

LA RICERCA UNIVERSITARIA PER L'AMBIENTE: LE PROPOSTE DEL DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DEI MATERIALI E DELL'AMBIENTE

Luisa Barbieri e Daniela Rabitti
Dipartimento di Ingegneria dei Materiali e dell'Ambiente,
Università di Modena e Reggio Emilia

LA STRUTTURA PER LA CONSULENZA AMBIENTALE

Nel luglio 2002, grazie ad una Convenzione stipulata tra il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e l'Università di Modena e Reggio Emilia è nata, presso il Dipartimento di Ingegneria dei Materiali e dell'Ambiente, la "Struttura per la consulenza ambientale" a supporto delle imprese operanti nel territorio modenese e reggiano.

La "Struttura" raccoglie le diverse competenze in materia ambientale presenti nelle varie discipline universitarie consentendo di costituire gruppi di lavoro ad hoc, per un approccio integrato ai problemi da affrontare. La "Struttura" si propone di fornire il proprio contributo scientifico con particolare attenzione rivolta alle realtà locali; l'intenzione è quella di costruire ipotesi di lavoro mirate ad ottenere risultati concreti e di utilità reciproca, tanto più spendibili quanto più frutto del dialogo tra il mondo universitario, il mondo imprenditoriale, i cittadini e gli apparati di governo e di controllo.

Gli obiettivi che ci si pone sono di seguito richiamati, seppur in modo non esaustivo:

- rispondere ad istanze provenienti dal mondo imprenditoriale;
- esercitare un ruolo di supporto scientifico metodologico e disciplinare per i vari sportelli informativi gestiti da Associazioni di Categoria, Organizzazioni, Enti;
- fornire un utile punto di riferimento ai pubblici amministratori per orientarli nelle scelte secondo criteri di "evidenza scientifica";
- (a seguito delle positive ricadute che l'attività di ricerca ha sulla didattica) fornire agli studenti del Corso di Laurea in Ingegneria Ambientale la possibilità di inserirsi al meglio nel tessuto produttivo apportando un contributo di conoscenze e di competenze immediatamente spendibili, senza dover effettuare lunghi periodi di learning skills sul campo, onerosi per le Imprese.

Per quanto riguarda le relazioni con il mondo pro-



duktivo, sono già state avviate attività di ricerca e rapporti di collaborazione con industrie private, finalizzate alla riduzione di impatti ambientali ed al riciclo di particolari tipologie di rifiuti, il tutto in linea con la "Strategia d'azione ambientale per lo sviluppo sostenibile in Italia" che, alla voce Rifiuti, individua come obiettivo generale: "Riduzione della produzione, recupero di materia e recupero energetico dei rifiuti".

Anche la Relazione di Sintesi del Piano Provinciale per la Gestione dei Rifiuti (PPGR) - febbraio 2004, redatta a cura dell'Area Ambiente e Sviluppo Sostenibile della Provincia di Modena, evidenziando i quantitativi di rifiuti speciali prodotti nel nostro territorio, sottolinea le criticità individuate in provincia e, come obiettivi specifici per contenerle, ribadisce l'importanza della riduzione della produzione di rifiuti e della loro pericolosità. Uno degli obiettivi individuati dal PPGR infatti è: incremento del riutilizzo dei Rifiuti Speciali nei cicli produttivi, avvio di eventuali sperimentazioni in merito. Ciò si inquadra perfettamente nell'ambito dell'attuale politica di sviluppo sostenibile dove, recentemente, si sta diffondendo il termine "dalla culla alla culla" che, parafrasando la metodologia riferita allo studio del ciclo di vita di un prodotto (LCA) "dalla culla alla tomba", vuole enfatizzare la rivalorizzazione del prodotto "a fine vita", sotto forma di rientro in circolo dei materiali, tale per cui il rifiuto di un processo non viene avviato allo smaltimento, ma diventa materia prima per un'altra lavorazione. In tal modo si ottiene risparmio energetico, riduzione del consumo di materie prime, prevenzione della produzione di rifiuti, impiego sostenibile delle risorse naturali, etc. Per il "ricercatore" questo è un argomento estremamente interessante da affrontare ed è proprio in questa direzione che, da alcuni anni a questa parte, sta puntando l'attività svolta da alcuni gruppi di ricerca operanti all'interno del Dipartimento di Ingegneria dei Materiali e dell'Ambiente (DIMA) della sede modenese dell'Università di Modena e Reggio Emilia. Essi stanno trasferendo l'esperienza acquisita nell'ambito dei

materiali, al recupero di prodotti di scarto a base di ossidi inorganici, polimerici e metallici.

