

---

## CAPITOLO 5

### LA TECNICA E GLI IMPIANTI WAE LZ

#### 5.1 IL PROCESSO WAE LZ

##### 5.1.1 Background

Il processo Waelz è una tecnologia consolidata da più di 70 anni. Il processo brevettato nel 1910 da E. Dedolph (Canada, Columbia Britannica), è stato applicato industrialmente per la prima volta dalla Krupp, in collaborazione con la Metallgesellschaft a Lunen (Alta Slesia) nel 1923 ed è stato a lungo applicato al trattamento di minerali ossidati di zinco, a basso tenore di zinco, con lo scopo di ottenere un prodotto (ossido di Waelz) ad elevato tenore di zinco, sufficientemente elevato da consentire economicamente l'estrazione dello zinco, quindi sostanzialmente con funzioni di "arricchimento".

Da allora i principi metallurgici e la condotta pratica del trattamento di materiali a basso tenore di zinco, sono rimasti pressoché invariati, mentre considerevoli processi sono stati registrati nell'impiantistica.

Come già detto il processo è stato applicato dapprima quasi esclusivamente al trattamento di minerali di zinco non solforati, e a basso tenore di zinco quali ossidati e/o carbonati e, in minor misura, silicati; ha inoltre trovato larga applicazione nei paesi dell'est Europa nel processo elettrolitico dello zinco, quale sistema di ritrattamento dei residui di lisciviazione, nel caso in cui l'alto tenore di ferro nelle blende portava alla produzione di residui contenenti una elevata percentuale di zinco presente come ferrito, con conseguente abbassamento della resa di estrazione nella operazione di lisciviazione.

Negli anni '70, dopo diverse ricerche condotte indipendentemente in Germania, Stati Uniti e Giappone il processo è stato applicato industrialmente ai fumi di acciaieria, prodotti dalla rifusione di scrap ferrosi in forni di arco, per la prima volta dalla Berzelius Metallhutter GmbH, Duisburg che adotta una marcia del forno con 100% di fumi di acciaieria dal 1977.

Altri impianti Waelz sono stati costruiti o convertiti al trattamento di fumi di acciaieria, negli anni 80. Fra i principali New Jersey Zinc (Nord America), Sumitomo (Giappone), ASER (Spagna). L'ultima realizzazione, in ordine di tempo è rappresentata dall'impianto della Recytech (Francia).

La prima applicazione in Italia è costituita dall'impianto Waelz di Ponte Nossola, operante dal 1985, e basato sull'impiego di un forno da 60m x 3.6m diametro, recuperato dall'impianto di Montepioni. Test industriali di marcia di fumi di acciaieria furono eseguiti a Montepioni nei primi anni 80, e successivamente il forno fu trasferito nell'impianto, allora Samim S.p.A., di Ponte Nossola (BG), dove entrò in marcia nel 1985, insieme ad una unità di lavaggio degli ossidi Waelz.

Sempre in Italia, nell'ambito del Polo piombo-zinco di Porto Vesme di EniRisorse vengono trattati negli esistenti forni Waelz, facenti parte dell'impianto Imperial Smelting, su base regolare fin dal 1990.

### 5.1.2 Caratterizzazione delle materie prime

Vengono qui richiamati solo quelle informazioni e dati maggiormente determinanti ai fini della conduzione del processo Waelz e/o condizionanti per la scelta dei processi a valle (recupero dello zinco e del piombo dall'ossido Waelz)

- **Zinco**

Nei grafici di figura 5.1 e 5.2 viene illustrata l'evoluzione della distribuzione del tenore in zinco rilevata su lotti significativi di materiali trattati in Italia rispettivamente nel 1980 e più recentemente nel primo semestre 1996

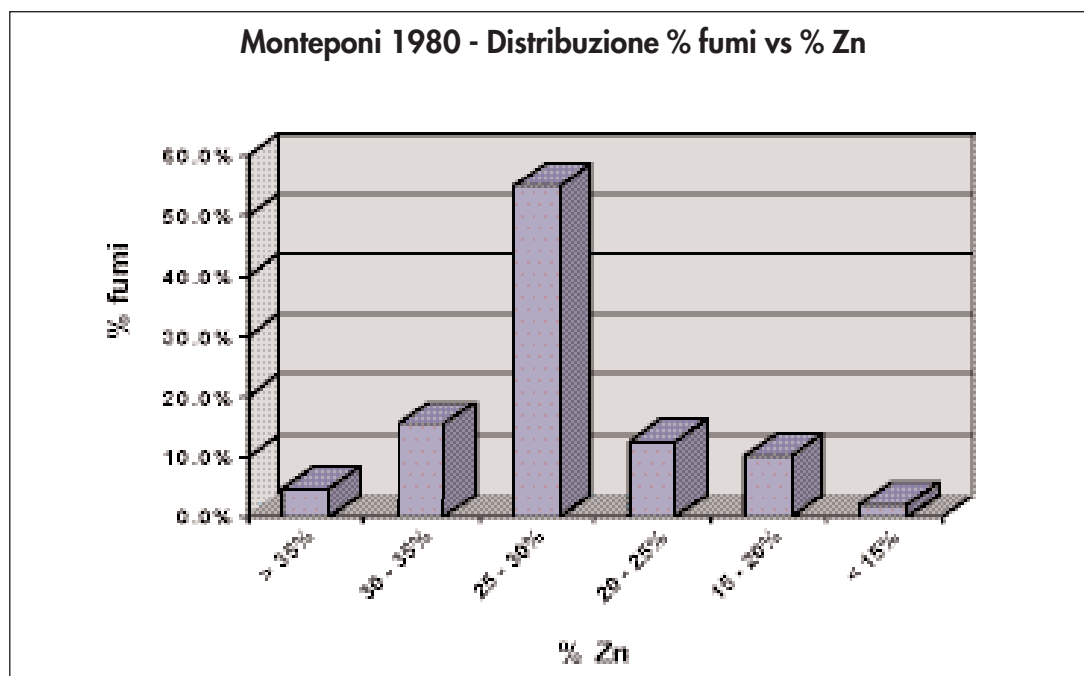


Fig. 5.1

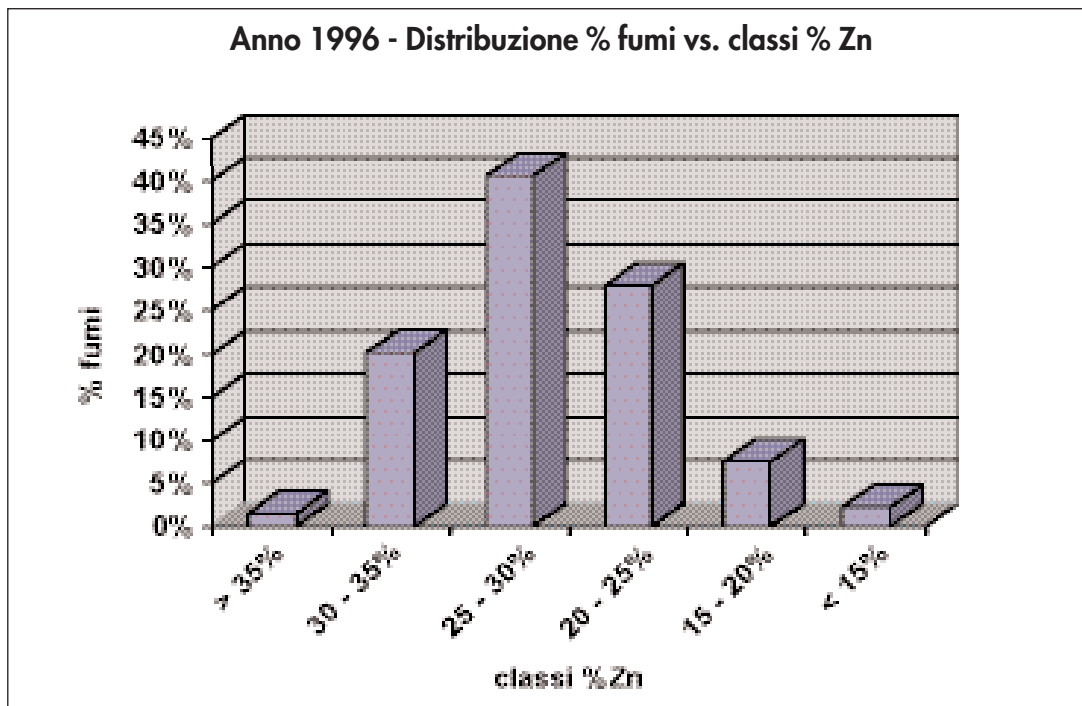


Fig. 5.2

Da questi si può apprezzare che un sostanziale 60 - 70% dei fumi trattati al Waelz ha tenori in zinco compresi tra il 25% ed il 35% in Zn e si nota inoltre un incremento nel tempo della quota di fumi avente concentrazioni comprese tra il 20% ed il 25%.

Ovviamente resta sempre molto bassa la quota % dei fumi trattati con Zn < 20% (fumi "poveri") in quanto fortemente penalizzati dalle formule di calcolo delle fee di smaltimento.

In quanto ai composti dello zinco presenti è evidente dal grafico di figura 5.3 che il rapporto zinco solubile/ zinco totale aumenta al diminuire del ferro totale presente nei fumi, il che conferma la presenza significativa di spinelli (ferrito di zinco).

- **Piombo**

Analogamente a quanto sopra è stata analizzata la distribuzione del tenore in Piombo sugli stessi lotti. Come mostrano le figure 5.4 e 5.5, dal 1980 al 1996 non si sono avute, purtroppo, significative variazioni sul complesso dei fumi che titolano tra il 4 ed il 7% di Pb, il che è sintomo che nonostante i progressi registrati nel processo di rottamazione auto ancora oggi una notevole quantità di batterie di avviamento auto esaurite segue il rottame in acciaieria.

