



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO  
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE  
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102016000056295
Data Deposito	31/05/2016
Data Pubblicazione	01/12/2017

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
C	21	B	11	10
Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
C	21	B	13	12
Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
C	21	C	5	52
Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
C	21	B	13	14

Titolo

METODO ED APPARATO PER LA PRODUZIONE DI GHISA, GHISA PRODOTTA SECONDO DETTO METODO

METODO ED APPARATO PER LA PRODUZIONE DI GHISA, GHISA  
PRODOTTA SECONDO DETTO METODO

\* \* \*

CAMPO TECNICO

5 La presente invenzione si riferisce ad un metodo ed un apparato per la produzione di ghisa secondo il preambolo delle relative rivendicazioni indipendenti allegate.

Il settore tecnico a cui si riferisce l'invenzione è  
10 pertanto quello della produzione di ferro ed acciaio, in cui materiali ferrosi come la ghisa sono ampiamente utilizzati.

ARTE NOTA

Nel settore di riferimento, con il termine "ghisa" è  
15 indicata una varietà di materiali ferrosi generalmente prodotta negli altiforni, contenente almeno il 92% (in peso) di Ferro ed il 2.1% (in peso) di Carbonio e tracce di altri elementi; la ghisa è diventata nel tempo una vera e propria "commodity" nel settore siderurgico come  
20 fonte di ferro metallico per produzione di acciai ad alto valore.

Infatti la ghisa è utilizzata nei forni ad arco elettrico (da ora in poi EAF, dall'acronimo inglese Electric Arc Furnace) per apportare determinate quantità  
25 di ferro necessarie per controbilanciare gli elementi indesiderati contenuti nei rottami di acciaio solitamente introdotti nell'EAF: la ghisa aiuta infatti a diluire gli elementi residuali come rame e stagno presenti in tracce nei rottami; la ghisa inoltre contribuisce anche a ridurre al minimo i livelli di azoto del ferro fuso negli  
30 EAF.

La ghisa inoltre è usata al posto di altri materiali

ferrosi metallici come rottami di acciaio di alta qualità o minerale di ferro pre-ridotto (conosciuto anche come DRI, dall'acronimo inglese Direct Reduced Iron).

La ghisa è un materiale ferroso ad alto tenore di carbonio di solito colato in lingotti di 200 mm x 100 mm x 50 mm o lingotti di altra forma.

In generale, la ghisa è prodotta negli altiforni, ma sono noti anche altri processi per produrre ferro fuso ad alto contenuto di carbonio.

10 Ci sono tre principali categorie di ghisa:

- la ghisa base, utilizzata per la produzione di acciaio,

- la ghisa grigia per la produzione di getti (anche detta lamellare),

15 - la ghisa sferoidale utilizzata per la produzione di getti a alta tenacità,

Queste categorie di ghisa si differenziano principalmente nel contenuto di silicio e fosforo.

Una analisi tipica delle categorie di ghisa sopra indicate è rappresentata nella Tabella I qui appresso:

	Base	Grigia	Sferoidale
Si	< 1.5%	1.5 - 3.5%	0.5 - 1.5%
C	2.1 - 4.5%	3.5 - 4.5%	3.5 - 4.5%
Mn	0.4 - 1.0%	0.4 - 1.0%	< 0.05%
P	< 0.12%	< 0.12%	< 0.04%
S	< 0.05%	0.05%	< 0.02%

Tabella I

Come detto un metodo di produzione della ghisa è quello in altoforno; dettagli su tale aspetto non vengono qui descritti, perché la fabbricazione della ghisa in altoforno è un processo da ritenersi ben noto ai tecnici 5 del settore.

Gli altoforni, come noto, presentano tuttavia alcuni limiti: necessitano di coke, presentano cicli di produzione piuttosto lunghi, e soprattutto generano elevate emissioni di CO<sub>2</sub>, che necessitano di un attento 10 controllo e di dispositivi appositamente realizzati per rientrare nei requisiti imposti dalle normative ambientali, via via più stringenti.

Inoltre le quantità di produzione di ghisa in altoforno non sono regolabili, se non con estrema 15 difficoltà: arrestare l'altoforno implica infatti spesso, se non sempre, la sostituzione completa del suo refrattario, con tutto ciò che ne consegue; il risultato è che -quindi- diventa difficile o estremamente anti-economico produrre quantità di ghisa limitate.

