

Il trattamento RAEE per il recupero dei metalli

Lingua	Parole Chiave
IT	RAEE, Elettriche, Elettroniche, Indio, Litio, Rame, piroim metallurgico, bioidrometallurgia, idrometallurgico
EN	WEEE, Electrical, Electronic, Indium, Lithium, Copper, pyrometallurgical, bio-Hydrometallurgy, Hydrometallurgical
DE	EEAG, Elektrisch, elektronisch, Indium, Lithium, Kupfer, Pyrometallurgie, Biohydrometallurgie, Hydrometallurgie
FR	DEEE, Electrique, Electronique, ElIndium, Lithium, Cuivre, pyrométallurgique, Biohydrométallurgie, Hydrométallurgique

Data: Gennaio 19th 2019

Autore: Ettore Priante

Elite Ambiente srl

1. RAEE

I RAEE (Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche) o WEEE (Waste Electric and Electronic Equipment) sono apparecchiature di scarto, prodotti elettronici a fine vita o comunque non più utilizzati dai consumatori. Fanno parte di questa categoria pc, display, telefoni, circuiti integrati ecc.

La produzione di RAEE è associata all'innovazione tecnologica ed alla crescita della domanda nel settore elettronico. La diminuzione del tempo di vita delle apparecchiature, unita all'inadeguata consapevolezza da parte dei consumatori, giocano un ruolo fondamentale nell'aumento della produzione dei RAEE. Il problema è particolarmente accentuato nei paesi in via di sviluppo, essendo la quantità di RAEE prodotti correlata positivamente allo sviluppo economico. Si attende pertanto una rapida crescita nella produzione di RAEE in questi paesi nei prossimi decenni.

Alla luce di ciò, si rendono necessarie nuove soluzioni per gestire tale quantitativo di rifiuti che può comportare diversi pericoli ambientali a causa del loro errato smaltimento. Oltre a ciò, la costruzione di apparecchiature elettriche ed elettroniche consuma notevoli quantità di metalli preziosi che sono estratti in paesi dell'Africa, Asia e Sud America da persone che spesso lavorano in condizioni di sfruttamento.

Per questi motivi la soluzione migliore consisterebbe nella rivalorizzazione dei RAEE e nel loro reintegro nel ciclo economico mediante il recupero di metalli e della frazione plastica in essi contenuti. In particolare, dato il loro contenuto di metalli critici, il recupero di questi ultimi rappresenta un obiettivo primario. I metalli critici sono un gruppo di metalli indicati dall'UE come decisivi per lo sviluppo tecnologico, per i quali esiste un rischio associato al loro approvvigionamento per motivi geopolitici e per la loro scarsità. Data la scarsità di queste materie prime, è necessario aumentare l'efficienza del riciclo delle risorse secondarie, andando a ridurre la pressione sull'estrazione di materiali vergini. I RAEE potrebbero quindi costituire un'importante risorsa di metalli nella transizione verso un'economia circolare.

Diverse innovazioni tecniche sono state sviluppate per cercare di gestire i RAEE in maniera sostenibile, utilizzando un approccio teso a comprendere l'intera catena di gestione dei RAEE (raccolta,

pretrattamento, recupero e smaltimento finale). La problematica principale è dovuta al fatto che i RAEE sono ricchi di miscele complesse di metalli, leghe multi elemento e strutture polimetalliche che rendono difficoltose l'estrazione e la separazione. La complessità dei RAEE tende peraltro ad aumentare, andando di pari passo con lo sviluppo tecnologico: i dispositivi moderni possono essere costituiti anche da 60 elementi presenti come miscele di metalli.

2. Potenziali pericoli ambientali

I RAEE pongono una serie di problemi ambientali, potendo contenere vetro al piombo, ritardanti di fiamma bromurati, polidifenili bromurati e clorurati (PBB e PCB) e difenileteri polibromurati (PBDE). La presenza di diverse classi di inquinanti comporta una serie di rischi ambientali nel caso di smaltimento inadeguato. Attività di trattamento non idonee dei RAEE, come lo strippaggio acido o la combustione in spazi aperti, comportano infatti il rilascio degli inquinanti in essi contenuti. Queste attività sono purtroppo molto diffuse in paesi come Cina, India ed Africa, in particolare in Ghana. Questi paesi costituiscono infatti i più grandi ricettacoli mondiali di RAEE dove lo smaltimento in discarica risulta essere il metodo più comune di gestione di questi rifiuti.

Per quanto riguarda Europa e USA, i RAEE sono spesso trasportati nei paesi in via di sviluppo come dispositivi usati o di scarto. L'esportazione di tali materiali in economie in via di sviluppo spesso ne compromette la salute pubblica, i servizi ecosistemici e le risorse primarie.

Per quanto riguarda l'Italia, si stima che siano prodotti circa 14 kg/abitante di RAEE (per un totale di circa 800.000 tonnellate) dei quali solo il 20-30% sembrano essere gestiti correttamente.