Si noti che in USA e Giappone si riscontrano % di piombo nei fumi in media intorno al

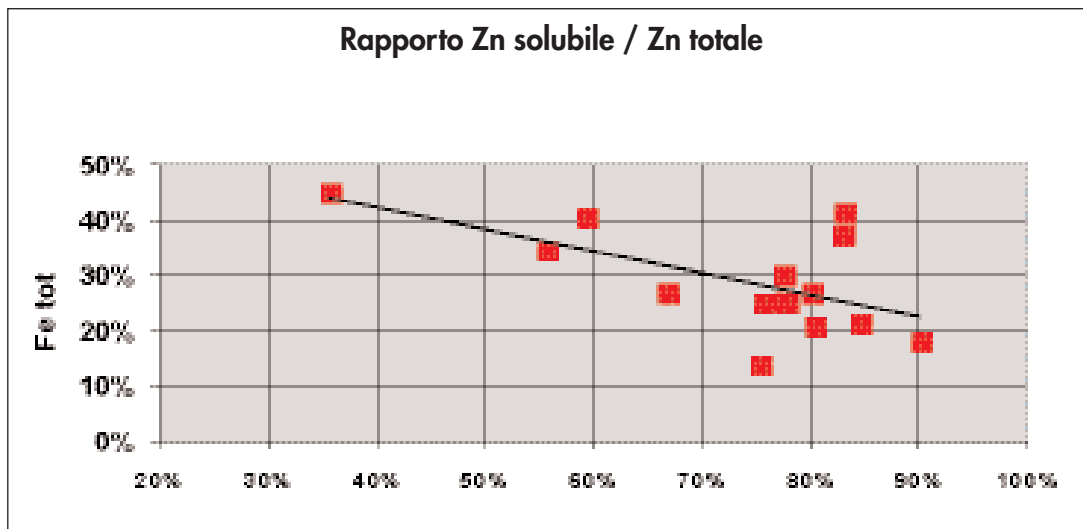


Fig. 5.3

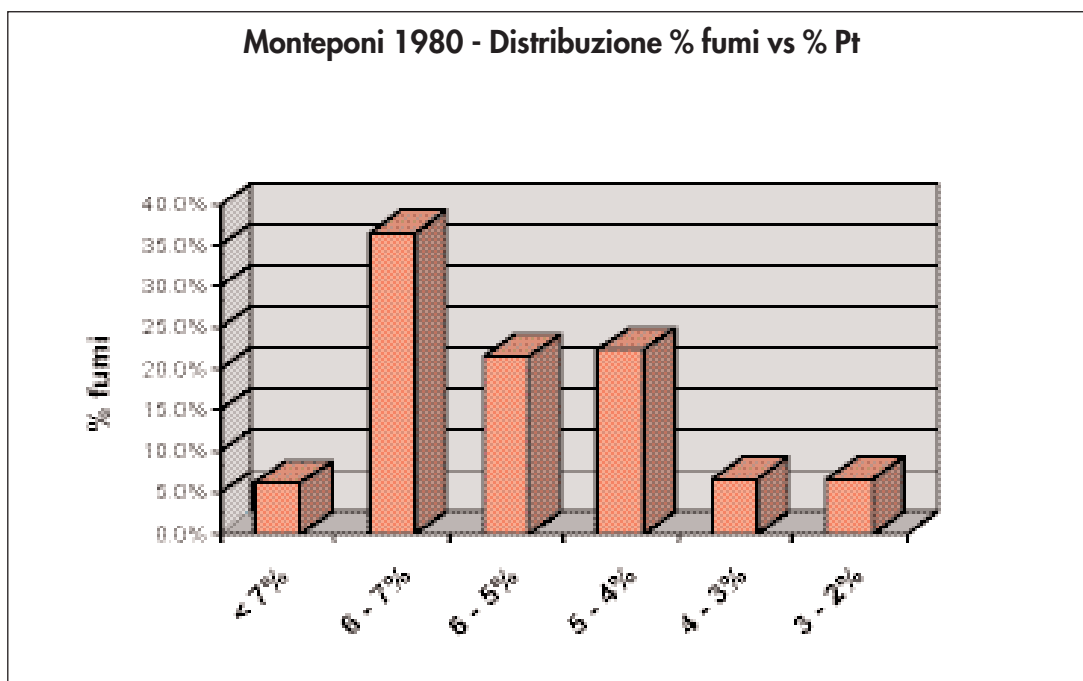


Fig. 5.4

2%, il che consente anche con una marcia "basica" (vedi punto successivo 5.1.5.) di ottenere un buon esaurimento in piombo della scoria.

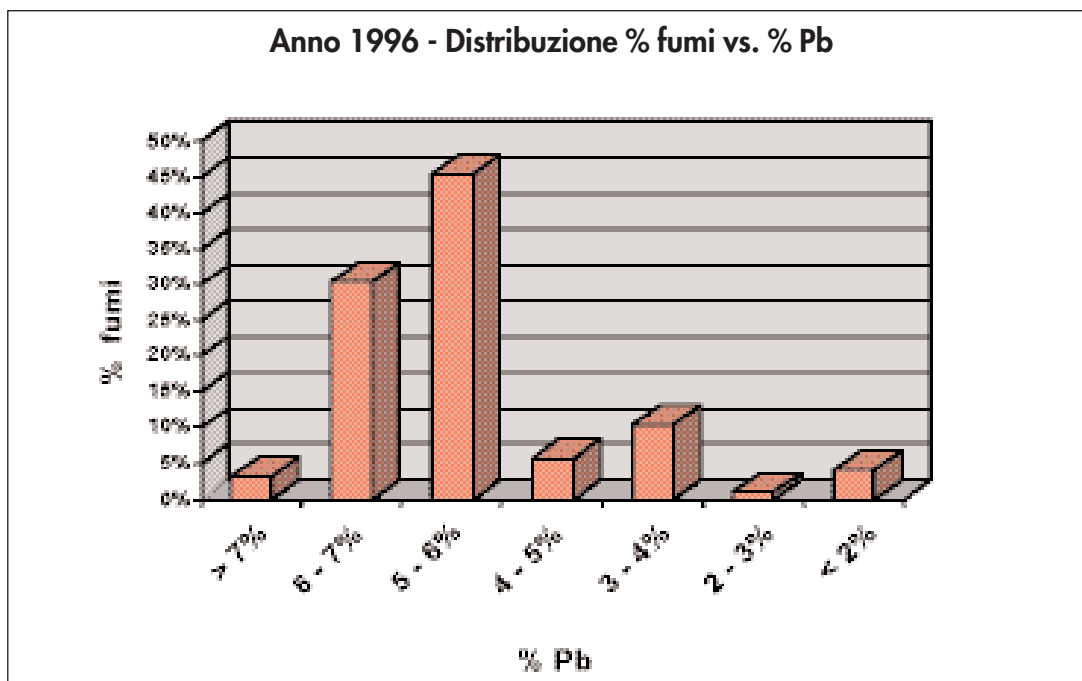


Fig. 5.5

- **Alogeni**

Anche gli alogeni vengono costantemente controllati nella materia prima in quanto fonte delle problematiche esposte più avanti.

Il tenore medio di cloro è purtroppo aumentato significativamente a seguito delle trasformazioni avvenute negli impianti di depurazione gas delle acciaierie, come più avanti illustrato.

### 5.1.2 Processo

#### **Unità Waelz**

Il processo avviene in un forno rotativo inclinato nel quale per effetto della rotazione, la carica zincifera contenente il 22% circa di zinco, miscelata al polverino di coke, avanza in controcorrente con i gas caldi della combustione in ambiente ossidante, esaurendosi progressivamente in zinco e piombo.

Più precisamente la controcorrente viene così realizzata: ad una estremità del forno (lato carica) viene introdotta la carica, e i gas di processo vengono estratti, e convogliati all'impianto abbattimento polveri; all'altra estremità (lato scoria) viene estratta la scoria e viene introdotta aria di processo (per l'ossidazione dello zinco, e viene altresì bruciato del fuel (gas od olio combustibile) di supporto.

---

Il forno, dal punto di vista delle fasi di processo può essere suddiviso idealmente in quattro zone:

- nella prima zona viene eliminata l'umidità della carica zincifera e degli altri componenti (polverino di coke e fondenti), e si preriscaldano fino a 600°C. circa. Nel caso di cariche carbonatiche (grezzi calaminari ecc.) avvengono inoltre le reazioni endotermiche di decomposizione dei carbonati. Altrettanto avviene per il calcare introdotto come fondente.
- nella seconda zona inizia la combustione del pulverino di coke o antracite e la carica si porta fino a 1000°C. In questa zona avvengono principalmente la volatilizzazione dei cloruri e, nel caso dei fumi di acciaieria (o dei residui di lisciviazione) vengono decomposti i ferriti di zinco. Si innescano altresì, nella carica, le reazioni di riduzione dello zinco e del piombo, nonché di riduzione degli ossidi di ferro.
- nella terza zona, ad una temperatura compresa tra i 1000°C e 1300°C gli ossidi di zinco e di ferro sono ridotti sotto l'influenza decisiva della reazione di Boudouard. I vapori di zinco metallico che si sviluppano dalla carica, nella quale prevale un'atmosfera riducente, insieme al monossido di carbonio, vengono ossidati a contatto dell'atmosfera ossidante del forno dovuta ai gas di combustione e all'aria di ossidazione producendo degli ossidi di zinco che vengono trascinati come polveri finissime (di dimensioni microniche o sub microniche). dalla corrente gassosa Contemporaneamente lo sviluppo di calore generato dall'ossidazione consente di mantenere in temperatura il sistema evitando al limite apporti esterni di calore (con il bruciatore).

Le reazioni possono essere così schematizzate:

- nella carica:
  1.  $\text{ZnO(s)} + \text{CO(g)} = \text{Zn(g)} + \text{CO}_2\text{(g)}$
  2.  $3 \text{Fe}_2\text{O}_3\text{(s)} + \text{CO(g)} = 2 \text{Fe}_3\text{O}_4\text{(s)} + \text{CO}_2\text{(g)}$
  3.  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{(s)} + \text{CO(g)} = 3 \text{FeO(s)} + \text{CO}_2\text{(g)}$
  4.  $\text{FeO(s)} + \text{CO(g)} = \text{Fe(s)} + \text{CO}_2\text{(g)}$
  5.  $\text{C} + \text{CO}_2 = 2\text{CO}$  (reazione di Boudouard)
- nell'atmosfera del forno:
  6.  $\text{Zn(g)} + \frac{1}{2} \text{O}_2\text{(g)} = \text{ZnO(s)}$
  7.  $\text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{CO}_2$

Come appare dalle reazioni esposte, le velocità di reazione che hanno luogo nella zona riducente del forno si considera siano dipendenti dalla reazione solido-gas del Co prodotto dalla reazione di Boudouard).

La eliminazione del piombo dalla carica, alle temperature considerate, non può avvenire quantitativamente con lo stesso meccanismo ipotizzato per lo zinco, a causa della bassa tensione di vapore del piombo.

Si ammette che il piombo venga eliminato sotto forma di composto la cui tensione di va-

---

pore è sufficientemente elevata alle condizioni di temperatura di Waelz, e in particolare come cloruro, solfuro e ossido. Di qui la particolare opportunità di miscelate alla carica di fumi di acciaieria anche fanghi residui da lavorazione zinco, contenenti solfati.

L'eliminazione del cadmio è invece pressoché totale e così quella del cloro. Fluoro, sodio e potassio vengono fumigati in percentuali variabili, dal 50% al 70% del contenuto iniziale nella carica.

L'apporto termico dovuto alla combustione del riducente miscelato alla carica è sufficiente a portare la carica alla temperatura di reazione richiesta, e a far avvenire le reazioni endotermiche di riduzione, mentre le uscite di calore sensibile del forno sono rappresentate principalmente dalla corrente di gas caldi, trascinanti l'ossido prodotto, (temperatura di uscita 700 - 800 °C), e dalla scoria esaurita, contenente carbonio incombusto in varia misura ( a seconda del tipo di marcia del forno, vedi successivo paragrafo 5.1.5) che è scaricata dal forno a 1000°C circa.