VALORIZZAZIONE DI RIFIUTI INORGANICI

(Staff: Prof. Anna Corradi, Prof. Luisa Barbieri, Prof. Tiziano Manfredini, Dott. Isabella Lancellotti, Dott. Ing. Fernanda Andreola, P.I. Daniela Rabitti, Dott. Luca Lusvarghi)

Ogni anno in Italia vengono prodotte circa 80 milioni di tonnellate di rifiuti solidi, di cui 30 milioni sono rappresentati da rifiuti solidi urbani. Solo una piccola parte viene correttamente "trattata", mentre la restante viene smaltita in discarica o abbandonata nell'ambiente con conseguenze negative sia per la sicurezza del territorio e dell'uomo, sia per il degrado del paesaggio che ne deriva. I notevoli costi in termini di denaro ed inquinamento hanno causato un profondo cambiamento nell'approccio concettuale al problema rifiuti, non più "smaltimento" bensì "gestione": "la gestione dei rifiuti costituisce attività di pubblico interesse ed è disciplinata al fine di assicurare un'elevata protezione dell'ambiente e controlli efficaci, tenendo conto della specificità dei rifiuti pericolosi.... I rifiuti da avviare allo smaltimento finale devono essere il più possibile ridotti potenziando la prevenzione e le attività di riutilizzo, di riciclaggio e di recupero" (D.Lgs. n° 22/97).

La gestione dei rifiuti urbani ed industriali inorganici (speciali e speciali pericolosi) non è un problema semplice a causa della loro diversa natura, spesso legata ad eterogeneità chimica. D'altro lato, grazie al fatto che molti residui contengono i tipici costituenti di un vetro ed appaiono compatibili con impasti ceramici, nuove tecnologie promettenti ed in via di sperimentazione sono la vetrificazione, la devetrificazione e la sinterizzazione di materiali ceramici.

Esperienze in tal senso sono state realizzate da parte del gruppo di ricerca che è attivo nel settore dei materiali a base di ossidi inorganici; le ricerche si sono occupate di una vasta gamma di residui di attività industriali (polveri di inceneritori urbani, di centrali termoelettriche, di acciaierie, fanghi ceramici, rottame di vetro proveniente dalla raccolta differenziata e da elettrodomestici dismessi....). Relativamente alla vetrificazione i vantaggi più significativi rispetto ad altri processi disponibili sono:

- la riduzione di volume del rifiuto;
- la buona resistenza chimica del prodotto ottenuto (il vetro, ad esempio, è l'unica matrice utilizzata per immobilizzare rifiuti nucleari radioattivi);
- la possibilità di utilizzare rifiuti di diversa origine per "standardizzare" il materiale come materia prima seconda omogenea ed ottimale per la sua introduzione in altri cicli produttivi (realizzazione di semilavorati quali fritte vetrose o prodotti finiti come vetro-ceramici, piastrelle, smalti, fibre, vetro-schiume....).

L'approccio sistematico seguito, sui residui selezionati, in genere riguarda l'individuazione di opportuni pre-trattamenti, quindi si passa alla progettazione, realizzazione e caratterizzazione di materiali a prevalente componente di scarto. Sui prodotti finali più interessanti

vengono condotte prove di ecocompatibilità e test di verifica di qualità secondo norme UNI-EN. Talvolta si procede anche alla realizzazione di prove semi-industriali, al fine di supportare la trasferibilità della tecnologia alternativa proposta.

Le principali tematiche di ricerca riguardano:

- Recupero di materia da residui e rifiuti di natura inorganica, per la formulazione e la realizzazione di materiali ceramici, vetrosi e vetroceramica;
- Attività di ricerca relativa al recupero di rifiuti ceramici (fanghi di smaltatura o levigatura....) al fine di una loro inertizzazione/valorizzazione;
- Estrazione di componenti di rilevante interesse economico da rifiuti e/o prodotti di scarto con metodi chimici e/o fisici;
- Valutazione del ciclo di vita (Life Cycle Assessment) dei materiali non degradabili nel sistema ambiente-attività economiche;
- Deposizione per termospruzzatura al plasma, su supporti ceramici tradizionali, di rivestimenti vetrosi o vetroceramici a base di vetri di scarto, tenacizzati con materiali ad alte proprietà meccaniche quali Al_2O_3 ;
- Vetrificazione, con torce al plasma, di ceneri pesanti e leggere di inceneritori urbani, e loro utilizzo come materie prime seconde nel settore dei materiali.

