

CONSIDERAZIONI SUGLI ECOBILANCI NELLA METALLURGIA SECONDARIA

Bruno De Benedetti¹, Gian Luca Baldo²

Riassunto

Viene tracciata l'evoluzione dei metodi di valutazione di impatto ambientale di attività industriali.

Il caso della produzione di alluminio secondario si presta molto bene per fare alcune considerazioni interessanti a riguardo dell'applicazione di un ecobilancio, ed in particolare di indici che permettono di standardizzare e normalizzare i rilasci nell'ambiente, in modo da andare verso una gestione più eco-efficiente del ciclo produttivo, e da trarre utili informazioni anche per altri settori della metallurgia secondaria.

Abstract

The evolution of environmental impact assessment methodologies in the industrial production field is presented.

The secondary aluminum production case is a good example to make some useful considerations how the application of an ecobalance, and of standardization and normalization indexes for the assessment of all kind of emissions, could lead to an environment friend management of this kind of industrial production and to keep informations for the secondary metallurgy field.

Introduzione

L'esigenza di riportare in servizio prodotti di natura industriale è fra le più sentite; le motivazioni possono essere anche molto differenti.

Normalmente si è giustificato il riciclaggio o il riuso di un prodotto partendo da misure di tipo energetico, in quanto ben si prestano ad una valutazione quantificata del valore economico associato al prodotto.

In particolare lo sviluppo delle tecniche di analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment³) hanno consentito l'unificazione delle metodiche di valutazione (BOUSTEAD, 1979).

Nel caso dei rottami metallici non esistono dubbi sulla convenienza energetica (e quindi economica data la facile convertibilità fra energia e costi) di sfruttare processi di metallurgia secondaria: nel caso dell'alluminio la produzione del metallo

secondario richiede un consumo energetico pari a circa il 6% di quello necessario per la produzione del primario (circa 10 GJ/t contro 185 GJ/t).

Le considerazioni economiche e l'ampia disponibilità dei rottami in genere, incoraggia quindi, praticamente tutti i settori di produzione delle leghe metalliche più comuni, all'ampio ricorso a processi di rifusione dei rottami previo loro condizionamento chimico e dimensionale.

Viene qui di seguito riportato un classico schema (BOUSTEAD, 1979) relativo alla produzione di contenitori alimentari in alluminio dal quale è assolutamente evidente la convenienza energetica.

Negli anni '70 le motivazioni energetiche (crisi petrolifere del 1973 e 1979) spinsero ad un rapido sviluppo delle tecniche di analisi energetica; le sole considerazioni energetiche apparvero però ben presto limitate e pertanto si rese necessaria la loro integrazione con considerazioni di impatto ambientale.

Lo sviluppo di metodologie di analisi del ciclo di vita dei prodotti hanno permesso via via di costruire indici riferiti all'unità di prodotto che potessero standardizzare le varie emissioni in base a considerazioni sul loro effetto

Ad esempio, a parità di energia necessaria, il ricorso più o meno marcato all'impiego di energia elettrica, distinguendo fra risorse fossili e nucleari, modifica fortemente i fattori di emissione. A questo punto potrebbe sorgere la necessità di istituire la metodica per il passaggio dai vari indicatori fra loro disgiunti a quella di un unico indicatore che consenta di arrivare ad profilo ambientale dell'attività in esame.

Di fronte a questa difficoltà una possibile proposta (BOCCHINI, 1992) è stata quella di arrivare all'effetto cumulato dei vari tipi di emissione facendo ricorso ad esempio ad indici come i TLV (BARDODEJ, 1991). L'ipotesi di lavoro è che, se il riferimento del danno ambientale primario è l'uomo, la normalizzazione dei valori d'emissione tramite i limiti di esposizione nell'ambiente di lavoro può condurre ad un valore globale, definibile come fattore d'impatto ambientale.

La ricerca attuale propone in modo certamente più rigoroso l'impiego di fattori di normalizzazione ancor più completi, che tengano conto in modo comparato dei danni che possono essere provocati all'ambiente in senso molto lato (effetto serra, piogge acide, eutrofizzazione, etc) (GUINEE, 1991). Il progresso di un progetto così ambizioso porta verso la definizione dei criteri progettuali di processi volti alla produzione di Ecomateriali (HALADA, 1994).

Scopo del presente lavoro è porre in evidenza le modifiche che possono essere apportate da diversi fattori ai basilari bilanci energetici nel campo della metallurgia secondaria, in modo tale da arrivare ad un vero e proprio Ecobilancio modificato, contenente cioè oltre al bilancio di massa completo, anche elementi di valutazione ambientali propri della fase di Impact Assessment di una Life Cycle Analysis.