Non sono generalmente richiesti ulteriori apporti di calore tramite la combustione di gas o combustibile liquido, pertanto il bruciatore installato alla testata di scarico della scoria non viene mai acceso, salvo per l'avviamento, o per modificare il profilo termico del forno nel caso si verifichi la formazione di "anelli" (incrostazioni dure) all'interno del forno, che ostacolano il regolare avanzamento del materiale nel forno.(vedi paragrafo 5.1.4.successivo). I gas uscenti dal forno, a temperature di circa 800°C vengono, prima fatti passare attraverso una camera di decantazione refrattaria ( camera polveri) ove vengono raccolte le frazioni più pesanti delle polveri trascinate, ove sono presenti trascinamenti di carica cruda,. I cosiddetti "pre-ossidi" raccolti vengono riciclati all'alimentazione del forno. Quindi i gas vengono raffreddati con spray di acqua in una torre evaporativa ove la temperatura viene abbassata fino a 350°C. Dopo diluizione con aria ambiente, i gas vengono filtrati in un filtro a maniche in esecuzione speciale, ad una temperatura di 200-220°C ove vengono separati gli ossidi prodotti. La linea di abbattimento polveri e depurazione gas di processo ha subito nel tempo una notevole evoluzione, in funzione delle normative ambientali:

- Gli impianti Waelz degli anni '50 ÷'70 erano dotati di un elettrofiltri a caldo eventualmente preceduto da una torre di raffreddamento: il tenore di polveri nell'effluente gassoso dopo l'elettrofiltro era intorno a 100÷200 mg/Nm<sup>3</sup>
- Negli anni '80 si è passati alla filtrazione su filtro a maniche, sui gas raffreddati a temperature compatibili con i tessuti delle maniche generalmente per mezzo di una torre evaporativi del tipo sopra descritto. La concentrazione residua di polveri nell'effluente gassoso ascende a 5÷10 mg/Nm<sup>3</sup>
- Negli anni '90 sono stati aggiunti degli ulteriori stadi di depurazione gas e precisamente un post combustore a mone o nella camera polveri per la completa ossidazione di tracce di composti aromatici nella corrente gassosa

---

uscente dal forno, con opportuni sistemi di controllo della temperatura per prevenire la formazione di diossine, ed inoltre sono stati aggiunti degli stadi di depurazione finale sui gas freddi e depolverati a valle del filtro a maniche generalmente costituiti da letti di carboni attivi.

### ***Unità lavaggio ossidi Waelz***

Vengono qui descritte le operazioni relative al lavaggio degli ossidi Waelz, operazione che ha essenzialmente lo scopo di allontanare la maggior parte del cloro, sodio, e potassio, al fine di ottenere un materiale idoneo al successivo trattamento nel ciclo dell'impianto Imperial Smelting.

E' bene ricordare che i cloruri presenti nei fumi di acciaieria traggono origine dalla combustione di plastiche a base di polivinilcloruro nel forno ad arco, mentre i fluoruri oltre che da possibili altri materiali plastiche derivano dall'uso di fondenti e scorificanti del bagno. Storicamente il problema della presenza di cloruri e fluoruri nei fumi di acciaieria si è manifestato nei primi anni '80 allorchè la maggior parte delle acciaierie ha adottato impianti di depurazione gas a secco anziché ad umido (scrubber) al fine di contenere il tenore di polveri al camino nella corrente gassosa dal forno e dagli impianti di ventilazione. In quest'ultimo tipo di impianti infatti la maggior parte degli alogenuri venivano trasferiti nelle acque di lavaggio della torre di abbattimento.

Va anche comunque ricordato che in alcuni impianti vengono lavati i fumi di acciaieria, prima del loro trattamento al forno Waelz. Questa procedura alternativa ha degli svantaggi e dei vantaggi rispetto al lavaggio ossidi:

- svantaggi: si opera su quantitativi pari a 3-4 volte maggiori (tale è il rapporto fumi acciaieria/ossidi Waelz in funzione del tenore di zinco dei fumi), con conseguenti incrementi dei costi operativi e soprattutto degli investimenti
- vantaggi: vengono sensibilmente diminuite le quantità di alogeni negli ossidi prodotti con particolari benefici e semplificazioni soprattutto nella scelta di apparecchiature e nelle condizioni di marcia nella linea depurazione gas e abbattimento ossidi a valle del forno, poiché vengono drasticamente ridotti i contenuti di cloruri volatili quali ad es. il cloruro di piombo, che provocano incrostazioni e intasamenti di apparecchiature di raffreddamento, dei tessuti dei filtri a maniche ecc.

Tuttavia la maggior parte degli impianti Waelz alimentati con fumi di acciaieria hanno una sezione di lavaggio ossidi. E' ipotizzabile che il lavaggio dei fumi si renderebbe indispensabile qualora si inserisse nella linea di depurazione gas una caldaia di recupero del calore sensibile dei gas viste le problematiche connesse a polveri contenenti cloruri.

Gli ossidi raccolti al filtro (ossido Waelz calcinato) vengono quindi sottoposti a lavaggio con acqua. Il lavaggio avviene in ambiente neutro o alcalino a seconda delle condizioni di marcia del forno. Gli ossidi prodotti con una marcia "acida" (vedi più avanti) richiedono un ambiente alcalino, ottenuto con l'aggiunta di soda.



L'operazione si svolge in tina agitata e la torbida viene filtrata su filtropressa ad elevata pressione allo scopo di allontanare la maggior parte dell'imbibito, minimizzando l'umidità residua.

La resa di estrazione dei cloruri è valutabile tra il 70% e il 90% in quanto solo i cloruri dei metalli alcalini vengono rimossi in quanto solubili in acqua mentre sono insolubili composti quali il  $PbFCl$ . Composti quali  $PbCl_2$ ,  $PbClF$  e  $PbF_2$  vengono parzialmente decomposti in presenza di carbonato sodico. Per quanto concerne i fluoruri, la resa di estrazione, anche in ambiente alcalino, non supera il 60% circa.

Va fin d'ora sottolineato che:

- i tenori di cloro e fluoro residui nell'ossido Waelz dopo il lavaggio fumi non permettono comunque l'utilizzo dell'ossido Waelz come materia prima per il ciclo di estrazione zinco per via idrometallurgica tradizionale.
- tutti gli impianti Waelz che preparano dell'ossido Waelz per un successivo utilizzo nel ciclo di estrazione zinco-piombo termico (Imperial Smelting) hanno come complemento indispensabile un impianto di lavaggio, particolarmente se l'ossido Waelz non è sottoposto al processo di bricchettatura. In mancanza di tale unità, è necessario selezionare i fumi di acciaieria trattati in base al tenore di cloro.

Lo schema di figura 5.6 seguente rappresenta la linea abbattimento fumi dell'impianto Waelz di Ponte Nossia; si consideri che normalmente il refrigerante ad aria è escluso e si aggiunge aria falsa a temperatura ambiente a valle della torre di raffreddamento.

### **Unità trattamento scorie**

La scoria contiene, oltre a tutti gli elementi che non sono stati volatilizzati (principalmente ferro in forma prevalentemente ridotta) del carbone incombusto, che, soprattutto nel caso di marcia "acida" è presente in quantità tali da giustificare il recupero della

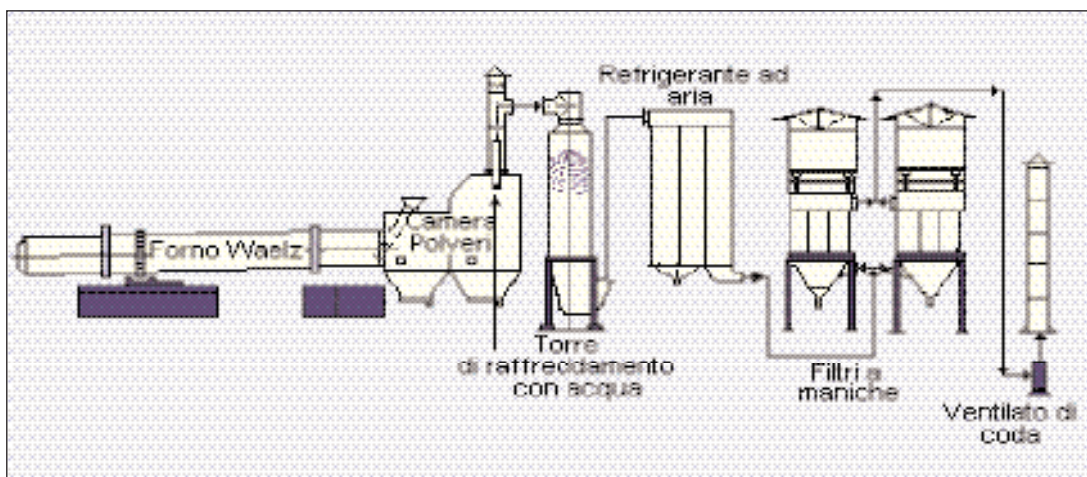


Fig. 5.6

---

maggior parte di esso.

Pertanto, dopo lo spegnimento della scoria in acqua, mediante un sistema di vagli e separatori magnetici, viene separata la frazione granulometrica della scoria ove si concentra maggiormente il carbone incombusto, contenente dal 50% al 70% di C.

Questa frazione viene ricircolata in alimentazione unitamente al polverino di coke fresco.

Tale trattamento non viene effettuato nel caso di impianti che adottano la marcia "basica", poiché in tali condizioni il polverino di carbone o di coke viene aggiunto in carica in percentuali minori, e il residuo di carbone incombusto nella scoria è tale da non giustificare economicamente il ritrattamento e il recupero di una frazione ricca in C.

#### **5.1.4 Problematiche di conduzione del forno Waelz**

##### Controllo della marcia

Per ottenere una marcia regolare del forno del forno è indispensabile assicurare prima di tutto una costanza dell'alimentazione in portata e composizione, che il coke sia sufficientemente fino e mescolato intimamente alla carica ed assicurare la costanza dell'aria introdotta nel forno. In tali condizioni si avrebbe una costanza della lunghezza delle zone di preriscaldamento della carica e di reazione, ed un profilo di temperature costante. Praticamente è quasi impossibile mantenere costanti tutte queste condizioni e quindi la marcia del forno non è regolare in assoluto, ma oscillante intorno alle condizioni di marcia ideale., applicando correzioni graduali, che manifestano il loro effetto con una forte isteresi viste le rilevanti masse in gioco.

Alcuni parametri possono essere controllati con continuità, quali la temperatura dei gas in uscita dal forno che è sintomatico di incipienti alterazioni delle condizioni della zona di reazione. Ovviamente anche l'analisi dello zinco residuo nelle scorie va effettuata con una certa frequenza.

Nella conduzione pratica l'operatore ha una idea del loro buon grado di esaurimento quando a 5-6 m dalla bocca di scarico non si vedono le fiamme verdi caratteristiche della combustione dei vapori di zinco, ma solamente quelle gialle dovute alla combustione del coke. L'indicazione non è però assoluta, in quanto se il forno è freddo (temperature nella zona di reazione inferiori a 1100 °C) le scorie sono ancora ricche in zinco e pur tuttavia non si vedono fiamme verdi e neanche le fiamme gialle del coke risultano visibili.

##### Incrostazioni

I processi descritti che avvengono nel forno rotativo, sono abbastanza semplici e apparentemente la condotta di un forno Waelz non dovrebbe presentare eccessive difficoltà per quanto concernete il recupero dei metalli con rese soddisfacenti.

Il realtà per la conduzione regolare del forno è indispensabile che si verifichino un re-

---

golare avanzamento della carica in tutta la lunghezza del forno, e, a sua volta, affinché si verifichi questa condizione, è necessario che soprattutto nelle zone a più alta temperatura non si raggiungano le condizioni di formazione di composti a basso punto di fusione. In altre parole la carica, e la scoria in formazione, o esaurita debbono avere sufficienti condizioni di pastosità senza allo stesso tempo che si verifichi particolarmente nell'ultimo terzo di lunghezza del forno, ove la scoria è soggetta ad una azione di raffreddamento dell'aria comburente di ossidazione.

Al fine di rappresentare le problematiche di conduzione del forno Waelz diamo qui di seguito una descrizione del tipico processo di formazione delle cosiddette incrostazioni ad "anello".

