



CONFEDERAZIONE SVIZZERA
ISTITUTO FEDERALE DELLA PROPRIETÀ INTELLETTUALE

⑪ CH 690 128 A5

⑤① Int. Cl.⁷: C 21 C 005/52
F 27 B 003/18
F 27 D 003/00

Brevetto d'invenzione rilasciato per la Svizzera ed il Liechtenstein
Trattato sui brevetti, del 22 dicembre 1978, fra la Svizzera ed il Liechtenstein

⑫ FASCICOLO DEL BREVETTO A5

⑲ Numero della domanda: 01691/95

⑳ Data di deposito: 08.06.1995

㉔ Brevetto rilasciato il: 15.05.2000

④⑤ Fascicolo del
brevetto pubblicato il: 15.05.2000

⑦③ Titolare/Titolari:
ELTI S.r.l., Via Nazionale 62,
24060 Soverè (Bergamo) (IT)

⑦④ Inventore/Inventori:
1 inventore ha rinunciato alla menzione, - (CH)

⑦④ Mandatario:
E. Blum & Co. Patentanwälte, Am Vorderberg 11,
8044 Zürich (CH)

⑤④ Procedimento di fusione di metalli ferrosi mediante un forno ad arco elettrico.

⑤⑦ La presente invenzione concerne un procedimento di fusione di metalli ferrosi, in particolare rottami, mediante un forno fusorio ad arco elettrico per la produzione di acciaio.

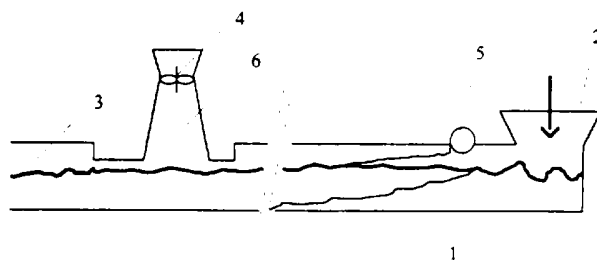
Scopo della invenzione è di ridurre sensibilmente il consumo di energia elettrica alimentata al forno fusorio per la fusione.

Per ottenere questo scopo, l'invenzione prevede che il fabbisogno calorico del procedimento di fusione viene integrato mediante l'immissione e la combustione di materiale energetico complementare intimamente miscelato al materiale ferroso alimentato nel forno.

Secondo una forma preferita dell'invenzione, l'immissione del materiale energetico complementare e la sua combustione viene realizzata durante il trasporto del materiale ferroso in un canale di preriscaldamento orizzontale del quale è dotato l'impianto (ad esempio un cosiddetto impianto CONSTEEL), ma essa non è limitata all'uso in unione con un simile impianto, bensì può venir applicata anche a tutti gli altri impianti di fusione di materiale ferroso noti (ad esempio forni a tino tradizionali o forni «Shaft Furnace» con canale di alimentazione verticale).

Il risparmio ottenibile in energia elettrica, usando ad esempio quale materiale energetico aggiunto gomma da

pneumatici, può essere dell'ordine del 20% calcolato sul totale dell'energia di fusione necessaria.



Descrizione

La presente invenzione concerne un procedimento di fusione di metalli ferrosi, in particolare di rottame, mediante un forno ad arco elettrico per la produzione di acciaio, conforme al prologo della rivendicazione 1.

La lavorazione dei metalli ferrosi ad opera dei forni ad arco elettrico (EAF) per la produzione di acciaio, richiede ingenti quantità di energia. Questa energia è necessaria principalmente per riscaldare il metallo fino a temperature superiori alla temperatura di fusione.

Prevalentemente questa energia è fornita tramite l'elettricità convertita in calore ad opera dell'arco elettrico che si sviluppa tra gli elettrodi all'interno della massa di metallo.

Analizzando il processo di riscaldamento e di fusione, ci si rende immediatamente conto che sotto il profilo exergetico il rendimento ottenuto è molto basso a causa della trasformazione dell'elettricità (ad alto contenuto exergetico) in calore (a più basso contenuto exergetico).

Sommando a questo aspetto il fattore economico definito dal costo dell'energia elettrica, se ne conclude la reale necessità di poter sostituire, almeno in parte, l'energia elettrica con un apporto energetico alternativo meno oneroso sotto l'aspetto termodinamico ed economico. La riduzione del consumo in energia elettrica si traduce inoltre, a parità di potenza installata, in un aumento della produttività del forno. Attualmente gli sforzi più importanti nel campo siderurgico sono appunto rivolti al raggiungimento di produttività sempre più elevate che si traducono tecnicamente come riduzione del tempo «tap to tap» (tempo che intercorre tra una colata e la seguente).

Principalmente le vie seguite per ridurre questo tempo sono due:

- ottimizzazione della potenza elettrica installata: diminuendo i tempi d'arresto dell'unità elettrica (diminuzione del tempo power-off) ed ottimizzando il suo utilizzo nei momenti in cui l'unità è attiva.

- utilizzo di energie alternative: recuperando all'interno dell'impianto, e tramite scambi termici appropriati, il calore generato altrimenti perso; oppure sostituendo parte del fabbisogno energetico fornito elettricamente con delle risorse energetiche meno onerose (combustione di composti idonei come lo possono essere il gas metano o il carbone).

Diverse soluzioni tecniche incentrate su uno o ambo gli aspetti sono già state sviluppate e/o sono attive industrialmente. Un loro elenco sintetico si trova nel § «Stato dell'arte».

L'oggetto del presente brevetto riguarda soprattutto il secondo punto ed è facilmente integrabile, in un'ottica d'ottimizzazione globale del processo, a qualunque tipo di forno ad arco elettrico attualmente in funzione.

Descrizione dello Stato della Tecnica

La presente invenzione si vuole applicare a tutti i tipi di forno ad arco elettrico dotati di riscaldamento del rottame o convenzionali. Lo Stato della Tecnica è quindi basato su tutte queste tipologie in quanto il processo in questione viene ad essere integrato nel processo globale proprio ad ognuno di questi forni. Si distinguono i seguenti tipi di forni ad arco noti:

- forno ad arco elettrico tradizionale

- forni ad arco elettrico tradizionali con aggiunta di bruciatori e/o iniettori (tubiere) montati nel forno e posizionati al di fuori e/o all'interno (suola) del bagno d'acciaio (sistema noto all'uomo del mestiere come tecnologia DANARC). Al momento della carica del rottame freddo questi bruciatori agiscono come preriscaldatori. In seguito, a fusione avvenuta, possono servire a bruciare all'interno del forno il CO che si forma nel bagno.

- forni condotti Shaft fumace (sviluppati e forniti ad esempio dalle ditte Tokyo Steel – IHI, Fuchs e Voest – Alpine) dove la massa metallica viene caricata dall'alto del forno (top charge) tramite un apposito collettore verticale. Negli impianti sviluppati da queste società abbiamo il preriscaldamento del rottame utilizzando il calore contenuto nei fumi generati dal forno e traversanti la massa metallica che si trova all'interno del condotto. A seconda delle configurazioni, come nel caso di Fuchs, vengono usati anche bruciatori cosiddetti ossigas (oxy-gas) per aumentare il calore a disposizione per il riscaldamento del rottame, per fornire l'ossigeno necessario alla combustione del CO o per preriscaldare il rottame freddo nelle prime fasi del processo.

- processo noto con il nome CONSTEEL, con processo d'alimentazione del rottame in continuo e preriscaldamento, grazie al calore sensibile e di combustione dei fumi, in un canale orizzontale.

- forni a doppio tino (double-shell furnace) dove un'unica volta e un unico gruppo di elettrodi servono due tini e conseguentemente due linee di carico rottame e colata dell'acciaio (un impianto di questo genere è in funzione ad esempio presso le acciaierie S.A.M. Montreal – Francia e Arbed – Lussemburgo). Un unico tino è in funzione alternativamente ed i fumi prodotti da quest'ultimo vengono indirizzati nel secondo tino, già caricato in rottame, per il preriscaldamento. I due forni sono equipaggiati di shaft e di bruciatori addizionali. Al momento che l'acciaio contenuto nel tino attivo è pronto alla colata, la volta e gli elettrodi ruotano per andare a posizionarsi sul secondo tino (contenente il rottame preriscaldato) e cominciare un nuovo ciclo.