20 Per risolvere, in parte questi inconvenienti, sono state sviluppate alcune soluzioni.

Ad esempio il brevetto statunitense US1,686,075 descrive un procedimento per realizzare ghisa sintetica mediante un processo di riduzione ad una temperatura di 25 900 ° - 1200 ° C producendo la cosiddetta spugna di ferro. La spugna di ferro viene liberata dalla sua ganga per separazione magnetica; un materiale carbonioso viene aggiunto e viene fuso in un forno elettrico in condizioni acide ad una temperatura compresa tra 1100 ° C e 1300 ° 30 C. Adeguate quantità di silicio, manganese e altri elementi vengono aggiunti al bagno fuso per ottenere la composizione desiderata. Un limite di questa soluzione è

legato al fatto che è necessaria un'operazione addizionale di aggiunta di materiale carbonioso, con un conseguente aumento dell'energia utilizzata nel processo.

Un'altra soluzione è descritta nel brevetto statunitense US3,165,398 in cui è mostrato un processo di fusione di spugna di ferro in cui la temperatura di fusione viene gradualmente abbassata aggiungendo materiale carbonioso in polvere. La carica viene lentamente e continuamente miscelata dalla rotazione del forno fusorio. Anche in questo caso, quindi, è presente l'aggiunta separata del carbonio al ferro spugnoso nella fase di fusione, con limiti sostanzialmente comparabili a quelli precedentemente descritti; inoltre la presenza dell'agitazione continua nel forno introduce limiti ulteriori derivanti dalla necessità di dover prevedere accorgimenti specificamente atti allo scopo.

Ancora, il brevetto statunitense US4,661,150 descrive un metodo e un apparato per la produzione di ghisa liquida in un forno elettrico, in cui vengono caricati minerale di ferro pre-ridotto DRI caratterizzato da una metallizzazione superiore al 60% e carbonio, disponibile come residuo proveniente dal processo di riduzione. Questa soluzione tuttavia presenta limiti legati al fatto che buona parte del materiale carbonioso aggiunto al forno fusorio viene consumata per completare la riduzione dei restanti ossidi di ferro.

Altre soluzioni della tecnica nota, come quelle descritte nel brevetto statunitense US5,810,905 e nel brevetto europeo EP 871781, insegnano a sciogliere il minerale di ferro pre-ridotto DRI in un forno ad arco sommerso, che è più oneroso sia in termini di investimento che di costi operativi; tuttavia questa soluzione si

dimostra abbastanza vantaggiosa perché questi tipi di fornì operano con uno spesso strato di scoria sul materiale fuso che in qualche misura protegge il carbonio dall'ossidazione. Queste soluzioni tuttavia utilizzano  
5 minerale di ferro pre-ridotto avente una metallizzazione complessivamente bassa e/o basso tenore di carbonio o utilizzano rottami come fonte di ferro, che comporta lo svantaggio di dover introdurre elementi quali carbonio, silicio e manganese durante la fase di fusione con  
10 conseguenti maggiori costi per le ferroleghe e allungamento della durata del ciclo di colata del forno fusorio.

Dalla trattazione appena effettuata, emerge quindi la necessità di un metodo (e relativa apparecchiatura) per  
15 la produzione efficiente di ghisa per fabbricazione di acciaio o fonderia a partire dai minerali di ferro.

#### SCOPI E SOMMARIO DELL' INVENZIONE

Uno scopo della presente invenzione è quindi quello di fornire un metodo ed un apparato per la produzione di  
20 ghisa che superi i limiti della tecnica nota.

Un altro scopo dell'invenzione è quello di fornire un siffatto metodo ed apparato che siano relativamente economici e pratici.

Un altro scopo dell'invenzione è quello di fornire un siffatto metodo ed apparato che consentano la produzione  
25 di ghisa anche in quantità ridotte.

Altro scopo della presente invenzione è quello di fornire un siffatto metodo ed apparato per produrre ghisa a partire da DRI contenente carbonio utilizzando un forno  
30 elettrico ad arco.

Altro scopo della presente invenzione è quello di fornire un siffatto metodo ed apparato che riduca

l'impatto ambientale in termini di emissioni di anidride carbonica rispetto ai metodi e agli apparati usualmente utilizzati a tal fine.