INERTIZZAZIONE DI AMIANTI CON IRRAGGIAMENTO A MICROONDE

(Staff: Prof. Cristina Leonelli, Prof. Luisa Barbieri, Prof. Marcello Romagnoli, Dott. Maria Rosa Rivasi, Dott. Cristina Siligardi, Dott. Isabella Lancellotti, Dott. Ing. Fernanda Andreola, Dott. Ing. Paolo Veronesi, Ing. Dino N. Bocaccini)

I materiali contenenti amianto/asbesto sono pericolosi per la natura fibrosa del componente amiantifero. La temperatura alla quale tale componente modifica in maniera irreversibile la sua natura cristallina, e con essa quella morfologica, varia a seconda della specie di roccia amiantifera impiegata, nell'intervallo tra 400 a 900°C. A seguito del riscaldamento termico, infatti, il minerale fibroso perde acqua dando origine a nuovi composti non più fibrosi, quali pirosseni o altri silicati. Appare quindi estremamente importante giungere alla distruzione definitiva della pericolosità dell'asbesto, e materiali che lo contengano, mediante un trattamento termico irreversibile al termine del quale il prodotto inertizzato verrebbe non solo privato di nocività, ma addirittura potrebbe costituire una materia prima seconda di grande interesse industriale per il suo alto contenuto di magnesio.

Un forte impedimento allo sviluppo di processi industriali che inertizzino l'amianto a bassi costi, deriva dalla natura estremamente coibente del materiale che lo rende refrattario al calore, allungandone fortemente i tempi di trattamento.

Nel triennio 2000-2002 è stato svolto un progetto di ricerca dal titolo: "Inertizzazione a microonde di materiali contenenti amianto e loro utilizzo come

materie prime entro il ciclo produttivo dei materiali ceramici". Tale progetto, finanziato dal CNR nell'ambito della convenzione CNR-Protezione Civile Gruppo Nazionale per la Difesa dai Rischi Chimico-Industriali ed Ecologici, è stato coordinato dalla Prof.ssa Leonelli. Oggetto dello studio sono state tecniche di inertizzazione rapida di materiali contenenti amianto mediante riscaldamento dielettrico. I risultati ottenuti hanno dimostrato come la capacità degli asbesti, o dei materiali contenenti asbesto in quantità elevate, possano riscaldarsi rapidamente assorbendo l'energia derivante dal campo elettromagnetico operante alla frequenza delle microonde di 2.45 GHz. L'assetto sperimentale per le prove in cavità chiusa è stato messo a punto presso i laboratori del DIMA. Il gruppo di ricerca ha anche dimostrato con successo la possibilità di riciclare il materiale inertizzato all'interno di impasti ceramici (mattoni, piastrelle ceramiche, refrattari) ed ha dimostrato che è possibile sostituire materie prime ricche in magnesio con asbesti inertizzati in impasti di refrattari di cordierite.

RICICLO DI MATERIE PLASTICHE

(Staff: Prof. Francesco Pilati, Prof. Massimo Messori, Dott. Paolo Pozzi, Dott. Elena Fabbri, Dott. Paola Fabbri)

Il sempre più largo impiego di materie plastiche in svariati campi di applicazione, come ad esempio nell'imballaggio di alimenti (inclusi i liquidi), nell'agricoltura, nel campo automobilistico, nell'edilizia, ecc., ha, da una parte, consentito di rispondere alle esigenze di produttori e consumatori, ma l'impetuoso sviluppo e impiego di materie plastiche negli ultimi decenni, ha anche generato un problema di smaltimento di tali materiali, sia come scarti di lavorazione sia al termine della loro vita d'uso. Il riciclo dei materiali di rifiuti plastici, siano essi scarti di produzione che materiali post-consumo derivati dalla raccolta differenziata, è stata individuata come una soluzione che può consentire di ridurre l'impiego di risorse naturali e di recuperare il valore (a volte molto elevato) ancora contenuto nel rifiuto stesso.