Per quanto riguarda l'aspetto processuale, è importante sottolineare che diverse applicazioni sono già note nel campo dell'utilizzazione di energie alternative all'elettricità:

- utilizzo del calore sensibile e di combustione contenuto nei fumi del forno
- utilizzo di bruciatori addizionali
- utilizzo del contenuto energetico del rottame (combustione degli oli, delle vernici e di tutti quei composti che sono presenti nello stesso).

5 Quest'ultimo punto costituisce però, processualmente, un aspetto secondario, in quanto quantità e qualità di queste materie non sono gestibili ma sono una conseguenza dell'utilizzo di rottame sporco (carattere aleatorio dunque non ripetibile).

Il campo di applicazione della presente invenzione concerne dunque in generale l'integrazione del fabbisogno energetico del forno con energie alternative all'elettricità.

10 Gettando uno sguardo sui rapporti tra le diverse contribuzioni energetiche in un forno ad arco elettrico convenzionale abbiamo la seguente situazione:

- Energia elettrica: circa 78%
- Energia chimica: circa 22%

15 Con energia chimica si definisce poi l'energia alimentata al processo di fusione tramite ossigeno di combustione (circa 13%) ed i bruciatori di gas impiegati (circa 9%).

L'energia complessiva assorbita da forni del tipo citato si aggira intorno a 540 Kwh/T di acciaio e si suddivide nelle due componenti succitate.

20 A questi due gruppi è poi possibile integrare l'energia contenuta nei fumi provenienti dal forno, se questi vengono impiegati, come avviene secondo diverse proposte di realizzazione note, quali ad esempio l'impianto cosiddetto CONSTEEL della ditta americana Triple/s Dynamics Inc., con sede a Dallas (Texas) USA, per preriscaldare il materiale ferroso prima della sua fusione. Tale preriscaldamento può poi avvenire all'interno od all'esterno del forno (entrambe le soluzioni vengono adottate).

25 Tuttavia questi impianti noti, che recuperano una parte del calore dei forni preriscaldando il rottame alimentato in un canale di alimentazione orizzontale o verticale e più o meno lungo, non danno risultati molto soddisfacenti, e ciò principalmente per i seguenti motivi:

- lo scambio termico tra gas e materiale ferroso attraverso una superficie ridotta non è ottimale, anche a causa della grande diversità di calore specifico fra i due elementi a contatto.
- l'energia contenuta nei fumi è relativamente bassa (tenore CO all'uscita dal forno, relativamente basso).

30 Il primo punto si spiega facilmente applicando le leggi fisiche e termodinamiche proprie allo scambio termico fra gli elementi in questione.

La spiegazione del secondo punto necessita invece una piccola premessa. Il rottame utilizzato come materiale ferroso d'alimentazione del forno include quasi sempre una percentuale di composti volatili organici. La combustione di questi composti (soprattutto quelli che contengono cloro) nel forno o nel preriscaldatore genera composti tossici come le diossine.

35 La distruzione di queste sostanze può solo avvenire in una camera di postcombustione dove i gas vengono, se necessario, riscaldati a temperature predeterminate con tempi di permanenza anch'essi prefissati.

40 Secondo l'esperienza della depositante è necessario, ai fini di garantire il minimo impatto ambientale, dotare tutti gli impianti di fusione a partire da rottame con sistemi di postcombustione. Le diverse normative stabilite dalle autorità pubbliche prevedono attualmente l'adozione di tali sistemi unicamente nel caso in cui l'impianto è dotato di sistema di preriscaldamento del rottame. È lecito sperare che le normative saranno ampliate a tutti i tipi di impianti.

45 Nel caso si volesse recuperare il calore contenuto nei forni tramite preriscaldamento del rottame è dunque necessario ricordare che la temperatura del gas in uscita dal preriscaldatore non deve essere in nessun caso inferiore alla temperatura fissata per la distruzione delle sostanze nocive. È infatti controproducente ridurre la temperatura dei fumi a valori inferiori per poi essere obbligati a dovere inserire un bruciatore addizionale per riscaldare nuovamente i gas.

50 Fatta questa premessa, possiamo ora determinare quanta energia è teoricamente possibile estrarre dai fumi. Si arriva, nel caso più noto e meglio studiato dell'impianto CONSTEEL, ad un valore di 45-50 kWh/T, che corrisponde ad un riscaldamento del materiale ferroso alimentato al forno di circa 250°.

Il contributo massimo ottenibile recuperando tutto il calore possibile dai fumi si aggira attorno all'8% dell'energia totale necessaria, facendo dunque passare l'apporto in elettricità al 70% del totale.

55 La tabella seguente definisce la variazione dei parametri del forno (a corrente continua D.C. ed alternata A.C.) con e senza l'utilizzo del preriscaldamento del rottame.

60

65

		forno A.C.		forno D.C.	
		senza preriscaldamento	con preriscaldamento	senza preriscaldamento	con preriscaldamento
5	kWh elettr./T	420 ± 5%	370 ± 5%	400 ± 5%	350 ± 5%
	Nm ³ O ₂ /T	25 ± 5%	25 ± 5%	25 ± 5%	25 ± 5%
	Nm ³ CH ₄ /T	8 ± 5%	8 ± 5%	8 ± 5%	8 ± 5%
10	kg elettrodi/T	2 ± 5%	1.7 ± 5%	1 ± 5%	1 ± 5%
	kg coke/T	10 ± 5%	10 ± 5%	10 ± 5%	10 ± 5%

L'idea inventiva

15 Partendo dai presupposti descritti, scopo dell'invenzione è dunque di incrementare sensibilmente l'apporto energetico alternativo. Nei forni noti dello Stato della Tecnica questo tipo di apporto è sia aleatorio (contenuto in volatili nel materiale ferroso alimentato) sia una conseguenza della pratica operatoria (iniezione di carbone o di ossigeno ed utilizzo dei bruciatori).

20 L'invenzione intende proporre un nuovo procedimento di lavoro, nel quale l'apporto energetico complementare venga sistematicizzato ed il suo effetto si manifesti uniformemente su tutta la massa di materiale ferroso alimentato al forno.

Questo scopo viene raggiunto con un procedimento di fusione di metalli ferrosi conformi al prologo della rivendicazione 1 e caratterizzato dalla parte caratterizzante della rivendicazione 1.

25 Il nuovo tipo di apporto energetico previsto dall'invenzione, ossia quello proveniente dall'aggiunta e dalla combustione sistematica di materiale energetico intimamente miscelato al materiale ferroso da fondere, definisce una energia complementare che va a sommarsi al contributo elettrico e chimico trattato precedentemente.

In parole povere, l'invenzione consiste nel generare energia, sottoforma di calore, bruciando del combustibile precedentemente miscelato opportunamente al materiale ferroso.

30 Scopo dell'invenzione, ed in particolare delle sue rivendicazioni dipendenti, è poi di impartire tutti gli ulteriori insegnamenti specifici necessari per l'applicazione del principio di base dell'invenzione ai diversi sistemi di fusione, rispettivamente ai diversi tipi di forni fusori, oggi noti.

35 Infatti il processo inventivo può in linea di massima venir applicato tanto nel condotto di preriscaldamento, ossia nel condotto nel quale il materiale ferroso alimentato continuamente al forno viene preriscaldato dai fumi del forno, quanto nel tino del forno tradizionale caricato discontinuamente con cariche successive.

40 Il primo caso citato, chiaramente oggi preferito per i suoi indiscutibili vantaggi energetici e di funzionamento, corrisponde ad esempio all'uso dei forni con canale orizzontale dell'impianto CONSTEEL oppure dei pure già citati forni con collettori verticali (Shaft Furnace) noti quali impianti Tokyo Steel IHI, Fuchs e Voest Alpine.

Il processo viene controllato agendo sia sulla quantità di combustibile aggiunta al rottame, sia agendo sull'iniezione del comburente supplementare necessario. Il vantaggio di bruciare del combustibile nel rottame deriva:

- 45 - dalla possibilità di aumentare il contributo energetico alternativo all'elettricità
- dalla possibilità di riuscire effettivamente a trasmettere questo supplemento di calore al rottame, sfruttando il fatto che la superficie di scambio tra gas di combustione e rottame non è più definita solamente dalla superficie del letto di rottame (come ad esempio nell'impianto CONSTEEL) bensì da tutto l'insieme di superfici contenute all'interno dello stesso rottame.