3. Metalli critici nei RAEE

Il contenuto di metalli critici nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche riveste un'elevata importanza economica parallelamente all'elevato rischio associato alla disponibilità. Sono metalli critici, ad esempio, i REE (Rare Earth Elements), l'indio, i metalli del gruppo del platino (rutenio, rodio, palladio, osmio, iridio, platino) il litio ed il rame. Questi elementi sono utilizzati per produrre

microprocessori, circuiti stampati, tubi catodici, display a cristalli liquidi, LED e magneti permanenti. La disponibilità di REE, peraltro, è essenziale anche per le tecnologie innovative della green economy: ricoprono infatti un ruolo fondamentale per la produzione di auto elettriche, turbine eoliche e pannelli fotovoltaici. Pertanto la separazione tra la crescita economica e la dipendenza da idrocarburi come obiettivo dell'economia circolare, è minacciata dalla carenza di metalli per usi tecnologici. Un problema rilevante è dato dal fatto che tali metalli sono presenti con concentrazioni basse nei RAEE e solo come piccola percentuale all'interno di una matrice complessa. A volte, quindi, è proprio l'insostenibilità economica a renderne impraticabile il recupero.

Indio

L'indio è un componente base per la produzione dei display. In base ai quantitativi di metallo estratto e all'elevato consumo negli schermi LCD, le riserve di indio nella crosta terrestre potrebbero esaurirsi già nel 2020. L'indio è critico anche per motivi geopolitici essendo la produzione globale dominata da alcuni paesi asiatici tra cui la Cina che dal 2005 ha ridotto l'export di questo metallo. Con l'avanzare della tecnologia dei display la domanda di indio è prevista essere enorme.

REE

I REE sono un gruppo relativamente abbondante di 17 elementi: i 15 lantanidi, scandio e ittrio. I REE sono componenti chiave in molti prodotti tecnologici come smartphone, schermi piatti, batterie e leghe metalliche particolari. Sebbene siano ben distribuite geograficamente, sono perlopiù estratte, concentrate e separate in Cina. Dal 2010 la Cina ha ridotto la distribuzione di REE tramite quote, licenze, e tasse per mantenere le proprie riserve e per le preoccupazioni sugli effetti ambientali causati dalla

loro estrazione. Generalmente gli elementi diventano più rari all'aumentare del numero atomico e gli elementi con numero atomico pari sono più abbondanti di quelli con numero atomico dispari (regola di Oddo-Harkins). Questo disequilibrio è ulteriormente accentuato dalla più elevata domanda degli elementi più rari.

Metalli del gruppo del platino

I metalli del gruppo del platino sono un gruppo di metalli con caratteristiche chimico fisiche simili come la buona conducibilità elettrica, l'alto punto di fusione e la resistenza alla corrosione che li rendono indispensabili per molte applicazioni industriali e apparecchiature elettroniche. Vengono estratti in Sudafrica, Russia, Zimbabwe, Canada ed USA.

Litio

Il litio si trova solo in alcune località come Cile, Bolivia, Argentina, Australia, Congo e Cina ponendo quindi problematiche dal punto di vista geopolitico. La richiesta di litio è collegata al suo ampio utilizzo nelle batterie.

Rame

Il rame costituisce il metallo prevalente nei circuiti integrati con una concentrazione variabile tra il 15 e il 35% in peso e costituisce lo strato conduttivo per le connessioni elettriche. Viene estratto principalmente in Cile, Cina e Perù.

4. Principali tecnologie di recupero dei metalli

La maggior parte dei processi industriali di recupero dei metalli da RAEE prevede un pretrattamento fisico seguito da processi pirometallurgici o, più raramente, da processi idrometallurgici. La separazione fisica è una tecnica comune per processare tutti i tipi di RAEE. Tuttavia un approccio comune a tutti i tipi di RAEE si dimostra in realtà inadeguato data la loro elevata varietà. Inoltre l'elevato consumo di energia, l'efficienza di recupero relativamente bassa e la potenziale contaminazione da metalli pongono importanti ostacoli nella gestione di questi rifiuti.

Pretrattamento

I processi meccanici costituiscono normalmente il primo step nel recupero dei metalli da RAEE e permettono di separare gli elementi metallici in essi contenuti. Sono stati sviluppati diversi trattamenti fisici basati sulle differenze chimiche e fisiche dei materiali contenuti nei RAEE. Vi sono infatti diversi processi disponibili attualmente: unità di disassemblamento manuale e semiautomatico, riduzione dimensionale, separazione gravimetrica, selezione magnetica e separazione ottica. I sistemi manuali sono quelli attualmente più utilizzati in quanto comportano un'efficienza di recupero più elevata.

