuti contenenti amianto-situazione italiana", Roma, 12 dic. 2013.

A.F. Gualtieri, 2013, "Recycling asbestos-containing material (ACM) from construction and demolition waste (CDW)", Chapter 20, in *Handbook of recycled concrete and demolition waste* (pp. 646), edited by F. Pacheco-Torgal, V.W.Y. Tam, J.A. Labrincha, Y. Ding and J. de Brito, Woodhead Publishing Series in *Civil and Structural Engineering*, 47, 500-525.

A.F. Gualtieri, C. Cavenati, I. Zanatto, M. Meloni, G. Elmi, M. Lassinantti Gualtieri, 2008, "The transformation sequence of cement-asbestos slates up to 1200°C and safe recycling of the reaction product in stoneware tile mixtures", *J. Haz. Matls.*, 152(2), 563-570 (2008).

A.F. Gualtieri, M. Boccaletti, 2011, "Recycling of the product of thermal inertization of cement-asbestos for the production of concrete", *Construc. Build. Matls.*, 25, 3561-3569.

D.N. Boccaccini, C. Leonelli, M.R. Rivasi, M. Romagnoli, P. Veronesi, G.C. Pellacani, A.R. Boccaccini, 2007, "Recycling of microwave inertised asbestos containing waste in refractory materials", *J. Europ. Ceram. Soc.*, 27(2-3), 1855-1858 (2007).

C. Leonelli, P. Veronesi, D.N. Boccaccini, M.R. Rivasi, L. Barbieri, F. Andreola, I. Lancellotti, D. Rabitti, G.C. Pellacani, 2006, "Microwave thermal inertisation of asbestos containing waste and its recycling in traditional ceramics", *J. Haz. Matls.*, 135(1-3), 149-155.

C. Leonelli, D.N. Boccaccini, M.R. Rivasi, M. Romagnoli, P. Veronesi, G.C. Pellacani, A.R. Boccaccini, 2005, "Refrattari contenenti amianto inertizzato come materia prima", *Ceramurgia & Ceramica Acta*, 35(3), 159-168 (2005).