L'obiettivo di una gestione ottimale dei rifiuti presuppone la massimizzazione del recupero del valore in essi contenuto; ciò si traduce, nel caso specifico dei rifiuti plastici, nella scelta della miglior tecnologia tra le diverse opzioni disponibili (riciclo meccanico con o senza separazione dei componenti; compatibilizzazione di miscele eterogenee; riciclo chimico con recupero di intermedi riutilizzabili in altri processi produttivi; pirolisi parziale o totale con recupero di monomeri, di intermedi chimici o di prodotti combustibili; combustione con recupero di energia; ecc.). La scelta della miglior tecnologia non è banale e presuppone un'attenta analisi della natura del rifiuto, coniugata con un'ottima conoscenza del comportamento dei materiali da trattare oltre che delle possibili tecnologie di riciclo. Inoltre, nel caso di flussi di rifiuti plastici di entità rilevante, come ad esempio per il polietilentereftalato (PET), le soluzioni tecnologiche più

semplici ed ovvie spesso non sono sufficienti a consentire un riciclo della totalità del rifiuto e si richiede, quindi, un continuo studio per lo sviluppo di nuove tecnologie in grado di assorbire le quantità eccedenti. Così, nel caso del PET, accanto ad un riciclo meccanico secondario con produzione di fibre, sono state sviluppate (e sono tuttora allo studio) tecnologie in grado di produrre altre bottiglie (back-to-bottle) ed intermedi per la produzione di poliuretani, di vernici, ecc.. Ciò consente il recupero di una quantità di valore, dal rifiuto, ben superiore a quella che potrebbe essere recuperata con la combustione (che dovrebbe rimanere l'ultima opzione nell'ottica della massimizzazione del recupero del valore).

Il gruppo di ricerca attivo nel settore del riciclo delle materie plastiche, ha acquisito esperienza specifica nel riciclo chimico delle stesse e può essere considerato, oggi, un punto di riferimento nazionale ed internazionale per tale tipologia di riciclo.

Oltre alle esperienze acquisite relativamente al riciclo chimico delle materie plastiche, ed in particolare del PET, utilizzato ad esempio in alte percentuali nella produzione di vernici di ottima qualità, o per produrre monomeri riutilizzabili per la produzione di bottiglie per uso alimentare, sono state eseguite ricerche relative alla rigradazione del PET. Attraverso tale processo si ottiene un materiale con proprietà reologiche e meccaniche adeguate ad usi non convenzionali quali: estrusione di lastre e tubi; espansi e non; stampaggio per soffiatura; ecc.. Sono state inoltre effettuate prove di compatibilità di miscele di PET e polietilene (PE), i principali costituenti della raccolta differenziata di bottiglie, per ottenere materiali con prestazioni meccaniche superiori a quelle ottenibili dalla semplice miscelazione di PET e PE o nel riciclo di materiali termoidurenti.

Le principali tematiche di ricerca riguardano:

1. Riciclo chimico del PET da bottiglie, con recupero di intermedi riutilizzabili per la produzione di vernici, adesivi o altri intermedi chimici;
2. Rigradazione del PET da bottiglie, per un reimpiego in settori applicativi in cui sia richiesta un'elevata viscosità del fuso (stampaggio soffiatura, tirecord, lastre estruse, ecc.);
3. Compatibilizzazione di plastiche miste derivanti da raccolta differenziata, con particolare riferimento a sistemi contenenti elevate percentuali di PET insieme a PE, polipropilene (PP), polistirene (PS) ecc., con l'obiettivo di ottenere, attraverso un riciclo meccanico, prodotti a prestazioni superiori a quelle delle attuali più comuni materie plastiche, in grado quindi di trovare facile collocazione sul mercato;
4. Recupero di materia (polimeri, oligomeri, monomeri) da trattamenti chimici o meccanici di particolari flussi di rifiuti che si rendessero disponibili, eventualmente attraverso l'impiego di miscelazione reattiva.

VALORIZZAZIONE DELLE MPS METALLICHE

(Staff: Prof. Giorgio Poli, Dott. Ing. Paolo Veronesi)