L'Ecobilancio per la metallurgia secondaria

Lo sviluppo degli ecobilanci si inquadra nella diffusione di una serie di strumenti di analisi qualitativa e quantitativa degli impatti ambientali di singole sostanze avvenuta nel corso degli anni '70 e '80.

In senso stretto un Ecobilancio non è molto differente da un bilancio finanziario, nel quale oltre ai fattori monetari, vengono introdotti fattori economici riguardanti gli effetti dell'attività dell'impresa sull'ambiente.

Nel nostro caso con Ecobilancio intenderemo il bilancio completo di massa e di energia del ciclo produttivo, nel quale si considerano, oltre ai prodotti in entrata ed in uscita, anche tutte le emissioni (solide, liquide e gassose), la loro composizione, i flussi energetici, in modo tale da quantificare gli effetti sull'ambiente; per la sola parte descrittiva può essere svolto indipendentemente da una ricostruzione dell'intero ciclo di vita (rappresenta infatti solo la fase di inventory dell'LCA), mentre per la parte valutativa deve fare ricorso a metodi propri di alcune fasi dell'LCA.

Molto importante è la qualità dei dati (Data quality): a seconda dello scopo del bilancio in questione verranno usati dati precisi relativi al processo in esame oppure dati medi relativi alla situazione in cui il processo in esame è inserito.

Le considerazioni che seguono faranno espresso riferimento al riciclaggio dei rottami d'alluminio per chiarezza esplicativa, ma, stabilito il principio informatore, è immediato estenderle a tutte le altre metallurgie secondarie tecnologicamente sviluppate, dall'acciaio alla ghisa, dall'ottone al piombo.

Nello schema di fig. 1 è riportato un esempio di processo semplice con riciclo interno (closed loop). L'alluminio è, praticamente dagli albori dello sviluppo della sua metallurgia, ritenuto un metallo di estremo valore anche come rottame poichè il contenuto energetico è di valore elevatissimo (l'elettrolisi dell'allumina è uno dei processi industriali a più alto consumo energetico; i migliori valori di consumo realizzabili sono di circa 13 kWh/kg di alluminio). A partire da questo esempio risulta a nostro avviso necessario considerare in relazione alla collocazione e caratteristiche dell'impianto di elettrolisi:

- a) le emissioni degli impianti nell'ambiente esterno
- b) le immissioni nell'ambiente di lavoro
- c) i rifiuti solidi prodotti e il loro smaltimento
- d) la valorizzabilità dei rottami per produzioni alternative.

Questo caso consente quindi l'introduzione di un punto interessante. Assodata in linea di principio l'opportunità del riciclaggio dei rottami d'alluminio questi possono avere pregio molto differente in relazione al titolo e purezza della lega costituente; i rottami possono variare come pregio partendo da sfridi "puliti" di alluminio puro per arrivare a granelle di lega inquinate da elevati tenori di ossidi.

In relazione a questo fatto sono molto diversi i mezzi fusori per il loro ritorno in ciclo. Gli sfridi puliti di alluminio possono essere aggiunti tal quali come materiale di taglio nel circuito del primario (closed loop), come illustrato nello schema di fig. 1 oppure essere avviati a veri processi secondari (open loop) come nello schema di fig.2.

Ritornando agli argomenti importanti per la classificazione dei processi secondari va segnalato quanto segue:

a) le emissioni degli impianti nell'ambiente esterno.

Potrebbe sembrare ovvio, ma la tollerabilità delle emissioni è fortemente influenzata dalla vastità dell'ambiente considerato. L'installazione di una fonderia nei pressi di centri abitati provoca disturbo istantaneo sugli abitanti circostanti per eventuale emissione di odori e fumi. Ampliando però i confini di un disturbo che si presenta a tempi più lunghi, si passa al possibile contributo alla deforestazione per acidificazione della pioggia, sino ad arrivare su scala planetaria all'accelerazione dell'effetto serra.

Ecco allora che la valutazione di impatto deve essere divisa in effetti in scala locale, regionale e globale.

In termini di sensibilità è l'ambiente più ristretto che certamente dà i segnali più importanti, ma in un'ottica progettuale dovrebbe essere l'effetto di scala maggiore quello da considerare come prioritario.

b) le immissioni nell'ambiente di lavoro.

In questo campo è costante la ricerca degli igienisti industriali per arrivare alla definizione di standards TLV per un lavoro sicuro, modificando e ampliando lo spettro dei parametri da considerare nel monitoraggio. Dunque il tipo di impianto industriale può essere più o meno facilmente adeguato alle sempre nuove necessità che nascono in relazione agli sviluppi della ricerca, forzosamente basata su considerazioni sulla popolazione lavoratrice attuale. Inoltre, stabilito l'ovvio principio legislativo dell'attenzione nell'evitare danni fisici di qualunque genere,

rimane pur vero il peso diverso dal punto di vista sociale dell'insorgere ad esempio di un'affezione tumorale rispetto ad un degrado dell'udito.