E' possibile il verificarsi di una situazione di marcia in cui con una alimentazione costante e regolare (in portata e composizione) si ha una variazione in diminuzione della portata d'aria aspirata attraverso la bocca di scarico della scoria. Il primo effetto è quello di un innalzamento della temperatura dei gas ai quali viene ceduta la stessa quantità di calore sensibile dalla scoria e dal carbone che continua la sua combustione nella parte terminale del forno. D'altra parte i gas sono meno ossidanti per effetto del minor contenuto di O<sub>2</sub> disponibile e quindi la zona di ossidazione si restringe, la zona di riduzione in vece non si altera e la quantità di zinco introdotta nell'unità di tempo non cambia. Lo zinco ridotto attraversando una zona a temperatura maggiore che in condizioni normali evapora in quantità maggiore e quindi la reazione nella zona di ossidazione è più intensa. Da tutto ciò segue che in tale zona si ha un forte sviluppo di calore, e che i gas scaldandosi fino a 1500 °C ca. provocano il rammollimento e perfino la fusione locale del materiale. In quella zona si forma un "anello". L'anello restringendo la sezione libera del forno riduce ulteriormente il volume d'aria provocando una accentuazione del fenomeno. La carica viene ad accumularsi nella zona a monte dell'anello e i gas già in difetto di portata, dovendo scaldare localmente una massa di carica maggiore si raffreddano rapidamente.

La formazione dell'anello è dunque caratterizzata da una alterazione del profilo di temperature del forno e più precisamente da un aumento anomalo della temperatura nella zona di reazione, da una sensibile diminuzione della temperatura dei gas in uscita dal forno (lato carica); inoltre si manifesta una diminuzione della portata di scorie scaricate dal forno, e se non si interviene in tempo riducendo la portata di alimentazione si può arrivare al rifiuto della carica.

L'azione correttiva consiste nell'aumentare il tiraggio del forno per diminuire la temperatura dell'aria all'entrata della nella zona di reazione e nell'allungare questa verso la testata di carica, contemporaneamente diminuendo l'alimentazione. Conseguentemente lo sviluppo di vapori di zinco diminuisce e viene favorito il contatto diretto con il coke contenuto nell'anello con relativa combustione. In tali condizioni l'anello gradualmente si demolisce. Da qui si evidenzia la necessità di marciare con un eccesso di coke.

Anche l'eccesso d'aria porta alla formazione di incrostazioni: l'abbondanza d'aria e

---

la rallentata evaporazione dello zinco facilitano la combustione diretta del coke e ciò causa la incipiente sinterizzazione del materiale. Il segnale inequivocabile di un eccesso d'aria è la anormale presenza di zinco nelle scorie.

Un "anello" può formarsi in 2 ore e per demolirlo occorrono in media 3-4 ore se la temperatura dei gas lato carica non è scesa al di sotto dei 500 °C.

Le correzioni di marcia del forno comunque non possono essere decise con un semplice sguardo all'interno di esso, ma occorre esaminare l'andamento dei dati di temperatura, delle depressioni e delle analisi della scoria: solo allora si può valutare in quale fase si trovi il forno e quali rimedi applicare per riportarlo a regime.

Ovviamente la formazione di incrostazioni è legata principalmente alla presenza di composti a basso punto di fusione nella carica o nella scoria. I componenti della ganga dei materiali zinciferi trattati hanno in generale caratteristiche abbastanza varie e nel corso del processo si formano composti basso fondenti accanto ad altri più refrattari che danno alla scoria scaricata dal forno una consistenza più o meno pastosa.

La natura delle incrostazioni dipende essenzialmente dall'indice di basicità della carica e della scoria, e da alcuni componenti della carica, come illustrato più ampiamente al punto seguente. Ogni impianto Waelz ha sviluppato una sua teoria sulla formazione di incrostazioni particolarmente indagando sulle fasi cristallografica delle incrostazioni e sulla relativa interpretazione delle zone dei vari diagrammi ternari ove la formazione di tali componenti è termodinamicamente possibile. In questa sede accenneremo solo al fatto che i componenti più nocivi della carica sono sicuramente il Fe e lo S; in loro presenza è possibile la formazione di pirrotina con composizione variabile da Fe<sub>6</sub>S<sub>7</sub> a Fe<sub>11</sub>S<sub>12</sub> (p.f. 1190 °C), di eutettici tra Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> ed FeO (p.f. 1180 °C), ecc. E' inoltre possibile la formazione di silicati misti di Fe, Ca, Mg bassofondenti.

Lo spazio relativamente ampio dato a questo capitolo si giustifica nell'ottica di dare una idea della particolare complessità della marcia del forno Waelz e del particolare grado di esperienza che debbono maturare gli operatori e i metallurgisti di impianto. E' storia che la curva di apprendimento di impianto Waelz è piuttosto lunga, anche nel caso in cui personale esperto nella conduzione con un tipo di materiali debba gestire il trattamento di un diverso tipo di materiale. Questo si riflette anche in condizioni ottimali, cioè con personale esperto in oscillazioni anche rilevanti della produttività media giornaliera, e nel fattore di servizio annuo dell'impianto che normalmente non eccede i 280 gg/anno, tenendo conto anche di interruzioni del servizio per il rifacimento del refrattario. Interruzioni di servizio si possono verificare anche per provvedere alla demolizione di incrostazioni, quando non è possibile demolirle in marcia con gli accorgimenti sopra descritti. Ogni operazione sul forno è ovviamente preceduta da un periodo di graduale raffreddamento e da un periodo di graduale riscaldamento dopo la fermata secondo diagrammi di temperatura prefissati

---

### 5.1.5 Varianti di processo: marcia basica e marcia acida

Tutti gli operatori di impianti Waelz alimentati con fumi di acciaieria annettono una decisiva importanza a due fattori, ai fini della continuità di marcia e dell'economia di esercizio:

- la formazione di incrostazioni nel forno
- la vita utile del refrattario

A questo si è recentemente aggiunto il vincolo consistente nell'ottenimento di una scoria avente un tenore di piombo non superiore allo 0,5%.

L'indice di basicità della carica costituita dai fumi di acciaieria, espressa come rapporto  $(CaO + MgO) / SiO_2$  si aggira solitamente intorno a 2 - 2.5.

Tale indice di basicità viene modificato con l'aggiunta in carica di calcare generalmente in ragione del 13% circa dei fumi, in modo tale da ottenere un indice di basicità intorno a 3, o, alternativamente, con l'aggiunta di sabbia, in ragione di circa il 20% dei fumi, raggiungendo un indice di basicità intorno a 0.5 o inferiore

La temperatura di fusione della carica diminuisce al diminuire del rapporto di basicità, come illustrato indicativamente nella seguente Tabella 5.1.1.

**Tabella 5.1.1**

CaO / SiO <sub>2</sub>	Punto di fusione (°C)
0,26	1050 - 1075
0,42	1075 - 1100
0,97	1100 - 1150
1,70	1150 - 1170
2,56	1280 - 1320
3,10	1300 - 1340
3,45	1400 - 1450

Analizziamo le differenze tra i due tipi di marcia:

#### Marcia basica

La marcia basica è adottata principalmente negli impianti Italiani, in USA, in Giappone. Tale marcia consente l'impiego di refrattari di caratteristiche medie, una vita del refrattario abbastanza lunga (3-5 anni, con sostituzioni concentrate prevalentemente nella 2a metà del forno), temperature di esercizio relativamente basse (650-700° nella camera polveri), consumi specifici di carbone intorno a 220-240 Kg/ton di carica. Il modulo di basicità è mantenuto intorno al valore ca. 3, mediante l'aggiunta di calcare o calce viva, in ragione del 20% circa della carica totale al forno. Il modulo di basicità 3 consente principalmente di ottenere scoria di caratteristiche ideali dal punto di vista del regolare avanzamento della scoria nel forno e cioè poco viscosa, e con

relativamente bassa tendenza a formare "anelli" e incrostazioni. Il grafico di figura 5.7 presenta schematicamente un bilancio di materia relativo al trattamento di 60,000 t/a di fumi di acciaieria.

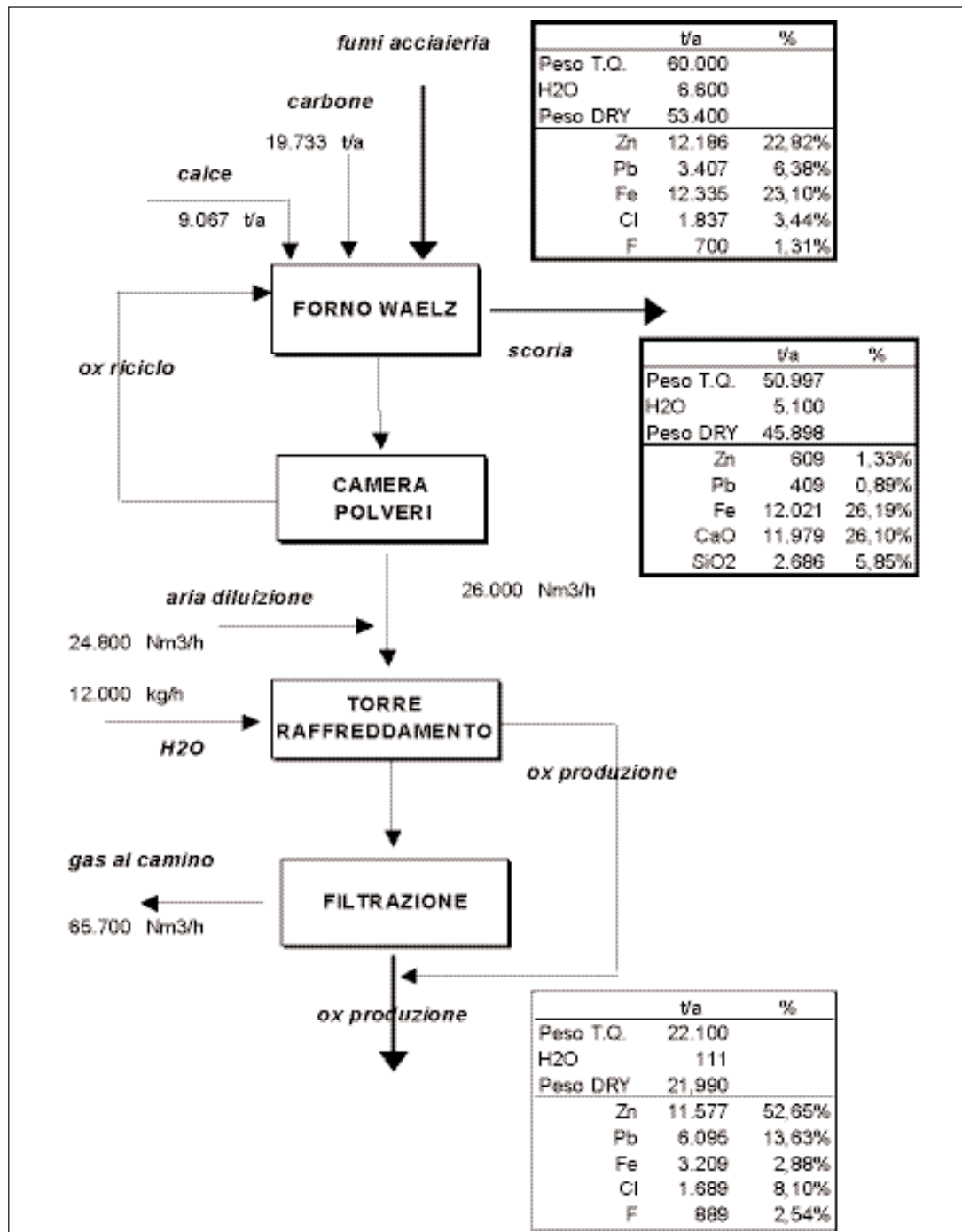


Fig. 5.7

---

### Marcia acida

La marcia cosiddetta "acida" è caratterizzata da un modulo di basicità molto basso (0.3-0.5), ed è stata praticata e messa a punto dalla Berzelius Metalhutzen, ed è praticata negli impianti tedeschi, francesi, spagnoli

I risultati del punto di vista dell'esaurimento in piombo della scoria, sono compatibili con il limite prefissato (0.4-0.5% Pb), come risulta da diverse indagini compiute presso gli stabilimenti di Duisburg (Berzelius) e Bilbao (ASER).