50 Partendo dal presupposto di avere l'impianto abbinato al forno dotato di camera di incenerimento delle sostanze tossiche (in base alle motivazioni delle pagine precedenti), possiamo usare come materiale energetico anche composti che generano sostanze inquinanti. Ciò comporta come unica modifica l'aumento della capacità di trattamento della camera d'incenerimento ma, come vedremo in seguito, i benefici apportati grazie all'utilizzo dell'energia complementare fanno passare in secondo piano i disagi impiantistici che ne conseguono.

Analisi più dettagliata del processo

Con l'aiuto di alcuni esempi pratici di realizzazione del processo inventivo, vogliamo ora quantificare, a mero titolo di esempio, i risultati che si possono ottenere applicando la presente invenzione.

60 Il processo inventivo sarà inoltre illustrato mediante alcune figure che ne mostrano, a titolo di esempio e rappresentativamente per tutte le applicazioni possibili dello stesso, alcune applicazioni preferite nel caso di un impianto di fusione del materiale ferroso con preriscaldamento dello stesso in un canale orizzontale ed alimentazione continua del materiale ferroso nel forno, tipo CONSTEEL. Le figure presentano:

la fig. 1 una veduta schematica della parte iniziale del canale di alimentazione orizzontale di un impianto CONSTEEL, per mostrare l'alimentazione e la distribuzione del materiale energetico nel canale stesso;

la fig. 2 una veduta in pianta dell'impianto della fig. 1, nella sua zona di alimentazione del materiale energetico;

la fig. 3 lo stesso impianto delle fig. 1 e 2, ma con in più rappresentato il condotto di aspirazione dei fumi dal canale e la posizione dei bruciatori di innesco della combustione del materiale energetico;

la fig. 4 una sezione trasversale lungo il canale di alimentazione orizzontale di un impianto come quello delle fig. 1-3, dove si vede altresì la posizione dei bruciatori di innesco e degli iniettori del comburente per il materiale energetico complementare.

Prendiamo dapprima in considerazione, per le nostre riflessioni, i processi energetici più avanzati, ossia quelli dotati di preriscaldamento. In essi l'energia necessaria viene fornita dal calore sensibile e dalla combustione dei fumi provenienti dal forno. In questo caso abbiamo il bilancio energetico seguente:

$P_{\text{elettrica forno}} = P_{\text{elettrica forno tradizionale}} - P_{\text{chimica}} - Q_{\text{sensibile fumi}} - Q_{\text{combustione fumi}}$

Considerata l'insufficienza di questi due contributi, secondo l'invenzione si aggiunge ancora il contributo fornito dalla combustione, in questo caso nel condotto di preriscaldamento, del materiale energetico precedentemente miscelato al rottame.

Il bilancio energetico diventa dunque:

$P_{\text{elettrica forno}} = P_{\text{elettrica forno tradizionale}} - P_{\text{chimica}} - Q_{\text{sensibile fumi}} - Q_{\text{combustione fumi}} - Q_{\text{combustione materiale energetico}}$

Il materiale energetico inventivamente miscelato al materiale ferroso deve poi presentare alcune caratteristiche che lo rendono idoneo all'uso nel processo inventivo.

Queste sono:

– essere composto da materiale combustibile preferibilmente sotto forma solida (non escludendo tuttavia l'utilizzo di combustibili liquidi come lo possono essere gli oli esausti, ...) e di granulometria sufficientemente ridotta da permettere la sua facile manipolazione in automatico e la sua corretta miscelazione al rottame

– deve avere un buon rapporto energia specifica/costo al fine di essere concorrenziale con altre fonti energetiche (in primo luogo l'elettricità). Occorre citare che esistono materiali altamente energetici a costo zero in quanto reputati scarti o rifiuti da eliminare. L'utilizzo di tali composti permette quindi di rendere anche un servizio alla collettività.

– deve essere reperibile con facilità e in grandi quantità

– non deve contenere sostanze che possono «inquinare» l'acciaio o che comunque necessitano modifiche troppo radicali della pratica operatoria al forno.

È chiaro che per soddisfare alcuni dei punti precedenti è necessario conoscere in dettaglio le caratteristiche chimiche e fisiche del materiale utilizzato come combustibile.

Un esempio di combustibile che soddisfa tutti questi criteri è ad esempio dato dal granulato di gomma proveniente dall'eliminazione degli pneumatici usati.

I valori seguenti caratterizzano chimicamente, fisicamente e termodinamicamente questo combustibile:

Composizione in massa del pneumatico (usato):

15% carcassa (tela, acciaio, fibra di vetro, ...)

85% gomma (tra cui 2% ossido di zinco, 0,9% zolfo, % variabile di cloro)

Nota: per semplificare la comprensione dello sviluppo, si suppone in seguito un materiale energetico composto al 100% da gomma.

Temperatura d'accensione:

circa 350–450°C

Temperatura di fusione:

Nel caso di gomma sintetica «normale» il valore minimo è attorno ai 110°C, molto maggiore nel caso della gomma per pneumatici.

Potere calorico inferiore:

P.C.I. = 28 000 kJ/kg

Le tabelle seguenti riassumono i valori ottenibili applicando il processo inventivo grazie all'apporto di combustione supplementare (in questo caso gomma) con e senza l'ausilio del preriscaldamento del rottame ad opera dei fumi del forno.

CH 690 128 A5

con preriscaldamento (Potenza preriscaldamento = 50 kWh/T → Δ T rottame 250°C

	Materiale energetico complementare (gomma) kg/T	energia complementare kWh/T	calore nel rottame kWh/T	T rottame °C	P. elettrica EAF A.C kWh/T	P. elettrica EAF D.C. kWh/T
5	10	78	82	410	338	318
	20	156	110	550	310	290
10	30	233	134	680	286	266
	40	311	150	760	270	250
	50	390	162	820	258	238

Nota: il calore nel rottame (terza colonna) è comprensorio del calore fornito dal preriscaldamento ad opera dei fumi del forno.

senza preriscaldamento: (= forno a tino convenzionale)

	Materiale energetico complementare (gomma) kg/T	energia complementare kWh/T	calore nel rottame kWh/T	T rottame °C	P. elettrica EAF A.C kWh/T	P. elettrica EAF D.C. kWh/T
20	10	78	32	160	388	368
	20	156	60	300	360	340
25	30	233	84	430	336	306
	40	311	100	510	320	300
30	50	390	112	570	308	288

T = tonnellate di rottame

Le tabelle precedenti, basate sull'esperienza pratica della depositante e su un opportuno modello matematico, evidenziano quanto segue:

- il calore assorbito dal rottame (vedi terza colonna delle tabelle precedenti) è l'energia alternativa fornita al forno e che non deve quindi essere fornita tramite l'elettricità. L'ultima colonna testimonia la diminuzione del fabbisogno in elettricità del forno in funzione dell'aggiunta di combustibile complementare.
- il limite per la quantità di materiale energetico addizionato al rottame è fissato dalla temperatura raggiunta da quest'ultimo dopo assorbimento del calore. Al fine di evitare la fusione di parte del rottame d'alimentazione, a causa della presenza di leghe bassofondenti oppure di sviluppi puntuali di quantità troppo importanti di calore, è necessario che la temperatura globale non superi in nessun caso i 750-800°C. Chiaramente questa necessità cade nel caso dei forni tradizionali: la fusione parziale del rottame ad opera dell'energia complementare all'interno del forno è ben tollerata se non addirittura ricercata.
- Particolare attenzione deve essere riservata alla presenza di volatili nel rottame. Nel caso di presenza di grandi quantità è necessario ridurre la quantità di materiale energetico, in maniera che il contributo calorico globale sia tale da non riscaldare il rottame al di sopra del valore prefissato.
- come si può constatare, l'aggiunta del materiale energetico comporta effettivamente dei vantaggi. Già con l'aggiunta di soli 20 kg/T, possiamo affermare che il contributo del combustibile aggiuntivo supera o perlomeno eguaglia il contributo ottenuto nel migliore dei casi (con il preriscaldamento solidare al forno, tipo CONSTEEL per esempio) utilizzando l'energia dei fumi del forno. Per delle quantità superiori il contributo del combustibile addizionale diventa preponderante nel processo di preriscaldamento. Per questa ragione possiamo affermare che il processo energetico non è una semplice migrazione dell'utilizzo del combustibile contenuto nel rottame (come nel processo CONSTEEL) bensì è un processo a se stante in quanto il contributo energetico principale ha, nei due casi, una provenienza diversa da fonti diverse.
- l'energia proveniente dal materiale energetico aggiunto inventivamente al rottame ed effettivamente assorbita dal rottame è inferiore al calore generato. La differenza di calore non viene persa ma va ad aumentare la temperatura dei fumi. Infatti, prendendo come riferimento i valori della tabella precedente abbiamo, nel caso d'iniezione d'aria a temperatura ambiente, i gas in uscita dal rottame ad una temperatura compresa tra i 1000° e i 1200°C, che di conseguenza riscaldano (se se ne presenta la necessità) anche i fumi del forno. Questo livello di temperatura permette di evitare il massiccio riscaldamento dei fumi all'entrata dell'impianto di trattamento necessario, come già detto precedentemente, per il rispetto delle norme antinquinamento. Il postbruciatore adibito a questo scopo diventa dunque sensibilmente più piccolo e meno potente. Questa situazione è bene esemplificata dall'impianto CONSTEEL nel quale lo

stato dell'arte e gli sviluppi condotti su di esso hanno messo in risalto la necessità d'impiegare enormi quantità d'energia per il riscaldamento del gas i quali si trovano, alla fine del processo di preriscaldamento, a temperature di soli 700–800°C.

5 Facendo ora il rapporto sui contributi energetici addotti ad un forno ad arco elettrico con preriscaldamento e funzionante secondo i dettami della presente invenzione, e supponendo un apporto di 40 kg di gomma per tonnellata di rottami, abbiamo ora le seguenti ripartizioni tra le fonti di energia necessaria per la fusione:

- Energia elettrica: circa 50%
- Energia chimica: circa 22%
- 10 – Energia di preriscaldamento: circa 9%
- Energia complementare proveniente dalla combustione di materiale energetico aggiunto (gomma): circa 19%

15 Il consumo di energia elettrica, che in un forno fusorio tradizionale a tino era del 78% (vedi sopra) si riduce qui al solo 50%, con un guadagno del 28% circa, del quale il 19% a carico del materiale energetico miscelato inventivamente con il materiale ferroso da fondere.

Discussione di alcune soluzioni tecniche di realizzazione

20 L'utilizzo del contributo dell'energia alternativa necessita di un'impiantistica appropriata definita in base al tipo specifico di forno su cui deve operare.

A livello impiantistico possiamo comunque suddividere genericamente il processo nelle fasi seguenti:

- alimentazione del combustibile e successiva miscelazione con il rottame
- innesco della combustione
- sostentamento e gestione della combustione
- 25 In funzione del forno in questione queste fasi possono essere presenti contemporaneamente o solo in parte e possono inoltre avere morfologie diverse. Per questa ragione nel seguito vengono trattate le diverse implementazioni del processo sui diversi tipi di forno precedentemente menzionati nel capitolo Stato della Tecnica. L'impianto sul quale viene riposta la maggiore attenzione è l'impianto con preriscaldamento a canale orizzontale, tipo CONSTEEL. Il motivo di questa scelta deriva dalla possibilità d'implementare meglio su questa installazione la totalità dell'insegnamento inventivo.

Alimentazione del combustibile

35 Alimentazione e miscelazione del combustibile nel caso CONSTEEL

L'impianto d'alimentazione deve poter garantire le funzioni seguenti:

1. distribuire una quantità omogenea di combustibile sul rottame
2. capacità di alimentazione in grandi quantità

40 Il punto (1.) è dettato da diversi aspetti. In primo luogo sappiamo che la combustione genera il massimo del calore solo al momento in cui comburente e combustibile sono nel rapporto stechiometrico. Siccome l'iniezione del comburente nel preriscaldamento è costante in portata (come vedremo in seguito), è necessario che anche il combustibile lo sia al fine di garantire la stechiometria.

45 Nel caso che la quantità di combustibile complementare non fosse costante avremmo come risultato un riscaldamento del rottame inferiore al valore previsto.

Se addirittura portiamo all'estremo lo squilibrio tra combustibile e comburente arriviamo fino ai due casi limite ed in particolare:

- 50 – il combustibile è in parte o completamente consumato nel forno (grave eccesso in combustibile complementare)
- il rottame ed i fumi del forno vengono raffreddati dall'iniezione del comburente (grave eccesso di comburente o mancanza di combustibile complementare)

Data l'elevata lunghezza del condotto è anche possibile che queste situazioni si possano presentare contemporaneamente in zone diverse.

55 Anche senza arrivare a queste situazioni estreme, lo squilibrio tra combustibile e comburente rende la gestione del processo più difficile; da qui il motivo di avere l'alimentazione più costante possibile.

60 La costanza dell'alimentazione è anche necessaria per la pratica operatoria al forno al fine di determinare in maniera precisa un grafico energia-peso della marcia del forno al fine di verificare se il punto così determinato si trova nella fascia di riscaldamento prevista. Nel caso di alimentazione non costante, la determinazione del punto sul grafico risulta essere molto più imprecisa.

Il punto (2.) è invece una semplice constatazione: supponendo ad esempio d'alimentare un forno da 150 t/h di acciaio con 30 kg/t di combustibile è necessario che il sistema d'alimentazione sia in grado di alimentare più di 100 tonnellate/giorno di combustibile.

Le fig. 1 e 2 mostrano schematicamente un simile impianto nelle sue componenti principali.

65 Nella fig. 1 si vede con 1 un convogliatore sul quale il materiale ferroso viene buttato dalla tramoggia

di alimentazione 2. Con 6 è indicato il cosiddetto dispositivo «Dynamic seal», che serve a separare i fumi che provengono dal forno fusorio attraverso il canale 3 dall'aria di alimentazione che può entrare dal bocchettone di alimentazione 2. Nel Dynamic seal 6 è presente un ventilatore di aspirazione 4.

Una coclea 5 (si veda anche la fig. 2 che rappresenta una pianta del dispositivo della fig. 1) alimenta il materiale energetico complementare necessario per realizzare la presente invenzione e lo distribuisce uniformemente ed in modo dosato sulla superficie del rottame alimentato. In seguito al movimento del rottame nel convogliatore a vibrazioni, alla porosità propria del rottame ed alle vibrazioni cui esso è sottoposto, il materiale energetico distribuito dalla coclea 5 penetra poi (come mostra il tratteggio nella fig. 1) nel rottame e con esso si mescola intimamente.

Il sistema di trasporto del materiale energetico qui mostrato, con l'uso di una coclea, è naturalmente puramente indicativo: qualsiasi altro tipo di trasporto (pneumatico o meccanico) può infatti andare altrettanto bene.

Al momento in cui la miscela arriva nel condotto di preriscaldamento (indicato con 3 nella fig. 1), il materiale energetico complementare (che si può anche definire più semplicemente combustibile) è stato completamente assorbito all'interno della massa di rottame, per cui la superficie del letto dello stesso si trova completamente sgombra.

Questa miscelazione intima del rottame, rispettivamente del materiale ferroso, con il materiale energetico complementare (rispettivamente con il «combustibile» complementare) è importante onde rendere omogeneo il processo di combustione del combustibile nell'interno del rottame ed ottenere così la cessione più regolare possibile del calore alla massa del rottame, e dunque il suo riscaldamento omogeneo.

Quanto qui descritto dettagliatamente per il processo CONSTEEL può naturalmente venire applicato analogamente per tutti i forni a «shaft» succitati, dotati di caricamento continuo e dotati di un condotto di preriscaldamento. Che quest'ultimo condotto sia orizzontale (come nel caso CONSTEEL) o verticale (come ad esempio nel caso Tokyo Steel IHI) non gioca un ruolo determinante. Importante è unicamente l'intimità della miscelazione tra materiale ferroso e materiale energetico complementare che si ottiene.