Le materie prime seconde (MPS), cioè i residui derivanti da processi produttivi o da raccolte differenziate suscettibili di essere riutilizzati come materia prima in altri processi produttivi, assumono rilevante importanza proprio nel caso dei materiali metallici, sia per la loro quantità che per il loro valore intrinseco. Prescindendo da problematiche di raccolta e di differenziazione fra le varie tipologie, l'interesse può essere rivolto alla valorizzazione delle MPS metalliche che può andare oltre alla semplice rifusione per la produzione di leghe di minor pregio rispetto a quelle primarie. Particolari sfridi metallici derivanti da lavorazione per elettroerosione in ambiente carburante (dielettrici organici) si presentano sotto forma di particelle sferiche microstrutturate, simili a quelle ottenibili nei tradizionali procedimenti di atomizzazione. Essendo costituite prevalentemente da carburi, esse sono dotate di elevata durezza: è auspicabile il loro impiego come sistema di rinforzo in compositi a matrice metallica (CMM) o come polveri da spruzzatura in sistemi tipo HVOF (High Velocity Oxy Fuel) e simili. Poiché questi sfridi si raccolgono nei sistemi di filtrazione delle macchine di elettroerosione, la loro raccolta è semplice; complicata e oggetto di ricerca è la loro separazione da altri costituenti (olio dielettrico e grafite da crackizzazione). E' necessario valutare correttamente l'efficacia dei sistemi di estrazione che devono essere tali da non pregiudicare ulteriormente l'aspetto ecologico: da privilegiare potrebbero essere quelli basati sulle proprietà magnetiche delle particelle. Nel caso di uso per produrre CMM, i cicli meccanici e termici non dovrebbero variare sostanzialmente rispetto a quelli tipici della metallurgia delle polveri. Le matrici, invece, possono variare indefinitamente: dai classici sistemi ferrosi con aggiunta di rame e/o nichel, per favorire il riempimento dei pori, fino alle più preziose matrici a base cobalto, per ottenere inserti duri. In ogni caso è necessaria una corretta valutazione dei risultati ottenibili dall'impiego di tali prodotti, i quali dovrebbero avere una valenza economica soprattutto in funzione antiusura.

Le principali tematiche di ricerca riguardano:

1. Recupero di sfridi da lavorazioni su metalli eseguito mediante tecnologie innovative (elettroerosione in dielettrico carburante);
2. Produzione di compositi a matrice metallica con rinforzo costituito da particelle dure, sfridi della lavorazione per elettroerosione dei metalli.

ELETTRODEPOSIZIONE DEL CROMO

(Staff: Prof. Ercole Soragni, Dott. Roberto Giovannardi, Dott. Maria Cannio)

Benché il processo di elettrodeposizione del cromo sia largamente utilizzato a livello industriale da quasi ottant'anni, il meccanismo della reazione di riduzione è tutt'altro che chiarito. La ricerca di ottimizzazione di processo (basti pensare che il rendimento in corrente

non supera il 20%) deve passare attraverso una maggiore conoscenza dei parametri cinetici che controllano la reazione.

Inoltre, i bagni industriali impiegati per la deposizione elettrolitica del cromo, sono costituiti, principalmente, da soluzioni ad elevata concentrazione di anidride cromica (cromo esavalente), composto che presenta elevati fattori di rischio per la salute umana (tossico, teratogeno e cancerogeno), ed un forte impatto ambientale a causa del suo alto potere ossidante. Per questi motivi, i processi di deposizione del cromo da soluzioni di Cr(VI) stanno per essere banditi.

Questi problemi non si presentano per i composti del cromo trivalente. Purtroppo, in soluzione acquosa, i sali di Cr(III) originano complessi di idratazione molto stabili non più riducibili per via elettrochimica. Sono stati effettuati numerosi tentativi di elettrodeposizione del cromo da soluzioni di Cr(III) in solventi organici, ma i risultati finora ottenuti non sono affatto soddisfacenti, soprattutto per quel che riguarda la cromatura "dura" che richiede depositi di elevato spessore. Poco soddisfacenti, sotto questo punto di vista, sono risultati anche altri tentativi di sostituire il cromo con altri tipi di rivestimenti, ad esempio leghe di nichel-fosforo depositate chimicamente.

Temi di ricerca, in questo settore, sono dunque: i) portare chiarimenti sul meccanismo di riduzione del cromo esavalente, ii) studiare la possibilità di utilizzare soluzioni diluite di cromo esavalente per limitare l'impatto ambientale del processo ed i costi di smaltimento dei bagni esausti, iii) studiare il processo di elettrodeposizione del cromo da soluzioni di Cr(III) con tecniche di deposizione con corrente pulsata. Con l'impiego di corrente pulsata, normalmente non vantaggiosa per la deposizione del cromo, si possono depositare leghe di nichel-cromo partendo da soluzioni acquose di Cr(III). Il contenuto in cromo della lega è funzione dei parametri elettrici di elettrolisi (densità di corrente e "duty cycle"). Soprattutto per certi scopi, ad esempio nella protezione contro la corrosione, la deposizione di leghe di questo tipo per via elettrochimica potrebbe costituire un processo economicamente vantaggioso e di limitato impatto ambientale oltre che con fattori di rischio molto ridotti. •

Università di Modena e Reggio Emilia - Dipartimento di Ingegneria dei Materiali e dell'Ambiente - Via Vignolese, 905 - 41100 Modena (e-mail: barbieri.luisa@unimore.it, rabitti.daniela@unimore.it; tel: 059-2056231, 059-2056229; sito: www.dima.unimore.it)