I parametri di marcia si differenziano notevolmente rispetto a quelli della marcia basica. Una delle peculiarità della marcia acida è l'elevato tenore di carbone aggiunto alla carica. Valori tipici sono compresi fra 300 e 350 kg/ton di carica (al netto del riciclo della frazione di scorie carboniosa recuperata). L'elevata percentuale di carbone aggiunto alla carica ha tra gli scopi principali quello di incrementare la resa di volatilizzazione del piombo. Questa è ulteriormente favorita dall'elevato regime di temperature che si stabilisce all'interno del forno (la temperatura dei gas all'uscita del forno oscilla tra gli 800°C e gli 850°C). Inoltre l'eccesso di carbone contribuisce (insieme alla sabbia silicea) a migliorare il controllo delle caratteristiche fisiche della scoria, dal punto di vista del suo regolare scorrimento nel forno, controllo tanto più necessario in quanto si raggiungono facilmente condizioni di fusibilità della carica e della scoria. Le condizioni esasperate di temperatura e la composizione chimica della scoria comportano d'altra parte una notevole usura del refrattario: la qualità richiesta è superiore (80% di allumina) e le campagne di un rivestimento non superano i 12 mesi (per almeno 1/3 della lunghezza del forno).

L'eccesso di carbone, quindi il relativamente alto contenuto di carbonio incombusto nella scoria, impongono il trattamento della scoria spenta allo scopo di recuperare la frazione ricca in C incombusto, riciclandola in alimentazione.

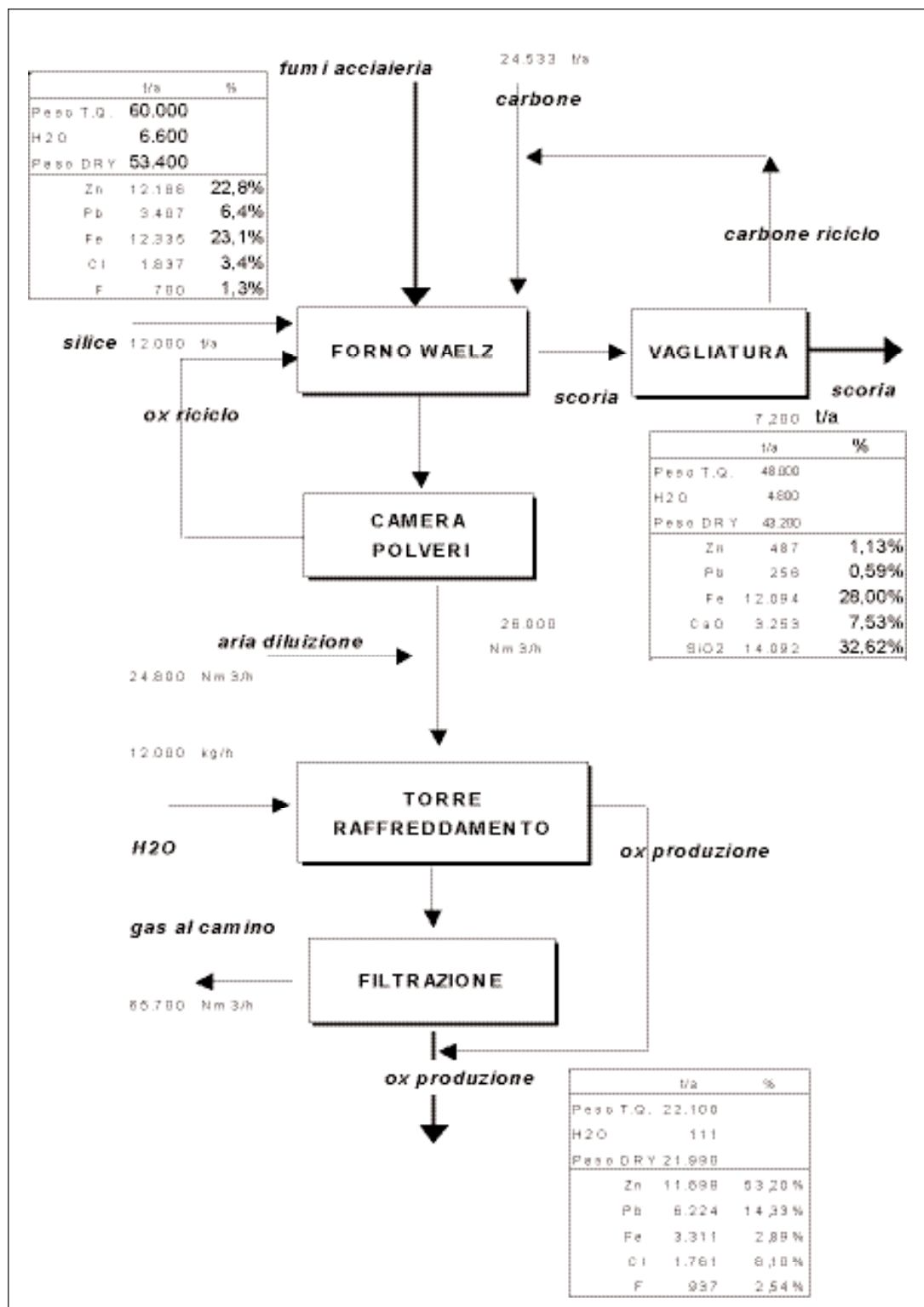


Fig. 5.8



Normalmente la frazione riciclata è pari a circa il 30% del riducente fresco, con un contenuto di carbonio variabile tra il 50% ed il 70%.

Il modulo di basicità della carica viene mantenuto ai valori prefissati mediante aggiunta di sabbia silicea, in ragione del 14-18% della carica. La figura 5.8 presenta un bilancio di materia relativo al trattamento di 60,000 t/a di fumi di acciaieria:

### 5.1.6 Indici tecnologici

Nella tabella 5.1.2 seguente sono riportati a confronti i vari parametri di marcia relativi all'esercizio del forno Waelz alimentato a fumi di acciaieria:

Tabella 5.1.2

<b>CONFRONTI MARCIA ACIDA - MARCIA BASICA</b>			
		<b>ACIDA</b>	<b>BASICA</b>
<b>Fumi acciaieria (T.Q.)</b>	t/h	<b>11</b>	<b>11</b>
Fondenti			
sabbia	t/h	1.6	
calce	t/h		1.7
Totale	t/h	12.6	12.7
<i>fondenti/fumi</i>		15%	15%
<i>Indice basicità fumi</i>		2.5 - 3.0	2.5 - 3.0
<i>Indice basicità carica</i>		0.3 - 0.5	> 4
coke fresco	t/h	3.4	3.4
coke riciclo	t/h	1.3	
tot coke	t/h	4.7	3.4
<i>coke fresco/carica</i>	kg/ton	270 - 300	220 - 260
<b><i>coke /carica</i></b>	kg/ton	<b>350 - 400</b>	<b>220 - 260</b>
Totale carica al forno	t/h	17.3	16.1
% C coke fresco		85%	85%
% C coke riciclo		60%	
C riciclo/C totale		20%	
<b>Scorie (dry)</b>	t/h	<b>8.1</b>	<b>8.6</b>
<i>Scorie/fumi</i>		75 - 80%	80 - 85%
<b>Ox Waelz</b>	t/h	<b>3.9</b>	<b>3.9</b>
<i>Ox Waelz / fumi</i>		330 - 400	330 - 400
<i>Resa Zinco</i>		94 - 98%	92 - 96%
<i>Resa Piombo</i>		> 90%	85 - 90%

### Consumi carbone

Il reagente principale e del processo è ovviamente il carbone , solitamente usato nella forma di polverino di coke (un sottoprodotto della vagliatura del coke metallurgico preparato nelle cokerie.

Il polverino di coke deve essere comunque di adatta granulometria, tipicamente come riportato nella seguente tabella 5.1.3.

**Tabella 5.1.3**

Composizione	
Cfix	86%
Ceneri	12%
Volatili	2%
Granulometria	
20÷10 mm	25% ca.
10÷2 mm	50% ca.
sotto 2 mm	25% ca,

La granulometria sopra indicata è ottimale in quanto è un compromesso tra l'esigenza di avere una buona reattività e allo stesso tempo di non presentare una eccessiva finezza che può causare perdite per trascinamenti nell'ossido.

Come si può notare la marcia acida è caratterizzata da un consumo specifico maggiore di carbone (> 270 kg/ton di carica), mentre il rapporto apparente coke /carica è > 350 kg/ton per effetto del riciclo di parte del coke separato dalla scoria nella carica del forno, procedimento che si rende necessario nel caso della marcia acida al fine di contenere i consumi di coke.

Come già detto a paragrafo 5.1.5. il consumo di coke sfavorevole nella marcia acida è sopportato in vista di ottenere una maggiore resa di volatilizzazione del Piombo, e questo non tanto in vista di un maggiore recupero economico, quanto nell'obiettivo di abbassare il tenore di Pb nella scoria al di sotto dello 0.5% una scoria

### 5.1.7 Le scorie Waelz

La maggiore criticità dal punto di vista dell'impatto ambientale del processo Waelz è sicuramente rappresentata dalla produzione di scoria.

Il Waelz infatti rientra in quella classe di processi di recupero dei fumi di acciaieria che non recuperano il ferro contenuto nei fumi ma solo lo zinco: tutto il ferro contenuto nei fumi (generalmente compreso tra 25% e 40%) viene perso nella scoria, ove è presente per la maggior parte in forma ossidata, nella scoria inoltre finiscono tutti i fondenti aggiunti nel processo, la parte di inerti quali silice, calce, allumina facenti

---

parte dei fumi di acciaieria, nonché le ceneri del carbone aggiunto oltre alla parte di carbone non bruciato. In definitiva 1 ton trattata di fumi di acciaieria produce dai 750 agli 850 kg di scorie, come si vede dalla tabella 5.4.1.

In quanto alle caratteristiche della scoria essa non rientra in tipologie che ne consentano la messa a dimora in discariche per inerti.

Il primo problema che si presenta è il tenore di Piombo contenuto (ma non solo):

*Caratterizzazione secondo la vecchia normativa (D.P.R. 915/1982, L.n° 475/1988, D.M. 5 settembre 1994 e collegati).*

Le scorie Waelz sono caratterizzabili, in base alla delibera del C. I. del 27.07.1984, come rifiuto tossico e nocivo qualora il limite previsto per il Pb (< 0.5%) non sia rispettato.

Le scorie potevano essere inquadrate, in base alle norme tecniche contenute nell'All. 3 al D.M. 5 settembre 1994 (norma 14.1) come "scorie provenienti dall'industria della metallurgia dei metalli non ferrosi", per le quali era prevista come attività di recupero l'impiego nella produzione di conglomerati bituminosi con la condizione però che "il test di cessione rientri nella Tab. A della legge 319/76", condizione mai rispettata dalle scorie Waelz, in quanto i test di cessione con acido acetico, oltre al Pb presentano valori eccedenti i limiti della norma praticamente per tutti i metalli pesanti indicati nella norma stessa (As, Cd, Cr<sup>+6</sup>, Cu, Se, Hg).