A questo punto si pone il problema della valutazione d'impatto sulle maestranze del lavoro di fonderia in senso globale, cercando di pesare i rischi in relazione al tipo di lavorazioni che vengono eseguite. Infatti i costi sociali connessi con questi rischi sono concettualmente simili a quelli del punto precedente.

c) i rifiuti solidi prodotti e il loro smaltimento.

Nella maggior parte dei casi attuali le perdite di tipo energetico provocate da rifiuti di fonderia sono trascurabili rispetto alle difficoltà connesse con il loro smaltimento. Le difficoltà sono elevate in quelle zone ove le regolamentazioni locali sono particolarmente severe e le autorizzazioni richiedono lunghe tempistiche.

Diventa in quest'ultimo caso discriminante nella scelta fra differenti procedure di riciclaggio quella che minimizza la produzione di rifiuti anche se i costi energetici sono più alti rispetto ad altre. Un'analisi del ciclo vita del prodotto in esame è certamente di aiuto per determinare quale materiale possa portare ad un minore impatto ambientale (minore consumo di energia, contenimento delle emissioni) nella realizzazione del prodotto in esame.

Si consideri come esempio il trattamento, a valle del processo di rifusione dei rottami, per il ricupero del cloruro di sodio mediante un processo di dissoluzione e successiva cristallizzazione in evaporatori a multiplo effetto (vedi schema di fig. 3).

E' evidente che gli oneri energetici di quest'ultima operazione di ricupero devono essere compensati dagli oneri per la messa a discarica delle scorie saline tal quali. Eppure l'analisi d'impatto darebbe in questo caso dei risultati che sconsigliano il ricupero del cloruro di sodio di processo (visto il modesto contenuto energetico del salgemma), che viceversa è necessario ove gli oneri di discarica siano considerevoli.

Valgono quindi anche per questo punto le osservazioni eseguite relativamente al punto precedente.

d) la valorizzabilità dei rottami per produzioni alternative.

In apparenza questo argomento potrebbe sembrare disgiunto dai precedenti, ma è utile ricordare che l'impiego di un rottame pulito come gli sfridi d'alluminio puro può essere necessario per la valorizzazione di rottami molto meno puri. In particolare la produzione di leghe qualificate d'alluminio di seconda fusione richiede l'uso percentuale in carica di rottami non inquinati da ferro, visto che molti tipi di rottami trascinano con sé spezzoni d'acciaio. Viceversa il tenore finale di ferro

tollerabile in lega non deve superare certi limiti. Dunque l'analisi energetica semplificata potrebbe indicare l'opportunità di seguire la prassi di fig. 1, mentre la valorizzazione di rottami di minor pregio richiede una prassi alternativa in vista della produzione di leghe qualificate.

Dunque anche in questo caso una situazione locale contingente può indirizzare in modo differente le scelte operative. Seguendo il filo conduttore dell'esempio della produzione di leghe secondarie d'alluminio, in un paese, in cui esiste una massiccia produzione di motori automobilistici alleggeriti mediante componenti in lega d'alluminio, può essere molto più utile impiegare un processo di rifusione secondo i criteri di fig. 2, piuttosto che rialimentare la produzione di contenitori d'alluminio. L'opposto nei paesi privi d'industria automobilistica e con una rete di distribuzione espansa di contenitori per bevande in alluminio.

L'elemento d'incertezza

Sinora non si è considerato espressamente l'utilizzatore del prodotto, che pure influenza pesantemente la fine della sua vita secondo prassi non sempre facilmente prevedibili. A chiarimento potrebbe servire l'esempio delle autovetture dotate o meno di marmitta catalitica. Solo alcuni anni fa non esisteva in Italia una spinta massiccia verso la loro commercializzazione, mentre oggi si insiste addirittura sull'opportunità di rottamazione anticipata dei veicoli che impiegano i tradizionali combustibili al piombo. Le argomentazioni portate a sostegno di questa tesi vanno da considerazioni di breve periodo (ipotesi di minor consumo delle autovetture più moderne, che però non tengono in conto i costi energetici di rottamazione anticipata) e altre di più ampio respiro. In particolare si segnalano i vantaggi comportati dalla riduzione delle emissioni di ossido di carbonio e piombo. In definitiva analisi fatte sull'utilizzatore attuale standard potrebbero essere sconfessate per evoluzioni improvvise di mercato.

L'uomo è dunque l'anello debole della catena in quanto i suoi comportamenti possono essere previsti solo impiegando un approccio di tipo multidisciplinare.