Vogliamo qui ancora sottolineare brevemente l'importanza di poter disporre di un condotto di preriscaldamento alimentante continuamente il materiale ferroso nel forno.

Nel caso di alimentazione in continuo è necessario che il calore generato dall'energia complementare sia trasmesso al rottame all'esterno del forno. I forni ad alimentazione continua lavorano solitamente con il materiale ferroso allo stato liquido all'interno del forno stesso. Sarebbe dunque inutile bruciare il combustibile al suo interno in quanto, a causa della minima differenza di temperatura tra gas di combustione e bagno, soltanto una minima parte del calore verrebbe assorbita, mentre il resto andrebbe a sovraccaricare inutilmente (in portata, temperatura e composti inquinanti) l'impianto fumi. Per quanto concerne l'alimentazione del materiale energetico complementare in un forno convenzionale, alimentato in modo discontinuo mediante le cosiddette «ceste», diremo solo che, in questo caso, il metodo più razionale per raggiungere gli obiettivi della presente invenzione è quello di introdurre il materiale energetico complementare direttamente nella cesta, mediante ad esempio un sistema di iniezione (lancia pulsante o simile).

Normalmente infatti la cesta viene caricata in più volte, dato che il suo volume è di molte volte superiore al volume che il sistema di carico (benna, elettromagnete, ...) può supportare. Il sistema d'alimentazione del combustibile sfrutta questa particolarità. Ad ogni carica parziale nella cesta, un appropriato sistema d'iniezione (preferibilmente pneumatico) si incarica di ripartire, sulla superficie di rottame appena formata, uno strato di combustibile. Ripetendo più volte la sequenza di carico e iniezione è possibile ripartire il combustibile all'interno della massa di rottame nella cesta. La ripartizione del combustibile è tanto più omogenea quanto il numero di cicli di carico-iniezione è elevato e dunque anche il numero di strati di combustibile.

La ripartizione viene inoltre favorita al momento dello scarico della cesta nel forno, nel quale il rottame subisce un ulteriore rimescolamento.

Sottolineiamo però che questo metodo di realizzazione del procedimento inventivo applicato ad un forno tradizionale ad arco elettrico a tino, possibile certamente, non costituisce però una soluzione preferita di applicazione della presente invenzione, la quale si applica preferibilmente nei forni con preriscaldamento del materiale ferroso ed alimentazione continua sopradescritti. Tuttavia anche questa applicazione, così come quelle dei forni a «shaft» con caricamento discontinuo (il forno Fuchs ad esempio) rientrano nell'ambito della presente invenzione. In quest'ultimo caso, ad esempio, i forni vengono alimentati in rottame attraverso un condotto di ampie dimensioni fissato alla volta del forno. La carica del rottame nel forno e nel condotto avviene tramite ceste, caricando inizialmente il forno ed in seguito il condotto.

Un esempio è il succitato forno shaft sviluppato da Fuchs, nel quale il caricamento completo avviene grazie al volume di tre ceste (una nel forno e due nel condotto).

Il metodo d'alimentazione del combustibile è molto simile a quello sviluppato per il caso di forni tradizionali. Nel caso dei forni shaft ad alimentazione in rottame discontinua, abbiamo inoltre la possibilità di agire su due livelli:

- prima del caricamento nel condotto di preriscaldamento alimentando in combustibile la cesta di carico
- al momento del carico del condotto agendo mediante un apposito iniettore per creare uno strato di combustibile sulla superficie che divide una carica dell'altra.

Ci occupiamo ora di un altro aspetto tecnico legato alla realizzazione pratica del processo inventivo, ossia quello dell'innesco della combustione del materiale energetico complementare tramite appositi bruciatori.

È evidente infatti che, affinché il processo inventivo possa svolgersi nel migliore dei modi e dare il massimo rendimento energetico, è necessario che la combustione del materiale energetico avvenga in modo pilotato con precisione. Esso non deve cioè bruciare né troppo presto, né troppo tardi, per le ragioni che sono state sopra citate. Il prossimo capitolo si occupa dunque di questa problematica.

Bruciatori (innesto della combustione)

Bruciatori nell'impianto CONSTEEL

Nell'invenzione è prevista, secondo una forma di realizzazione preferita, l'adozione di un gruppo di bruciatori posto nel condotto di preriscaldamento nella sua parte terminale e prima del condotto d'aspirazione dei fumi.

Due sono i motivi che spingono all'adozione di questo gruppo:

– innescare la combustione del combustibile contenuto nel rottame.

Passando dal convogliatore il combustibile sarà sicuramente penetrato all'interno della massa di rottame allontanandosi dunque dalla superficie. Nella versione «originale» del condotto di preriscaldamento (modello CONSTEEL) siamo a conoscenza del fatto che gli strati di rottame che si trovano distanziati dalla superficie subiscono solo marginalmente l'effetto del riscaldamento ad opera dei fumi del forno. Bisogna inoltre ricordare che una delle modifiche proposte in questa sede concerne l'iniezione di aria all'interno della massa di rottame. L'effetto del profilo di temperatura nel rottame, abbinato al raffreddamento ad opera dell'aria iniettata fa sì che il combustibile che si trova in profondità non riesce ad arrivare alla temperatura necessaria per incendiarsi. Ciò significa che riesce ad arrivare fino all'interno del forno dove, a causa delle alte temperature, si decompone e si infiamma istantaneamente potendo provocare delle situazioni spiacevoli.

Per questi motivi è necessario che l'accensione del materiale energetico avvenga il prima possibile su tutta l'altezza del letto di rottame in maniera che l'aria iniettata non serva a tenere freddi gli strati più profondi del rottame ma serva al contrario a fornire il comburente necessario alla combustione della totalità del materiale energetico presente.

Altra ragione che spinge ad innescare il più presto possibile il combustibile riguarda la dinamica dello scambio termico tra i gas di combustione ed il rottame: lo scambio è tanto maggiore quanto il tempo a disposizione è lungo (anche nel caso dei forni veloci), la differenza di temperatura tra gas e rottame è importante e la superficie di scambio ampia. Se il calore viene scambiato all'interno del condotto di preriscaldamento il tempo a disposizione è sufficientemente elevato e lo scambio avviene tra gas caldi e rottame «freddo» su una superficie, come già detto, molto grande. Se il calore viene generato nel forno, il tempo a disposizione è notevolmente ridotto e lo scambio avviene tra gas caldi e rottame fuso caldo attraverso la limitata superficie del bagno. In questo secondo caso lo scambio termico è quindi molto ridotto.

– aumentare la temperatura del gas di combustione prima del loro trattamento nell'impianto fumi. Nel caso in cui non ci fosse l'apporto di combustibile addizionale, la temperatura del gas sarebbe inferiore a quella imposta dalle norme antinquinamento. Per questa ragione è necessario che anche nel caso in cui il rottame non viene alimentato in combustibile, i gas abbiano comunque una temperatura uguale o superiore a quella imposta.

Nell'impianto originale CONSTEEL è previsto un bruciatore di postcombustione posizionato all'imbocco del condotto fumi, con l'unico scopo di riscaldare sufficientemente i gas qualora ce ne fosse bisogno. La differenza di concetto tra la disposizione inventiva dei bruciatori e l'impianto CONSTEEL risiede dunque nell'utilizzo principale per cui essi sono designati: innesco del combustibile per i primi e riscaldamento del gas per i secondi. Per questa ragione anche il loro posizionamento è differente: nel condotto di preriscaldamento per i primi e nel condotto d'aspirazione fumi per i secondi.

È da sottolineare il fatto che l'effetto primario dei bruciatori previsti inventivamente risiede nell'innesco della combustione. L'innalzamento della temperatura dei fumi (che per concetto è troppo bassa), e parzialmente anche del rottame, è unicamente una conseguenza del processo da noi applicato. Ciò significa dedicare l'energia dei bruciatori al processo e non a un servizio al processo.

Per ottenere l'effetto desiderato la presente invenzione propone dunque la soluzione tecnica seguente:

– gruppo di bruciatori montati all'inizio del condotto di preriscaldamento (nel senso di spostamento del rottame)

– due le configurazioni di bruciatori di questo gruppo.