In altri Paesi della UE il processo con scoria acida è stato adottato negli anni '80 e '90 in base alla asserita capacità di contenere il piombo al disotto del limite del 0.5%, che evidentemente era un limite necessario e sufficiente di per sé per declassificare la scoria Waelz, e consentirne l'uso in ripiene e manufatti stradali.

Il tenore di piombo nella scoria dipende da due fattori:

- La resa di volatilizzazione del Pb contenuto nella carica
- Il tenore di Pb nella carica

Nel grafico seguente è riportato l'andamento del tenore di piombo residuo nella scoria in funzione del tenore di Pb originale contenuto nella carica di fumi di acciaieria, per vari valori della resa di volatilizzazione.

Diciamo subito che i valori della resa di volatilizzazione del Pb nei vari impianti Waelz in esercizio è solitamente intorno all'85%

Il meccanismo di volatilizzazione del piombo è piuttosto complesso: gli ossidi di Pb sono relativamente volatili mentre la temperatura di sublimazione del Pb metallico è praticamente al di fuori delle condizioni medie di temperatura prevalenti nel forno Waelz. Più volatili sono i gli alogenuri di Pb e i solfuri, mentre il solfato tende a dissociarsi in ossido PbO e anidride solforosa. Si può quindi affermare che la volatilizzazione del piombo presenta nella carica di fumi di acciaieria è favorita da:

- condizioni di elevata temperatura
- presenza di zolfo o composti solforati
- presenza di cloruri

Di tali parametri è chiaro che in pratica solo il primo è relativamente modificabile ed

è appunto su di esso che si opera nelle condizioni di marcia acida. In quanto ai cloruri in parte sono già presenti nella carica, come già prima menzionato e non sono certo desiderati in quanto provocano incrostazioni e intasamenti di apparecchiature di raffreddamento, dei tessuti dei filtri a maniche, ed appesantiscono lo stadio di rimozione alogeni (ad umido) sopra ricordato. Non vengono invece aggiunti composti dello zolfo in carica per evidenti motivi di impatto ambientale (sviluppo di  $\text{SO}_2/\text{SO}_3$ ).

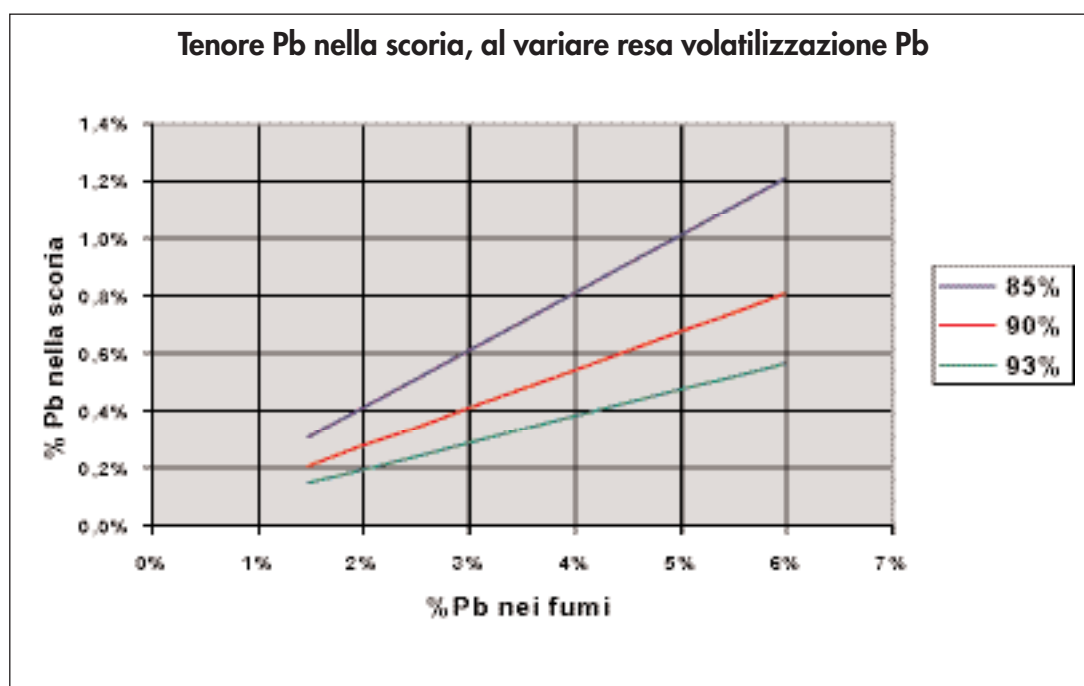


Fig. 5.9

Dal diagramma di figura 5.9 risulta comunque evidente che è di fondamentale importanza il livello raggiunto dal Pb nei fumi di acciaieria in carica al forno, in quanto se si oltrepassa il limite del 4% molto difficilmente si riuscirà ad ottenere un tenore di Pb nella scoria inferiore allo 0.5%, anche praticando la marcia acida e con rese di volatilizzazione superiori al 90%.

Come mostrato nel diagramma 5.5. la situazione in Italia resta estremamente sfavorevole, in quanto almeno l'80% dei fumi di acciaieria conferiti hanno tenori di piombo superiori al 5%.

Tra le possibili cause di tale situazione la nostra Società Texeco, nel contesto di studi relativi alla rete di raccolta delle batterie al piombo esaurite svolti per incarico del COBAT, ha recentemente evidenziato alcune discrepanze tra il gettito atteso di accumulatori al Pb esauriti e i quantitativi effettivamente conferiti al Consorzio obbligatorio, e tra

---

le possibili ragioni alla base di queste discrepanze, è stata individuata una possibile dispersione della raccolta collegabile al conferimento (improprio) di ex accumulatori auto alle acciaierie, soprattutto inglobati in rottame paccottato, per evidenti motivi di alterazione del peso del rottame ferroso venduto.

Tale ipotesi è appunto confortata anche numericamente dalle quantità di piombo riscontrate nei fumi di acciaieria di cui abbiamo sopra trattato.

Tali valori che eccedono di gran lunga ad esempio i valori medi riscontrati nei fumi di acciaieria trattati in impianti Waelz o altri in U.S.A. o in Giappone, o in altri Paesi U.E. quindi sconsigliano l'adozione della marcia acida al Waelz in quanto, come dimostrato dal grafico 5.9., non darebbe il risultato di un abbassamento del tenore di piombo al di sotto dello 0.5%.

Comunque anche alla luce delle vecchie normative ambientali sopra citate il raggiungimento del tenore dello 0.5% in Pb nelle scorie non sarebbe di per sé una condizione sufficiente alla declassificazione delle scorie Waelz, essendo l'eluato dei test di cessione in ogni caso fuori dei limiti consentiti.

*Caratterizzazione secondo la normativa attuale (Dlgs n° 22, e collegati)*

- ❖ Nell'elenco dei rifiuti pericolosi (Allegato D al Dlgs n° 22) troviamo nel gruppo 10.05 (Rifiuti della metallurgia termica dello zinco) la voce:  
100501 scorie (di prima e seconda fusione)
- ❖ Nel DM 5 febbraio 1998 (rifiuti non pericolosi individuati sottoposti a procedure semplificate di recupero) nell'allegato 1. sub-allegato 1 troviamo la norma tecnica 4.1. che riportiamo qui di seguito:

**4.1. Tipologia: scorie provenienti dall'industria della metallurgia dei metalli non ferrosi, ad esclusione di quelle provenienti dalla metallurgia termica del Pb, Al e Zn, scorie dalla produzione del fosforo; scoria Cubilot [060902] [100601] [100602] [100801] [100802] [101003].**

4.1.1. Provenienza: industria metallurgica; produzione di fosforo.

4.1.2. Caratteristiche del rifiuto: scorie costituite dall'80-90% di FeO, CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO < 10% S < 15%, Zn < 20%, Pb < 8%, Cu < 1,4%, Cd < 0,25%, As < 0,4%, Cr III < 0,6% sul secco.

4.1.3. Attività di recupero:

- a) impianti di seconda fusione per il recupero dei metalli [R4];
- b) industria metallurgica come correttivo [R4];
- c) produzione conglomerati bituminosi [R5];
- d) cementifici [R5];
- e) industria vetraria [R5];
- f) produzione di conglomerati cementizi [R5];

- 
- g) produzione di conglomerati idraulici catalizzati [R5];  
h) realizzazione di rilevati e sottofondi stradali (il recupero è subordinato all'esecuzione del test di cessione sul rifiuto tal quale secondo il metodo in allegato 3 al presente decreto) [R5];

4.1.4. Caratteristiche delle materie prime e/o dei prodotti ottenuti:

- a) e b) singoli metalli nelle forme usualmente commercializzate;  
c) conglomerati bituminosi nelle forme usualmente commercializzate;  
d) cemento nelle forme usualmente commercializzate;  
e) vetri nelle forme usualmente commercializzate non per uso alimentare o ospedaliero;  
f) conglomerati cementizi nelle forme usualmente commercializzate;  
g) conglomerati idraulici catalizzati per pavimentazioni stradali nelle forme usualmente commercializzate.

La norma è formalmente simile alla norma 14.1 ex Allegato 3 al D.M. 5 settembre 1994, in quanto subordina l'impiego delle scorie ad usi stradali ecc. all'esito del test di cessione (in questo caso il test di cessione è quello definito dalla normativa attuale.

A tale proposito possiamo fare due commenti:

- Anche se non abbiamo riscontri diretti è abbastanza improbabile che l'eluato prodotto con l'attuale test di cessione sia a norma
- La stessa dizione della norma lascia molti dubbi sulla possibilità di inserire la scoria Waelz nel campo di applicazione della norma, essendo chiaramente escluse dal campo di applicazione della norma quelle scorie "...provenienti dalla metallurgia termica del Pb, Al e Zn...", e non si fanno distinzioni tra quelle della metallurgia primaria dello zinco (es. scorie Imperial Smelting) e quelle generate da processi di recupero o arricchimento, quali quelle del processo Waelz.

In conclusione non ci sembra che la norma del DM febbraio 1998 sia applicabile al caso in questione.

- ❖ Schema di decreto ministeriale sul recupero agevolato dei rifiuti pericolosi (concordato tra Governo e Conferenza Stato-Regioni il 27 ottobre 1999).

Nella bozza di DM in questione tra le scorie troviamo la norma tecnica 3.3. che riportiamo qui di seguito:

**3.3 Tipologia: scorie da metallurgia di Zn e Pb [100501][100401].**

**3.3.1 Provenienza:** industria di produzione di piombo e zinco da minerali primari; metallurgia termica dei metalli non ferrosi.

**3.3.2 Caratteristiche del rifiuto e valori limite delle sostanze pericolose:** materiale vetroso a matrice silico-alluminose con contenuto di Fe circa 30%, CaO circa 15%, Zn <20%, Pb <8%, Cd <0,25%, Cu <1,4%, As <0,4%, S <3%, Cl <0,05%, Cr<sup>III</sup> <0,6%.

**3.3.3 Attività di recupero:** recupero dei metalli in impianti di seconda fusione [R4].

---

### **3.3.4** *Caratteristiche delle materie prime e/o dei prodotti ottenuti: metalli nelle forme usualmente commercializzate.*

La caratterizzazione e il settore di provenienza ricalcano le definizioni del rifiuto indicato con il cod. CER 100501, che come abbiamo sopra visto risulta appunto incluso nell'Allegato D (rifiuti pericolosi) al Dlgs n° 22.