Trattamento pirometallurgico

I trattamenti pirometallurgici, ovvero fusione e pirolisi, richiedono il riscaldamento dei RAEE a temperature molto elevate (fino a 1500 °C). La fusione è attualmente la migliore tecnica disponibile (BAT) e vi sono già impianti operativi. Al Boliden Rönnskär (Skelleftehamn, Svezia) i circuiti integrati di scarto sono inseriti in un convertitore per recuperarne i metalli. A Umicore, Belgio, i circuiti integrati sono prima trattati in una fornace per recuperare metalli preziosi che in seguito vengono raffinati con processi idrometallurgici ed elettrolitici.

La pirolisi è un processo endotermico in assenza di ossigeno che permette, a seconda delle condizioni, di ottenere prodotti solidi liquidi e gassosi. La pirolisi ad alte temperature dei circuiti integrati di scarto, in presenza di gas inerti, genera olio, gas, ed un residuo ricco in metalli. E' comunque un metodo ad elevato costo energetico e ad elevato consumo di reagenti.

Si tratta di processi che presentano alcuni svantaggi come gli elevati consumi energetici, i potenziali effetti negativi sull'ambiente e la bassa selettività per i diversi metalli. Inoltre, molti RAEE non sono adatti ad un processo diretto di fusione a causa del basso potere calorifico.

Trattamento idrometallurgico

I trattamenti idrometallurgici comprendono una lisciviazione ossidativa per l'estrazione dei metalli seguita da processi di separazione e purificazione. Nei trattamenti idrometallurgici si utilizzano agenti liscivianti in soluzione acquosa come acidi forti (acido solforico, acido nitrico, acido cloridrico) e/o basi (idrossido di sodio, ipoclorito di sodio) spesso accoppiati con agenti ossidanti (perossido di idrogeno e ferro trivalente) e agenti complessanti (cianuro e tiosolfato) al fine di estrarre i metalli. Presenta alcuni vantaggi rispetto alla pirometallurgia come i minori residui ed emissioni tossiche ed una maggior efficienza energetica. Questi processi presentano comunque degli svantaggi dovuti all'utilizzo di grandi quantità di reagenti tossici corrosivi ed infiammabili e la generazione di elevati volumi di rifiuti solidi.

Bioidrometallurgia

L'utilizzo di microrganismi per processare i metalli è una tecnologia che permette di estrarre i metalli dai rifiuti. In questo processo si utilizzano batteri acidofili, eterotrofi cianogenici, e/o eterotrofi che producono acidi i quali solubilizzano i metalli. La presenza di quantità elevate di metalli in soluzione è tossica pertanto i microrganismi utilizzati devono essere in grado di adattarsi a tali condizioni. Questi processi presentano il grosso vantaggio di essere ambientalmente sostenibili. Nonostante le cinetiche relativamente più lente rispetto a quelle dei processi tradizionali, la biolisciviazione è ormai una tecnologia matura per essere ingegnerizzata.

Recentemente sono state applicate anche delle tecnologie ibride che uniscono processi chimici (più efficienti) e biologici (meno impattanti ambientalmente). In questi processi, l'escrezione biogenica del lisciviante viene aumentata, catalizzata o coadiuvata da processi chimici. Nel caso in cui il lisciviante biologico sia insufficiente, il lisciviante chimico compensa la capacità ossidativa richiesta per solubilizzare i metalli.

5. Conclusioni

La produzione di apparecchiature elettriche ed elettroniche (e quindi di RAEE) dipende fortemente dalla disponibilità delle materie prime. Molte di queste sono critiche a causa della loro scarsità, dell'importanza economica o politica: i minerali primari di questi metalli sono infatti distribuiti eterogeneamente nel mondo causando un controllo monopolistico di queste risorse. Per questi motivi è essenziale procedere cercando di recuperare tali metalli dalle apparecchiature elettriche ed elettroniche a fine vita. Per fare ciò sono tuttavia necessari diversi trattamenti. Inizialmente il

pretrattamento libera i metalli dalla matrice in cui sono contenuti, in seguito si effettua un trattamento pirometallurgico o idrometallurgico, quest'ultimo meno costoso e meno energivoro. E' stato sviluppato anche un trattamento bioidrometallurgico che, sebbene non ancora diffuso, risulta meno impattante per l'ambiente. Sono possibili, infine, trattamenti ibridi tra idrometallurgia e bioidrometallurgia che uniscono la maggiore efficienza di recupero alla sostenibilità ambientale.

6. Bibliografia

- [1] C. Brunori, L. Cafiero, R. De Carolis, D. Fontana, M. Pietrantonio, E. Trinca, R. Tuffi, 2013. Tecnologie innovative per il recupero/riciclo di materie prime da RAEE: il Progetto Eco-innovazione Sicilia, Energia, Ambiente e Innovazione 5/2013, 78-85.
- [2] A. İşildar, E. R. Rene, E. D. van Hullebusch, P. N.L. Lens, 2018. Electronic waste as a secondary source of critical metals: Management and recovery technologies. Resources, Conservation & Recycling 135, 296–312.
- [3] S. Zhang, Y. Ding, B. Liu , C. Chang, 2017. Supply and demand of some critical metals and present status of their recycling in WEEE. Waste Management 65, 113–127.