1. bruciatori fissati alla volta del canale con il getto ortogonale al flusso gassoso e diretto contro la superficie del rottame

2. bruciatori fissati alle pareti laterali del canale sotto il livello di rottame con i getti che si inseriscono direttamente all'interno della massa di rottame.

I bruciatori della 1. categoria sono del tipo ad alta velocità così che i gas generati riescono a penetrare, almeno in parte, all'interno della massa di rottame innescando il combustibile presente in questa zona.

I prodotti della combustione dei bruciatori generano inoltre un innalzamento della temperatura dei fumi molto vicina al valore desiderato e richiesto dalle norme di legge, rendendo pertanto l'impianto termico ai servizi del postcombustore un semplice integratore energetico.

I bruciatori della seconda categoria servono invece all'innescò del combustibile che si trova negli strati più profondi e che quindi non sono raggiunti dai gas dei bruciatori n. 1.

Nella fig. 3, che rappresenta schematicamente un impianto di alimentazione di un forno fusorio (non mostrato) mediante un canale di preriscaldamento orizzontale 3 ad alimentazione continua (ossia un impianto CONSTEEL), gli stessi elementi delle fig. 1 e 2 sono indicati con i medesimi numeri di riferimento. La freccia F mostra il senso di spostamento del materiale ferroso nel canale del convogliatore 1, mentre f è la freccia che mostra la direzione di spostamento dei fumi nel canale 3. I fumi si spostano in controcorrente rispetto al materiale ferroso alimentato, indicato con 8.

Con 9 sono indicati dei bruciatori fissati alla volta del canale 3 con il getto ortogonale rispetto al flusso gassoso dei fumi, indicato con f, e diretto contro la superficie del rottame, mentre 10 indica dei bruciatori fissati alle pareti del canale 3 sotto il livello del rottame 8. Questi bruciatori indirizzano il loro getto di gas direttamente nell'interno del rottame 8. Dalla fig. 3 si vede che il punto del canale 3 nel quale la combustione del materiale energetico viene innescata ad opera dei bruciatori 9 e 10 giace nelle immediate vicinanze del punto nel quale c'è l'imbocco del condotto di aspirazione dei fumi 7 del canale 3. Grazie a questo provvedimento si garantisce che la combustione del materiale energetico complementare avviene tutta nel canale 3, prima cioè che il materiale ferroso venga alimentato nel forno fusorio.

Per quanto concerne la combustione del materiale energetico nei forni tradizionali, constatiamo avanzato che detti forni dispongono già di bruciatori. Nel caso la loro distribuzione non fosse omogenea, è necessario completare la ripartizione inserendone di nuovi.

In questo tipo di forni è anche possibile abbinare ad ogni bruciatore un iniettore di combustibile come da figura seguente. Questa possibilità è ampliabile anche a tutti i forni a caricamento discontinuo, dove esistono quindi dei lassi di tempo tra una colata e la seguente dove il forno si trova carico esclusivamente in rottame freddo o insufficientemente preriscaldato.

A livello generale possiamo affermare che la presente tecnologia inventiva è compatibile con la tecnologia delle tubiere e con tutto ciò che ne consegue.

Per quanto concerne i cosiddetti forni «shaft» (tipo Fuchs), i bruciatori sono omogeneamente ripartiti su tutta la circonferenza del condotto d'alimentazione. Invece di essere posizionati all'imbocco del condotto (come nel caso di preriscaldamento in continuo) essi sono posizionati subito prima della volta del forno. I motivi di questa scelta sono due:

– mancando la velocità del flusso di rottame (come nel caso di caricamento in continuo) l'innescò non riesce a propagarsi a tutto il combustibile contenuto nella colonna.

– siccome tale tipo di forno ha la partenza a «freddo», all'inizio non abbiamo alcun flusso di fumi caldi provenienti da esso, che possa a sua volta agire da innescò.

Per quanto concerne l'alimentazione del comburente (aria o ossigeno) per la combustione del materiale energetico vogliamo, nel prossimo breve capitolo, dare alcune indicazioni utili sul modo di realizzare tale scopo ottimalmente nell'ambito della presente invenzione.

45 Iniettori del comburente

Iniettori nell'impianto con preriscaldamento a canale orizzontale ed alimentazione continua CONSTEEL

L'utilizzo della combustione di materiale energetico all'interno del volume di rottame necessita di notevoli quantità di ossigeno. Questo ossigeno viene fornito sotto forma di aria (lasciando comunque aperta la possibilità d'iniezione di aria arricchita o ossigeno puro) tramite degli ugelli posizionati sul fondo del canale (eventualmente anche sui lati). Il posizionamento sul fondo del canale è dettato dal fatto che i gas di combustione si dirigono forzatamente verso l'alto per sfogare nella parte libera, ragione per la quale l'eventuale iniezione di aria sui lati o (peggio ancora) dall'alto deve contrastare questo flusso ascendente perdendo di efficacia.

A riguardo di questi canali viene lasciata aperta la possibilità di trasporto di gas diversi dall'aria:

– gas combustibili (metano, propano, butano) al fine di incrementare il riscaldamento del rottame

La distribuzione degli ugelli d'iniezione lungo il condotto come anche la portata di ognuno di essi viene determinata a seconda dei casi:

– distribuzione omogenea con portata equamente ripartita tra di essi

– distribuzione progressiva con portata ripartita in funzione delle necessità

– combinazione dei due casi precedenti

La portata totale viene calcolata (ed eventualmente affinata con l'esperienza) esclusivamente in funzione della quantità di combustibile miscelato al rottame. Nel caso d'alimentazione in combustibile costante (caso normale), la portata d'aria iniettata è anch'essa costante. La gestione della combustione

al di sopra del rottame è stata descritta nei dettagli in una domanda di brevetto svizzero parallela della depositante, portante il numero di deposito 01 534/95-7, corrispondente a EP 744 585.

Bisogna comunque sottolineare che, mentre il processo di combustione del materiale energetico è indipendente da quanto accade all'esterno del letto di rottame, la gestione della combustione dei fumi del forno ne è influenzata a causa dei gas provenienti dal letto di rottame che vanno a miscelarsi con i fumi provenienti dal forno.

Nella fig. 4, che rappresenta una sezione lungo il canale 3 del convogliatore 1, sono stati indicati, schematizzati, sia i bruciatori 9 e 10 già mostrati nella fig. 3, e dislocati essenzialmente nelle vicinanze del condotto 7 di aspirazione dei fumi, che gli iniettori 11 di comburente, disposti sul fondo del canale 3 e distribuiti inventivamente su tutta la lunghezza del convogliatore 1.

Per quanto concerne la combustione del materiale energetico tramite gli iniettori 11, si sottolinea ancora il fatto che, secondo una forma preferita di realizzazione dell'invenzione, si può allo scopo impiegare un gas diverso dall'aria e dall'ossigeno, ed in particolare adoperare all'uopo un gas altamente energetico quale metano, propano, butano o simile.

Nella fig. 4 sono pure indicate le valvole di regolazione V_1 con la quale si pilota la quantità di combustibile alimentata ai bruciatori 9 e 10, nonché la valvola V_2 con la quale si alimentano gli iniettori del combustibile 11 per il materiale energetico mescolato al rottame.

Secondo una forma preferita dell'invenzione, pure rappresentata schematicamente nella fig. 4, l'invenzione permette di realizzare una importante semplificazione della costruzione della volta 12 (o cappa) del canale 3.

Nella concezione originale dell'impianto CONSTEEL, la volta del condotto è internamente rivestita da materiale refrattario. Questa è una condizione imposta dal fatto che buona parte del calore assorbito dal rottame proviene dall'irraggiamento della volta.

Nella concezione corrispondente alla presente invenzione il peso dell'irraggiamento non è più preponderante nel computo del calore assorbito dal rottame, in quanto buona parte del calore necessario al suo riscaldamento viene apportato grazie al combustibile che brucia all'interno del suo volume.