La condizione della norma tecnica che non può essere rispettata è l'attività di recupero indicata al punto 3.3.3 della norma, in quanto sarebbe un non senso economico sottoporre ad altri trattamenti termici la scoria Waelz per il recupero di ridottissime quantità di Zn contenuto (meno del 5% solitamente). In via di principio si potrebbe solo ipotizzare un trattamento in un ciclo siderurgico che fosse in grado di recuperare i contenuti di ferro, che coincidono sostanzialmente con quelli contenuti nella carica, essendo abbastanza ridotte le perdite di ferro nell'ossido Waelz. Non si hanno comunque notizie di applicazione di processi siderurgici noti, su scala commerciale, alle scorie Waelz per la il recupero di acciaio o altri intermedi ferrosi.

## **5.2 GLI IMPIANTI WAEZ EUROPEI**

### **5.2.1 Principali impianti**

Le polveri EAF prodotte dalle acciaierie Europee vengono trattate in 4 impianti Waelz:

- Duisburg (B.U.S.)
- Bilbao (ASER)
- Fouquieres L.Lens
- Ponte Nossa (Società Ponte Nossa)
- Freiberg (B.U.S.)

Un'altro Waelz è operato a Porto Vesme nell'impianto Imperial Smelting ex EniRisorse ora di proprietà della Società Glencore, ma non ha mai avuto un rifornimento costante e significativo di fumi di acciaieria, vista anche la lontananza geografica dai centri di produzione, e comunque ha trattato fumi di acciaieria in mix con altri residui, ed inoltre l'impiantistica non è stata adattata allo specifico trattamento di una carica al 100% di fumi di acciaieria.

Insieme alle installazioni Waelz va ricordato l'impianto della Harzer Zink ubicato a Goslar che opera un impianto di tipo CONTOP.

Nelle tabelle 5.5.1 e 5.5.2 sono riportate le principali caratteristiche e i dati di esercizio dei Waelz sopra elencati.

In alcuni grafici (5.10. e 5.11.) sono illustrati i dati più salienti di capacità, rese, consumi degli impianti di maggiore importanza (dati 1995)

La capacità complessiva risultante dai dati 1995 si aggira intorno alle 360,000 t/an-

no, tuttavia secondo stime B.U.S, grazie ad alcuni ampliamenti e debottlenecking la capacità attuale dovrebbe essere salita a circa 500,000 t/a.  
Inoltre i conferimenti agli impianti citati assommano nel 1997 a circa 420,000 t/a, da cui si evincerebbe che la capacità dei Waelz saturata per l'85% circa

a) Trattato e prodotti:

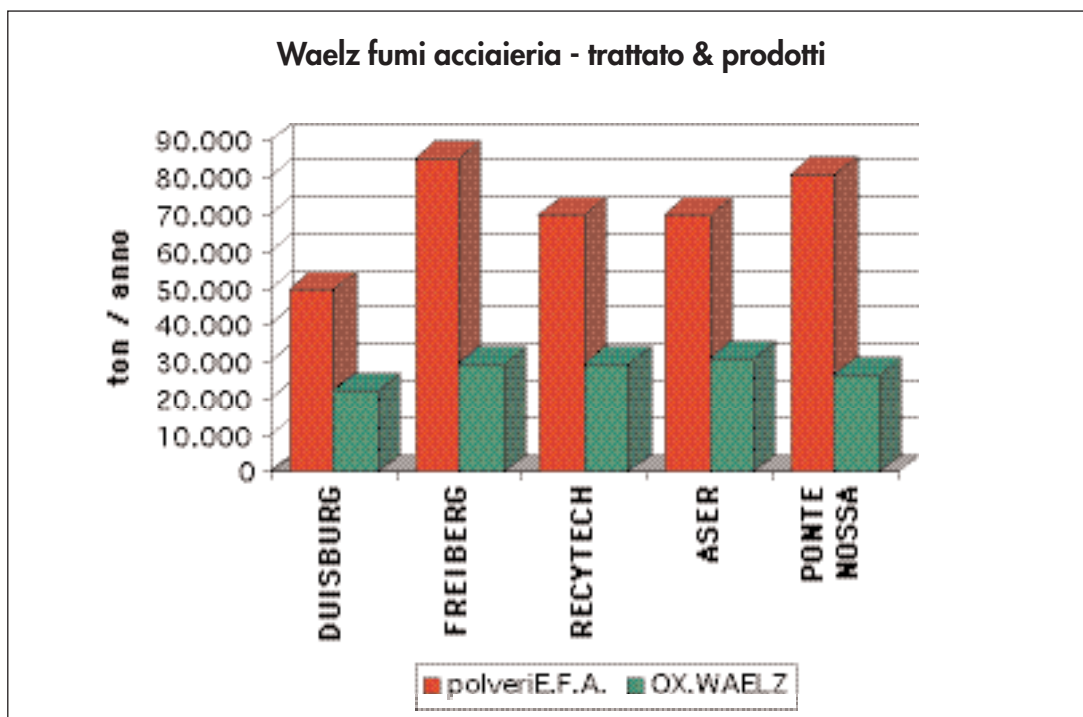


Fig. 5.10



b) Consumi specifici

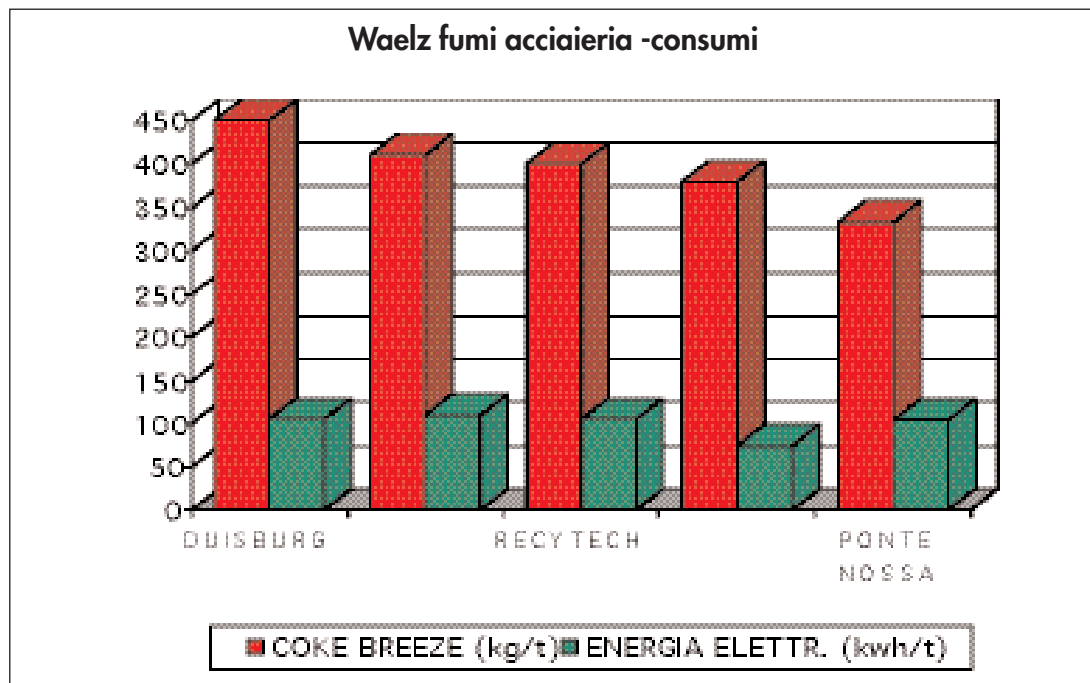


Fig. 5.11

Tabella 5.2.1

PAESE	Italia	Italia	Italia	Germania	Spagna	Francia	Germania
Località	<b>P. Vesme</b>	<b>Ponte Nossa</b>	<b>Duisburg</b>	<b>Bilbao</b>	<b>Fouquieres L.Lens</b>	<b>Freiberg</b>	<b>Freiberg</b>
Società	Glencore	Soc. P.Nossa	BUS Metall	ASER	Recytech	BUS Zinkrecycling	BUS Zinkrecycling
Azionisti	100% Glencore	50% BUS 50% altri	100% BUS	66% BUS 34% Indumetal	50% BUS 50% MetalEurop	100% BUS	100% BUS
N° forni Waelz	2	1	1	1	1	1	1
Capacità max	t/a 160.000	80.000	50.000	70.000	70.000	70.000	38.000
Attuale capacità	80.000	80.000	50.000	70.000	70.000	70.000	
Giorni di marcia	315	320	320	320	320	320	320
Campagna refratt.	15	12	11	11	11	11	
Ossido Waelz							
Quantità	t/a 20.000	24.000	22.500	29.300	28.000	28.000	12.400
Lavaggio ossido	no	si	no	no	no	no	no
Composizione							
%Zn		65,0%	66,0%	62,0%	54,0%	60,0%	60,0%
%Pb		9,0%	8,5%	7,9%	7,5%	9,8%	9,8%
%Cl		0,4%	3,2%	4,5%	4,0%	1,0%	1,0%
Clienti Ox Waelz	I.S. P. Vesme	I.S. P. Vesme	I.S. Duisburg	I.S. vari	I.S. MetalEurop/vari	I.S. Duisburg	I.S. Duisburg
Trattam.ox Waelz	sinter/bricchett.	sinter/bricchett.	bricch.(I.S.)	bricch.(locale)	bricch.(locale)	lavaggio (locale)	lavaggio (locale)
Scorie							
Tipo di marcia	acida/basica	basica	acida	acida	acida	acida	acida
Destinazione	discarica	discarica	sottofondi	sottofondi	sottofondi	sottofondi	sottofondi
Composizione							
%Zn	2,0%	1,0%					
%Pb	1,0%	1,5%					

Tabella 5.2.2

<b>DATI IMPIANTO</b>							
Località		P.Vesme	Ponte Nossa	Duisburg	Bibao	Fouquieres L.Lens	Freiberg
Forno Waelz							
Lunghezza		70	60	41	50	49	38
Diametro int.		4	3.6	3.1	3.1	3.1	2.5
Abbatim. Ox Waelz		bag-filter	bag-filter	electrofilro	electrofilro	bag-filter	bag-filter
Indici consumo							
Coke (polverino)	kg/t EAF			460	340	400	340
Antracite	kg/t EAF	300	340				
Energia elettrica	kwh/t EAF	48	105	105	85	109	95
Gas	Nm3/t EAF		12		130 therm.	20	33
Olio combustibile	kg/t EAF	10		1	1.5		
H2O industriale	lt EAF	25	3400	1000	1500	800	2000
Sabbia (silice)	kg/t EAF			200	250	180	
Calce/calcare	kg/t EAF	200	170				
Manodopera	N°	42	47	43	45	45	52

---

### 5.2.2 Scenario Europeo – Limiti di capacità

In questo paragrafo esaminiamo se il sistema integrato Waelx + Imperial Smelting Europeo ha una capacità sufficiente a smaltire il gettito di fumi di acciaierie elettriche ubicate nella U.E.

Ricordiamo che nella U.E. sono operativi 4 impianti Imperial Smelting:

- Avonmouth (U.K.)
- Noyelles Godault (Francia)
- Porto Vesme (Italia)
- Duisburg (Germania)

La capacità complessiva di questi impianti (ottimizzata) è valutabile pari a 337,000 t/a di zinco, ed è distribuita secondo il grafico di figura 5.12.