Rimanendo sul caso dei contenitori in alluminio la loro vita è relativamente ben definita, ma il riciclaggio è condizionato da un'efficiente raccolta differenziata dai convenzionali rifiuti urbani. Quale strategia può portare a comportamenti ecocompatibili l'utilizzatore? Di solito la risposta è un'efficace campagna educativa. Come valutare l'impatto di simili strategie, che normalmente danno risposte sul lungo periodo? Seguire questo filo logico porta molto lontano, in un campo che finora le tecniche LCA hanno solo sfiorato e le analisi energetiche hanno ignorato.

Una valutazione d'impatto DEVE, nel momento in cui introduce l'uomo nello schema di valutazione, introdurre dei coefficienti correttivi basati su considerazioni probabilistiche, quelli che l'ingegneria tradizionale ha sempre bollato come

coefficienti d'ignoranza. Peraltro pretendere che scienze moderne come l'LCA seguano canoni deterministici è del tutto avventato.

Il bilancio modificato

Non solo le considerazioni relative all'utilizzatore richiedono l'impiego di coefficienti correttivi, ma anche la valutazione dei punti sopra segnalati.

E' ben noto che il processo di elettrolisi dell'allumina richiede l'impiego di sola energia elettrica, mentre la rifusione dei rottami è ottenuta in forni a riverbero con apporto energetico da combustibili fossili. Nell'ecobilancio potrebbe quindi proporsi una variazione tramite coefficienti depenalizzanti l'energia elettrica in quei paesi nei quali questa è ottenuta con metodiche a basso impatto (ad esempio di tipo idroelettrico).

Analogamente si potrebbe considerare diversamente, tramite coefficienti correttivi, l'impatto delle emissioni di una fonderia installata in una zona desertica rispetto ad altra posta in luoghi molto boschivi.

Si potrebbe seguire questo ragionamento per tutti i punti segnalati, arrivando alla conclusione del valore relativo di analisi di questo tipo. In senso pessimistico questo comporta la rinuncia ad andare al di là dei singoli indicatori, ritenendo poco affidabili i sistemi di conversione ed approssimazione qui analizzati. Scopo del nostro sostanziale ottimismo è quello di ritenere possibile che il dibattito in corso possa sfociare verso un sostanziale accordo su canoni consolidati. Se questo è stato possibile nel campo artistico, non si vede perchè non sia praticabile in una delle scienze più tradizionalmente ingegneristiche come la metallurgia di processo o altre discipline.

Bibliografia

BARDODEJ J. (1991) - Exposure limits for occupational and environmental chemical pollutants in various media - *The Science of Total Environment*, 101, 1991, pp. 45-54.

BATTELLE, FRANKLIN ASSOCIATES (1991) - *Product Life Cycle Assessment: inventory guidelines and principles* - U.S. Protection Agency, Cincinnati.

BOCCHINI G.F., DE BENEDETTI B. (1992) - *Comparisons between various techniques suitable to produce equivalent mechanical components on the basis of environmental impact. Indications on the possible assessment and comparison criteria* - Powder Metallurgy World Conf., San Francisco, 21-26 June 1992.

BOUSTEAD I., HANCOCK G. (1979) - *Handbook of Industrial Energy Analysis* - The Open University, Milton Keynes, Hellis Horwood Limited, Chichester, West Sussex, England.

BOUSTEAD I. - *Inventory - general principles* - The Open University, U.K..

BOUSTEAD I. (1992) - *The relevance of re-use and recycling activities for the LCA profile of products* - 3rd CESIO International Surfactants Congress, London, June 1992.

GIAMMUSSO S. (1994) - *Quando il riciclaggio diventa business* - L'Impresa Ambiente, n.1 1994, pp. 65 - 70.

GUERRIERO R. (1993) - *Consumi energetici ed impatto ambientale nell'industria dei metalli non ferrosi* - La Metallurgia Italiana, vol.85, n.12, 1993, pp. 765 - 771.

GUINEE J., HEIJUNGS R., HUPPES G. (1991) - *Manual for the environmental Life Cycle Analysis of products; outline*.

HALADA K. (1994) - A database for the Assessment of Materials from an Environmental Viewpoint to develop Ecomaterials - CODATA 1994, Chambery, 18-22 Sept. 1994.

KLOPFER W., RIPPEN G. (1991) - *Life cycle analysis and ecological balance: methodical approaches to assessment of environmental aspects of products* - Environmental International, Vol. 18, pp.55 - 61, 1992, Pergamon Press U.S.A.

Didascalie

Fig.1. Produzione di contenitori per alimenti partendo da Al elettrolitico con ricupero interno degli sfridi.

Fig.2. Schema del processo di rifusione dei rottami di Alluminio.

Fig.3. Trattamento per il recupero del cloruro di Sodio da scorie saline di processo.

¹Dipartimento di Scienza dei Materiali e Ingegneria Chimica, Politecnico di Torino

²Dipartimento di Georisorse e Territorio, Politecnico di Torino

³La Life Cycle Analysis o Assessment è di solito indicata brevemente con la sigla LCA