Cadendo la motivazione che spinge all'utilizzo dei voltini refrattariati l'invenzione, in una sua forma preferita, propone l'utilizzo di voltini raffreddati (del tipo tubo-tubo, spray cooler o misto)

I vantaggi che ne conseguono sono:

- durata di vita sensibilmente più lunga («eterni»)
- eliminazione dei costi di manutenzione refrattari di rilevante importanza
- peso complessivo molto ridotto. Ciò va anche a favore della struttura intera del condotto di preriscaldamento la quale attualmente non è in grado di sopportare, anche a causa dei movimenti oscillatori, i carichi imposti
- evitare il riscaldamento eccessivo della superficie del rottame. L'effetto combinato dell'irraggiamento dei refrattari e della combustione all'interno del rottame potrebbe creare dei riscaldamenti eccessivi degli strati superficiali del rottame. Diminuendo il contributo radiativo mediante l'utilizzo dei voltini raffreddati, questo pericolo viene sensibilmente ridotto.

Per quanto concerne infine l'iniezione del comburente per il materiale energetico complementare negli impianti dotati di preriscaldamento con condotto di preriscaldamento verticale e con o senza caricamento continuo del rottame (quindi impianti «Tokyo Steel» o «Fuchs»), vogliamo qui solo constatare che, per realizzare il procedimento di base secondo la presente invenzione, la ripartizione degli iniettori adibiti alla combustione del materiale energetico deve essere omogenea sulla circonferenza del condotto. La ripartizione e la loro gestione nel caso di caricamento in continuo o discontinuo è per principio identica a quanto descritto per l'impianto CONSTEEL.

Il problema dell'iniezione del comburente in forni di tipo tradizionali a terra non si presenta. L'unico aspetto da verificare è la ripartizione omogenea di questi ultimi e la portata che possono disporre. La combustione del materiale energetico necessita infatti di grandi quantità di comburente.

I dispositivi necessari per realizzare il procedimento inventivo, che sono stati descritti più in dettaglio ed illustrati nelle figure per il caso, più complesso ma anche più interessante tecnicamente, dell'impianto con canale di preriscaldamento orizzontale ed alimentazione continua del forno, ossia per l'impianto CONSTEEL, sono realizzabili analogamente per gli altri impianti di fusione citati nella introduzione. La loro realizzazione pratica è alla portata di ogni uomo del mestiere, ciò che ne rende inutile ogni più ampia descrizione.

L'invenzione permette di realizzare, grazie all'apporto di materiale energetico opportuno nel corso dell'operazione di preriscaldamento e/o di fusione del materiale ferroso, importanti risparmi energetici nel consumo dell'energia elettrica alimentata all'arco fusorio (nell'ordine di grandezza del 20%). Inoltre, e si tratta di un aspetto da non sottovalutare, essa permette anche la distruzione per combustione di resti di produzioni industriali (ad esempio i pneumatici usati, ma non solo quelli) altrimenti difficili da eliminare e che comunque sono disponibili sul mercato dei rifiuti a basso prezzo, se non addirittura gratuitamente od a prezzo negativo. Si tratta dunque, in totale, di un doppio apporto al problema generale della protezione ambientale oltre che di un vantaggio economico nel funzionamento dei forni fusori di primaria importanza.

Elenco della numerazione delle figure

- 1 Convogliatore
 2 Tramoggia di alimentazione
 5 3 Canale o condotta di preriscaldamento
 4 Ventilatore di aspirazione
 5 Coclea di alimentazione
 6 Dynamic seal
 7 Condotta
 10 8 Materiale ferroso
 9 Bruciatori
 10 Bruciatori fissati alla parete
 11 Iniettori
 12 Volta (o cappa) del canale
 15

Rivendicazioni

- 20 1. Procedimento di fusione di metalli ferrosi, in particolare rottame, mediante un forno fusorio ad arco elettrico per la produzione di acciaio, nel quale l'energia immessa nel forno comprende una componente di energia elettrica alimentata tramite gli elettrodi e una componente di energia chimica generata dalla combustione di combustibili liquidi in appositi bruciatori e dalla combustione del carbonio iniettato nel forno e legato ad opera dell'ossigeno, caratterizzato dal fatto che il fabbisogno calorico del procedimento di fusione viene integrato mediante l'immissione e la combustione di materiale energetico intimamente
 25 miscolato al materiale ferroso alimentato nel forno.
2. Procedimento di fusione di metalli ferrosi secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che il forno fusorio è un forno ad arco elettrico alimentato in modo discontinuo per cariche successive e che la miscelazione intima del materiale energetico con il metallo ferroso viene realizzata prima dell'immissione della carica di materiale ferroso nel forno mediante una cesta di carico o caricando una cesta di
 30 carico del materiale ferroso già previamente miscelato intimamente con il materiale energetico, oppure caricando una cesta di carico con cariche successive di materiale ferroso ed iniettando nella cesta, tra ciascuna carica, uno strato di materiale energetico.
3. Procedimento di fusione di metalli ferrosi secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che il
 35 forno fusorio è un forno ad arco elettrico alimentato in modo continuo con materiale ferroso mediante un convogliatore di alimentazione del materiale ferroso, nel quale il materiale ferroso viene preriscaldato prima dell'entrata nel forno fusorio mediante l'entrata in contatto con i fumi del forno portati ad attraversare, o a lambire, il materiale ferroso, in controcorrente, durante l'alimentazione al forno nel convogliatore ed inoltre caratterizzato dal fatto che la miscelazione intima del materiale ferroso con il materiale
 40 energetico viene realizzata nel convogliatore (1) distribuendo il materiale energetico nella o sulla massa del materiale ferroso in movimento nel convogliatore (1) (fig. 1).
4. Procedimento di fusione di metalli ferrosi secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che il
 45 materiale energetico miscelato intimamente al materiale ferroso soddisfa i seguenti requisiti:
 - si tratta di un materiale energetico preferibilmente in forma solida dotato di una granulometria sufficientemente ridotta per facilitarne la miscelazione intima con il materiale ferroso e di facile manipolazione in automatico;
 - possiede un buon rapporto energia specifica/costo, così da essere concorrenziale con altre fonti energetiche, ed in particolare con l'energia elettrica;
 - è disponibile facilmente ed in grande quantità;
 - è privo di sostanze che possano influenzare negativamente il modo di lavoro del forno ad arco elettrico o la qualità dell'acciaio prodotto.
 50
5. Procedimento secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che il materiale energetico miscelato è costituito da gomma sintetica di pneumatici avente una granulometria appropriata e privata delle componenti (fibre tessili, naturali e sintetiche, fibre di vetro ecc.) che possano disturbare il processo di fusione dell'acciaio.
 55
6. Procedimento di fusione di metalli ferrosi secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che la quantità di energia complementare alimentata mediante l'immissione di materiale energetico costituisce una percentuale compresa tra il 10% ed il 30% dell'energia totale impiegata nel processo di fusione del materiale ferroso.
7. Procedimento di fusione di metalli ferrosi secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che
 60 la combustione del materiale energetico viene realizzata durante la fase di trasporto del miscuglio materiale ferroso/materiale energetico nel convogliatore (1).
8. Procedimento di fusione di metalli ferrosi secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che i
 65 fumi provenienti dal forno fusorio, dopo essere passati dal convogliatore (1), vengono addotti ad un impianto di aspirazione e trattamento dei fumi (4) comprendente una camera di postcombustione nella quale i fumi vengono riscaldati, se necessario, a temperature predeterminate e con tempi di permanen-

za predeterminati, e che, quale materiale energetico, si usano anche composti che generano sostanze inquinanti.

5 9. Procedimento di fusione di metalli ferrosi secondo una delle rivendicazioni 3, 7 o 8, caratterizzato dal fatto che la combustione del materiale energetico aggiunto al materiale ferroso viene innescata nel convogliatore (1) nel punto più lontano possibile dal forno fusorio e preferibilmente immediatamente dopo l'imbocco nel convogliatore (1), visto nel senso di spostamento del materiale ferroso nel convogliatore (1), del condotto (7) che porta i fumi all'impianto di aspirazione e trattamento dei fumi.

10 10. Procedimento di fusione di metalli ferrosi secondo la rivendicazione 9, caratterizzato dal fatto che l'innesco della combustione del materiale energetico viene realizzato mediante l'alimentazione di gas comburente (aria od ossigeno) perpendicolarmente sopra il letto del materiale ferroso e/o direttamente ed omogeneamente nell'interno della massa del materiale ferroso in moto sul convogliatore (1).