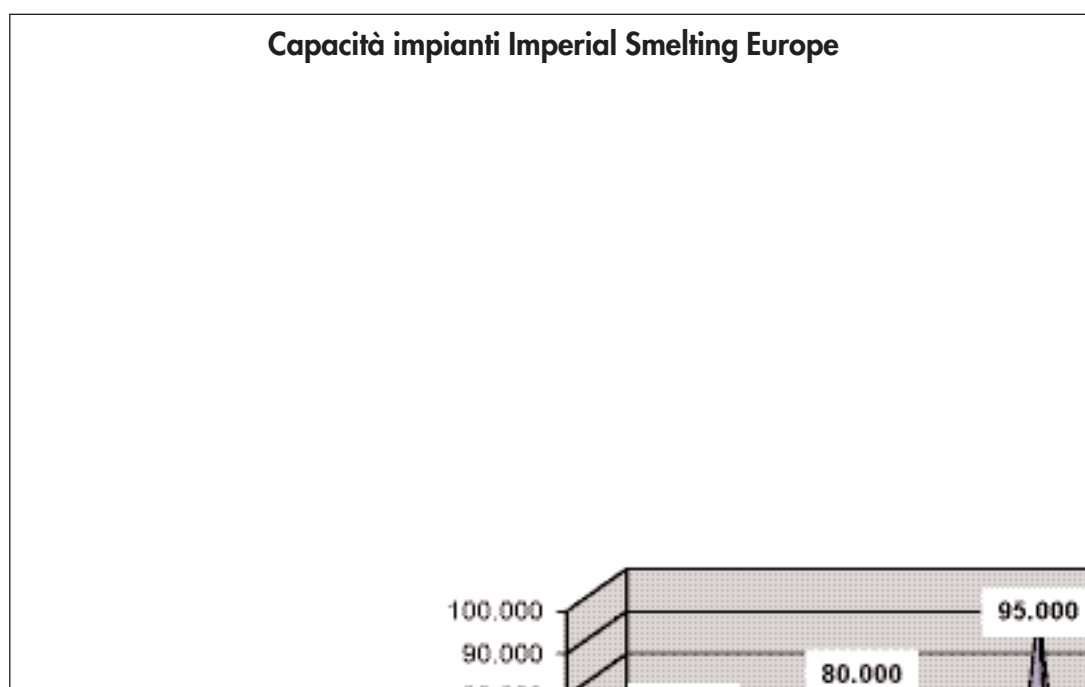


Fig. 5.12

Lo schema 4.7.2 (vedi paragrafo 4.7.2.) riporta il flusso di materiali fra il ciclo Waelz e l'Imperial Smelting che avviene essenzialmente attraverso l'impianto di bricchettatura che ha la funzione primaria di agglomerare in forma meccanicamente resistente gli ossidi Waelz prima della carica al forno Imperial Smelting.

Abbiamo inoltre ricordato in vari punti e in particolare al par. 4.7.2. che la immissione di bricchette al forno I.S. è limitata da problemi al condensatore zinco: oltre il 20%

---

si ha un rapido decadimento della resa di condensazione ed è preferibile non superare il 10%.

Abbiamo verificato con bilanci di materia se il sistema dei 4 I.S. Europei sia compatibile con la quantità di ossidi generata dal trattamento al Waelz dei fumi di acciaieria, introducendo anche ipotesi piuttosto ottimistiche quali:

- Il quantitativo di bricchette in alimentazione al forno sia mediamente pari al 18% (almeno il 2% rispetto alla disponibilità totale deve essere riservato a ricicli interni di impianto)
- Che tutti gli impianti I.S. siano dotati di impianti di bricchettatura, e di adeguata capacità (il che non è vero attualmente)
- Che una quantità aggiuntiva di ossidi Waelz sia immessa nel ciclo I.S. attraverso l'impianto sinter in ragione dell'8%, procedura che richiede una non semplice condotta della macchina sinter (l'equivalente del forno di arrostimento in letto fluido degli impianti elettrolitici).

Il bilancio complessivo del sistema in tali condizioni ideali è riportato nel grafico seguente di figura 5.13, dal quale si evince che la massimo gettito di fumi di acciaieria assorbibile dal sistema Waelz + I.S. in Europa è pari a 375,000 t/a di polveri EAF:

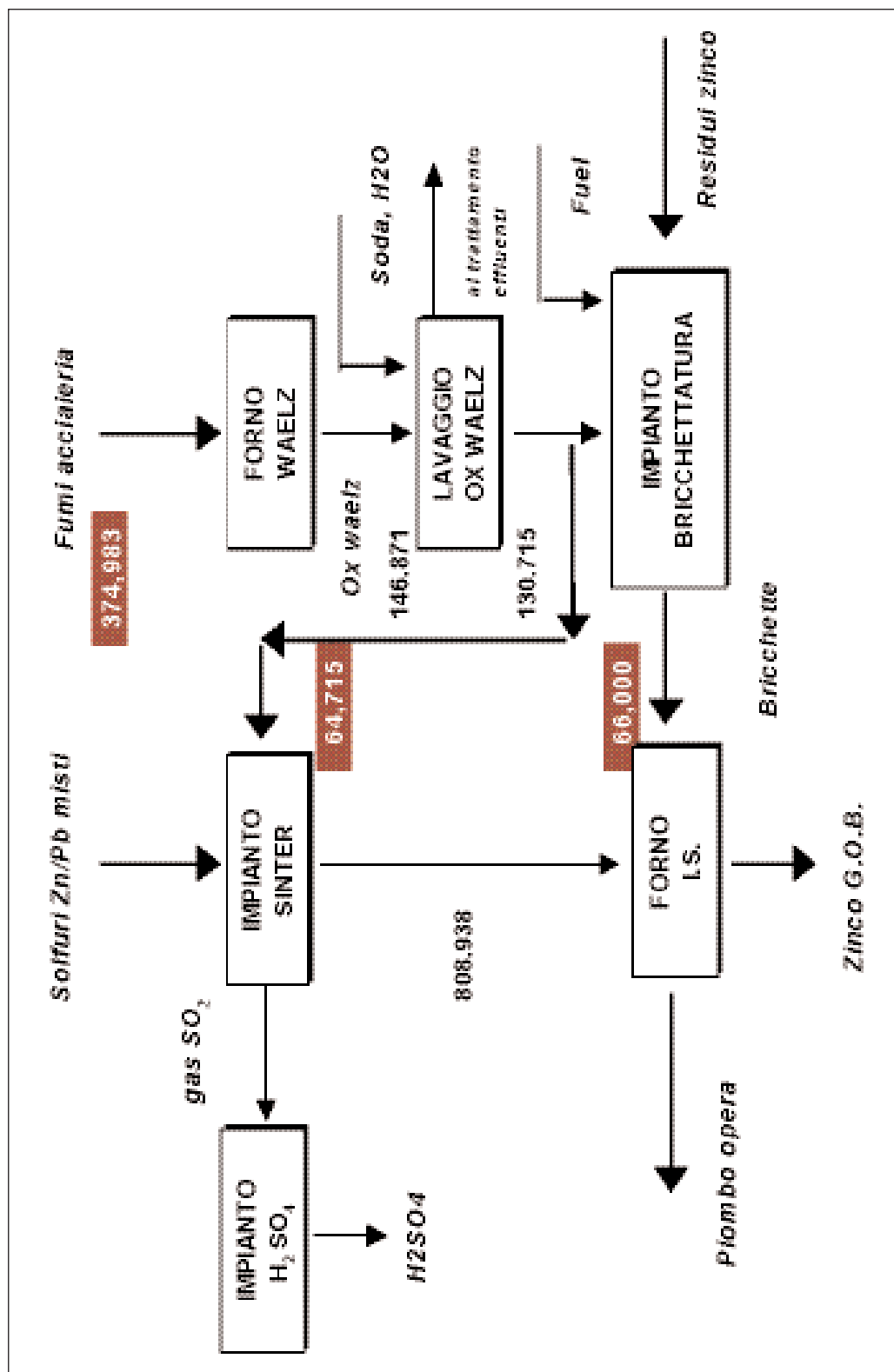


Fig. 5.13

Il gettito di fumi di acciaieria Europeo ad oggi stimato è pari a circa 670,000 t/a (dato 1997) e si prevede che nel 2007 arriverà a 730,000 t/a, essendo le provenienze dai vari Paesi Europei distribuite secondo quanto riportato in figura 5.14.

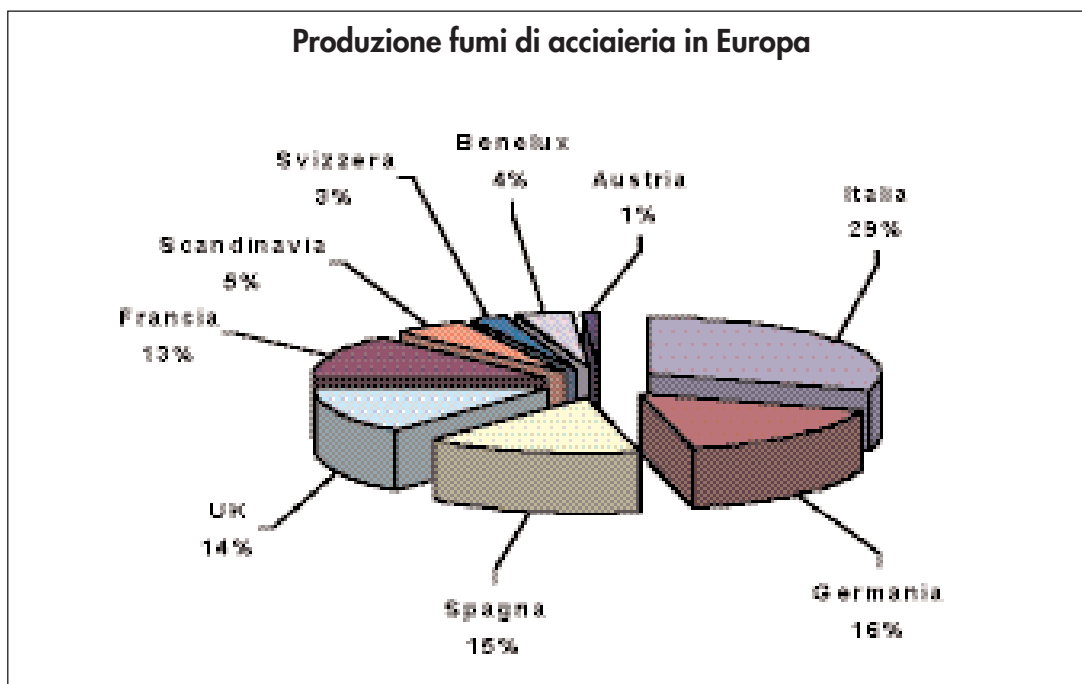


Fig. 5.14

Possiamo quindi così riepilogare il bilancio dei vari flussi:

gettito attuale fumi di acciaieria stimato	670.000
fumi acciaieria conferiti e trattati al Waelz	420.000
capacità stimata impianti Waelz	505.000
capacità stimata totale di trattamento ossidi in impianti I.S.	131.000
fumi acciaieria equivalenti	375.000
<b>Deficit impianti Waelz</b>	<b>-165.000</b>
<b>Deficit impianti I.S.</b>	<b>-295.000</b>

da cui si vede che già oggi il sistema non è auto sufficiente, manifestandosi un collo di bottiglia nella capacità degli impianti I.S., con conferimenti pari a 420,000 t/a, che diventerebbe assai più evidente qualora i fumi conferiti si approssimassero al gettito stimato di 670,000 t/a.