Discarica	Inertizzazione termica
Con la discarica creo problemi e costi per le generazioni future.	RISOLVO in maniera definitiva il problema amianto. L'amianto che ancora è presente sulle coperture (Quanto? Dove?) viene trasformato completamente in materia prima riutilizzabile .
I viaggi verso lo smaltimento sono lunghi: spesso i rifiuti sono portati in Germania o peggio sono depositati in aree degradate e interrati in esse. Nel futuro le aree di discarica saranno aree degradate e pericolose.	Le tecniche termiche (Forno a tunnel o Microonde) trattano sia il materiale accumulato che il materiale appena sigillato in cantiere. Sicurezza dell'ambiente di lavoro? È identica a quella già affrontata nel cantiere di bonifica dell'amianto o per il trasporto all'impianto fisso. Se l'impianto è il Forno "fisso", non si aggiungono problemi rispetto a quelli già conosciuti in impianti di trattamento termici, visto che non è necessario aprire gli imballaggi per trattarlo .
La discarica costa poco e in pochi anni produce alti guadagni, dimenticando però i costi del post mortem non ancora correttamente conteggiati , che saranno a carico delle generazioni future. La discarica è consumo di suolo e l'amianto (indistruttibile) tornerà nell'ambiente .	In 2 anni i costi di costruzione e gestione dell'impianto di inertizzazione vengono recuperati e poi si guadagna nella vendita del materiale trattato in quanto riutilizzabile. Non consumo suolo se non per gli impianti. I costi variano a seconda del riutilizzo. Si stima un prezzo di vendita della materia prima - secondaria di 20 €/t. (stima minima). Per i pigmenti per piastrelle, ad esempio sono inferiori di 1 o 2 ordini di grandezza rispetto ai costi di produzione con materie prime naturali. Il recupero riduce l'impatto ambientale.
La discarica crea un accumulo di amianto.	L'impianto per la trasformazione termica del cemento-amianto a fine vita può essere riconvertito per la produzione di refrattari, ceramici e laterizio.
Sotterro un elemento persistente, che nel corso dei decenni interesseranno il sistema idrologico superficiale con l'esigenza di un monitoraggio complesso.	Conversione cristallochimica del rifiuto: l'amianto sia di crisotilo che di anfibolo, trattato a temperature da 800 a 1200°C, si trasforma in fasi cristalline innocue, con completa la distruzione delle fasi fibrose originale. Il materiale ricristallizzato, INNOCUO e INERTE, può essere RICICLATO (end of waste) per altri processi industriali creando lavoro. Per il microonde sono sufficienti T minori.
Risoluzione UE del marzo 2013, punto 1.6. ... la discarica per i rifiuti dell'amianto è una soluzione solo provvisoria ... il problema rimandato al futuro.	Il CESE (Comitato economico e sociale europeo), nella stessa risoluzione 2013, invita la Commissione UE a sostenere azioni di ricerca e innovazione per attuare tecnologie sostenibili per il trattamento e l'inertizzazione dei rifiuti contenenti amianto , in vista del riciclaggio sicuro e del riutilizzo.
Emissioni di fibrille e di reflui contaminati da fibrille in falda ed in aria (se la copertura non viene controllata).	ASSENZA ASSOLUTA DI EMISSIONI NOCIVE e di prodotti secondari (solidi o liquidi) nel ciclo di inertizzazione. Durante il processo termico di conversione cristallografica vengono emessi acqua e CO ₂ oltre al materiale solido INERTE trattato termicamente che viene completamente riciclato. Stessa sorte per tutti gli scarti.
Numerosità addetti = 5-10 max.	Per l'impianto fisso: numerosità addetti = 25 tra personale amministrativo, tecnici di laboratorio e operai specializzati. Per un impianto mobile a microonde: 2 addetti all'impianto + 1 mulettista a turno.
Consumo/Spreco suolo per sempre.	NON CONSUMO/SPRECO DI SUOLO, ma recupero del materiale che può essere riutilizzato come inerte in varie tipologie di prodotti: piastrelle, plastiche, leghe...
Costo smaltimento dai 120 ai 180 €/ton (elemento molto variabile) non sempre effettivi.	Costo trattamento termico dai 67 (forno fisso) ai 96-150 (forno mobile) €/t. Non vi sono costi di trasporto dell'amianto, con mezzi e personale "certificato".
Consumo energetico e la produzione di CO ₂ non sono NULLI perché la discarica viene coperta strato per strato = combustibile dei mezzi. Per il controllo sono considerati lavori di ripristino fino a 100 anni dopo la chiusura... o quasi.	Consumo energetico = 67 Nmc di gas metano per ton di prodotto da trattare. Per la produzione di 78000 ton/anno si emettono ca. 29000 ton di CO ₂ . Per l'impianto mobile a microonde la stima è di 0,8-1 kWh/kg. La CO ₂ emessa per la cottura delle lastre di cemento-amianto non è aggiuntiva: la CO ₂ rilasciata è quella originariamente assorbita dall'ambiente durante il periodo di posa della copertura a contatto con gli agenti atmosferici. L'unica aliquota di CO ₂ immessa ex novo nell'ambiente è quella dovuta alla combustione del gas metano.

■ Elementi ambientali ■ Elementi tecnici ■ Elementi economici

Confronto tra lo smaltimento in discarica di rifiuti contenenti amianto e le tecniche di inertizzazione termiche con le quali è possibile con la conversione cristallochimica dell'amianto al 100 %; l'inertizzazione permette il riutilizzo del materiale in una logica di economia circolare, di grande vantaggio per l'ambiente, i lavoratori e le generazioni future

(Fonti: Brevetti dei ricercatori dell'Università di Modena e Reggio Emilia, forno mobile a microonde, rif Cristina Leonelli (DIEF Trattamento INAMI Brevetto IT 0001302348 e UE 14722325.9; forno a tunnel, rif Alessandro Gualtieri (Dip Scienza Terra) tratt. KRYAS brevetto UE 07425495.4-1253).