15 11. Procedimento di fusione di metalli ferrosi secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che il comburente per la combustione del materiale energetico viene alimentato nella parte inferiore del convogliatore (1) essenzialmente tramite punti di alimentazione (11) distribuiti su tutta la lunghezza del convogliatore (1).

12. Procedimento di fusione di metalli ferrosi secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che per la combustione del materiale energetico si impiegano anche gas diversi dall'aria o dall'ossigeno, quali gas combustibili come metano, propano, butano ecc.

20 13. Procedimento di fusione di metalli ferrosi secondo la rivendicazione 3, nel quale il convogliatore (1) di alimentazione è un convogliatore chiuso, caratterizzato dal fatto che la parte superiore del convogliatore (1) viene raffreddata.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

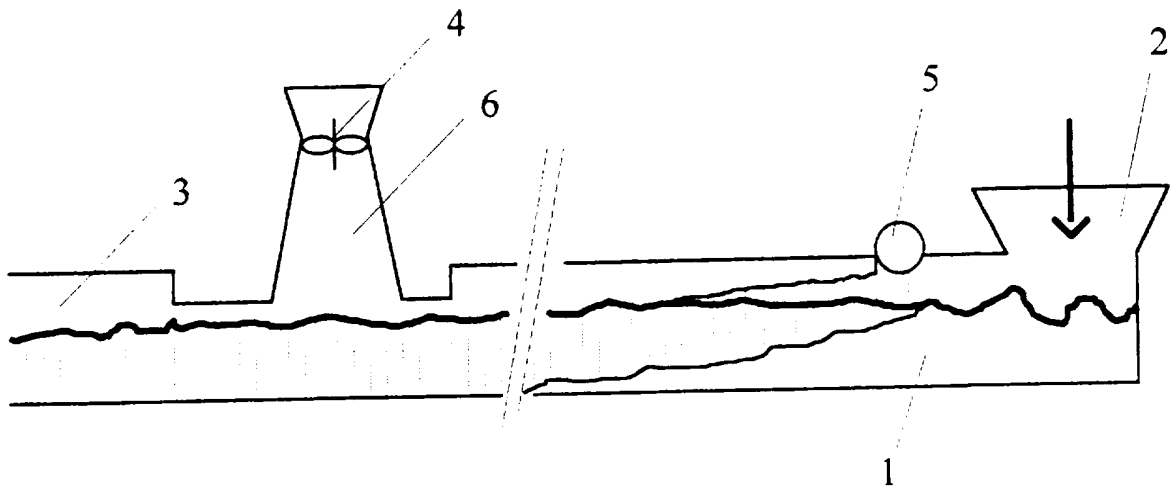


Fig. 1

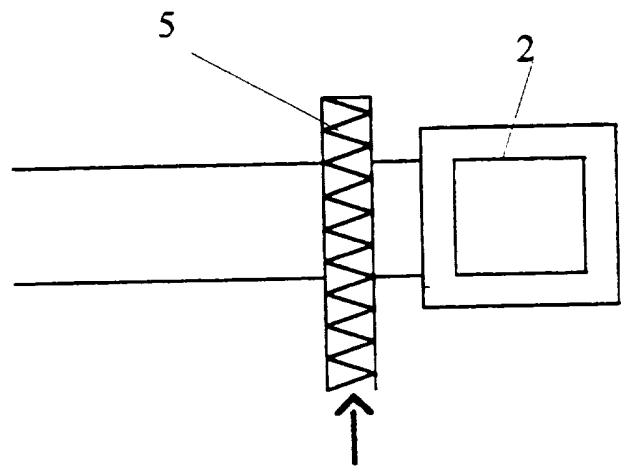


Fig. 2

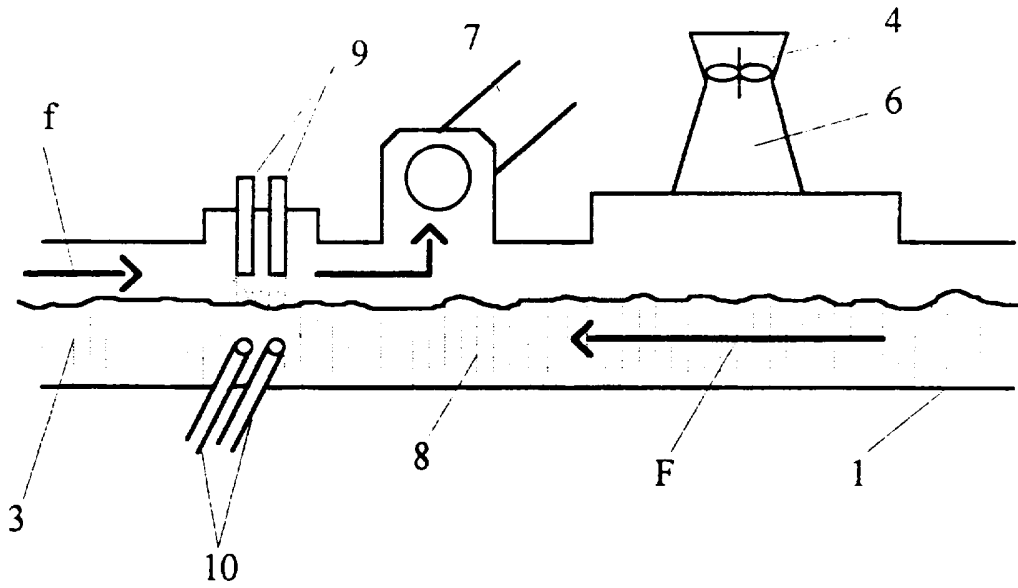


Fig. 3

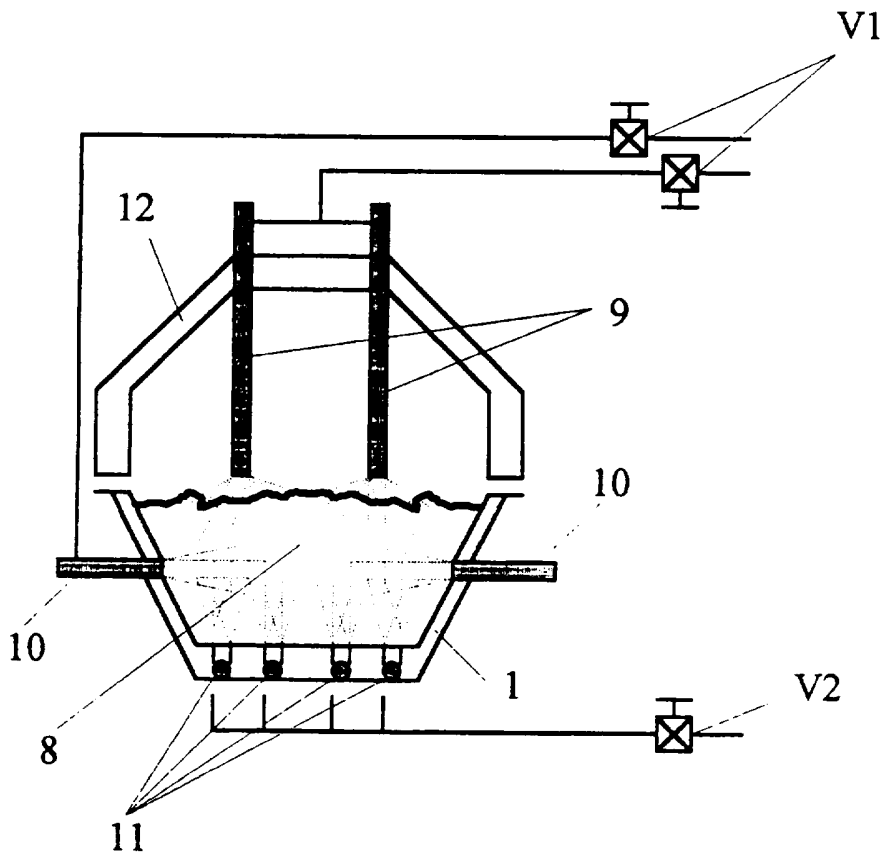


Fig. 4