

Separation of post-consumer plastics from WEEE by froth flotation

Tesi sperimentale

Sessione di Laurea : Maggio 2015

Laurea Magistrale in Ingegneria Ambiente e Territorio

Candidato: Davide Salerno

Relatore: prof.ssa Floriana La Marca

Matricola: 1312845

Correlatore: prof.ssa Maria Teresa da Cruz Carvalho

Settore scientifico disciplinare: ING-IND/29

I rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE o WEEE nell'acronimo inglese) sono una delle tipologie di rifiuti maggiormente crescenti nell'Unione Europea, con circa 10 milioni di tonnellate prodotte nel 2013 ma si stima che si possano raggiungere le 12 milioni di tonnellate entro il 2020.

La famiglia dei RAEE racchiude tutti i rifiuti derivanti dai piccoli e grandi elettrodomestici, dai computer, dai dispositivi elettrici ed elettronici, dai cellulari, dalle lampade fluorescenti ecc., una volta giunti al termine del loro ciclo di vita.

Queste apparecchiature sono solitamente composte da materie prime riciclabili o nobili, che possono essere recuperate e riutilizzate. Ma possono altresì contenere sostanze dannose per l'uomo e per l'ambiente.

Diverse categorie di RAEE contengono infatti materiali altamente nocivi per l'ambiente e la salute dell'uomo e proprio per questo motivo devono smaltiti seguendo regole ben precise e in impianti altamente specializzati.

I RAEE sono regolati dalla Direttiva europea 2012/19/UE, recepita in Italia nel D.Lgs n. 49/2014 che impone obiettivi di recupero, riutilizzo e riciclaggio per ogni categoria di RAEE. Tuttavia, questi obiettivi non possono essere raggiunti solo tramite il recupero di metallo e vetro, perché i RAEE contengono dal 10% al 30% (in peso) di plastica. Una percentuale rappresentata da diverse tipologie di plastiche, per separare le quali si incontrano numerose difficoltà applicando le tecnologie tradizionali. La flottazione con schiuma si è rivelata una tecnica molto efficace per separare plastiche aventi densità simile, per le quali non si può applicare la separazione per gravità. E' una tecnica che si basa sull'adesione selettiva di bolle d'aria alle particelle di plastica con comportamento idrofobo, che quindi vengono trasportate sulla superficie del mezzo acquoso e raccolte grazie alla formazione di una schiuma in seguito all'aggiunta di un agente flottante.

In questa tesi sperimentale, svolta nell'ambito del progetto Erasmus presso l'Istituto Superiore Tecnico di Lisbona, è stata usata la flottazione con schiuma per separare PS_c (polistirene con carbonato di calcio) e PVC (polivinilcloruro), aventi rispettivamente densità 1.22 e 1.42 g/cm³.

Tramite la tecnica "Design of Experiments" (DoE), è stata analizzata la relazione tra le variabili di ingresso o fattori (quantità di agente flottante, portata d'aria, pH) e le variabili di uscita o risposte, responsabili della cinetica di flottazione (costante cinetica K e recupero massimo R_∞). La scelta delle risposte è dovuta all'approccio che è stato dato al lavoro sperimentale. L'analisi cinetica infatti permette di indagare più a fondo il processo di flottazione, schematizzato da un'equazione del primo ordine ($R(t) = R_{\infty} (1 - e^{-kt})$).

R_∞ è stata trovata eseguendo tutti i test per il tempo necessario a non avere più flottazione (più di 16 minuti), e K è stato calcolato tramite la linearizzazione dell'equazione del I ordine.

E' stato utilizzato un design completo a tre livelli che prevede un numero di esperimenti tale da includere tutte le possibili combinazioni fra i fattori F e loro L = 3 livelli, pertanto è L^f = 32 (3³ + 5) scegliendo cinque repliche al punto centrale che forniscono una stima indipendente dell'errore sperimentale.

I risultati dal punto di vista della separazione sono soddisfacenti. Per tutte le prove il recupero massimo di PS_c è tra il 80 e il 90-95% e per il PVC tra l'8 e il 25%, ma il recupero del PS_c già dopo

8 minuti è tra il 70 e il 90% e per PVC tra 5 e 20%. Si può affermare che la flottazione risulta essere una tecnologia adeguata per la separazione di questi due tipi di polimeri.

DoE è fondamentale per studiare gli effetti simultanei di più variabili sui risultati di qualsiasi design. In questo caso, le risposte non sono molto influenzate dalla modifica delle tre variabili (quantità di flottante, portata d'aria e pH). Si presume che i range scelti per i fattori non siano stati ampi abbastanza per generare i cambiamenti desiderati nelle risposte. E' confermato dal fatto che i modelli suggeriti dall'analisi della varianza (ANOVA) non sono statisticamente significativi. Solo dopo la ripetizione di 10 prove l'analisi statistica fornisce risultati migliori soprattutto per le costanti cinetiche di entrambe le plastiche (KPS e KPVC), per le quali il pH è la variabile con l'impatto maggiore.

In ogni caso i coefficienti di determinazione R^2 sono compresi tra 0.3437 e 0.6266. I modelli suggeriti quindi non si adattano bene ai dati. R^2 infatti deve essere pari almeno a 0.8 per poter affermare la bontà di un modello.

Per migliorare la separazione tra le due materie plastiche, si raccomanda il ritrattamento sia del flottato che dell'affondato.

Aumentare gli intervalli delle variabili è una valida opzione per migliorare la distribuzione dei dati e il buon adattamento tra i valori veri e previsti delle risposte.

La variabilità dei risultati, emersa dalle repliche al punto centrale del disegno, contribuisce all'errore sperimentale che influenza la qualità dei modelli suggeriti dal software. Potrebbe essere ridotta attraverso il prelavaggio dei campioni. In questo modo, la rimozione delle impurità dalle superfici delle particelle dovrebbe portare a condizioni più uniformi e quindi a risultati meno variabili.