Altri scopi dell'invenzione saranno evidenti agli 5 esperti del ramo, o saranno evidenziati nella descrizione dettagliata dell'invenzione.

Questi ed altri scopi sono raggiunti mediante un metodo ed un apparato secondo l'invenzione.

L'idea alla base dell'invenzione è quella di produrre 10 la ghisa mediante minerale di ferro pre-ridotto (DRI) ad alto contenuto di carbonio, preferibilmente presente in forma di carburo di ferro.

Questo risulta vantaggioso poiché il carbonio combinato in questa forma rimane nel bagno di ferro in modo energeticamente efficiente; si consideri che fornire carbonio alla massa fusa come carbonio libero implica infatti un costo elevato in energia per la sua soluzione nella matrice ferrosa.

Più particolarmente, l'invenzione fornisce un metodo 20 ed un apparecchio per produrre ghisa utilizzando DRI con un alto tenore di carbonio come fonte di ferro e di carbonio in un apparato comprendente un forno ad arco elettrico EAF per produrre ghisa avente il tenore di carbonio desiderato, con molti vantaggi tecnici ed 25 economici.

Conseguentemente, un primo oggetto dell'invenzione è un metodo per la produzione di ghisa a partire da minerale di ferro pre-ridotto o DRI in cui il ferro abbia una metallizzazione superiore al 90% in peso, e che contenga 30 elevati livelli di carbonio; il DRI viene fuso in un forno elettrico ad arco o EAF per formare ghisa liquida e la regolazione del contenuto di carbonio della ghisa è

principalmente originato dal carbonio contenuto in detto DRI.

Un secondo oggetto del brevetto è un apparato che realizza tale metodo.

5 Un altro oggetto del brevetto è una ghisa prodotta mediante tale metodo.

Le caratteristiche del metodo, apparato e/o ghisa sono descritte in dettaglio qui appresso e rivendicate nelle successive rivendicazioni che si intendono parte  
10 integrante della presente descrizione.

I documenti citati in questo testo (compresi i brevetti elencati precedenti), e tutti i documenti citati o riportati nei documenti citati in questo testo, sono qui incorporati per riferimento.

15 Documenti incorporati per riferimento nel presente testo o qualsiasi insegnamento degli stessi possono essere utilizzati nella pratica della presente invenzione.

#### BREVE DESCRIZIONE DELLE FIGURE

20 Le caratteristiche strutturali e funzionali dell'invenzione, ed i suoi vantaggi rispetto all'arte nota, risulteranno chiaramente comprensibili dalla descrizione seguente, riferita alla Fig. 1 allegata, che è un diagramma a blocchi schematico illustrante una forma  
25 di realizzazione non limitativa dell'invenzione in cui sono mostrate le principali operazioni del metodo.

Volendo dapprima descrivere il metodo nei suoi caratteri generali, esso è destinato alla produzione di ghisa a partire da minerale di ferro pre-ridotto DRI  
30 mediante un apparato comprendente un forno elettrico ad arco EAF.

Con il termine "ghisa" si vuole indicare qui e nelle

rividicazioni che seguiranno qualunque tipo di ghisa.

Caratteristicamente, il metodo dell'invenzione comprendente i seguenti passi:

a- prevedere una carica di minerale di ferro pre-ridotto DRI avente metallizzazione superiore al 90% e contenente più del 2,8% in peso di carbonio, in cui almeno l'80% di detto carbonio è combinato con il ferro in forma di carburo di ferro Fe<sub>3</sub>C,

10 b- caricare nel forno elettrico ad arco EAF la carica di minerale di ferro pre-ridotto (DRI),

c- fondere la carica di DRI per formare ghisa liquida in cui detta ghisa liquida ha un predeterminato contenuto obiettivo in carbonio, essendo almeno l'80% in peso del detto contenuto obiettivo in carbonio della 15 ghisa originato dal carbonio nella carica di minerale di ferro pre-ridotto DRI.

Preferibilmente un limite superiore al contenuto in carbonio in peso della carica di minerale di ferro pre-ridotto DRI è di 6,5% di carbonio in peso.

20 Preferibilmente una grande percentuale, di solito superiore al 90%, in peso del carbonio nella carica di minerale di ferro pre-ridotto DRI è combinato con il ferro in forma di carburo di ferro Fe<sub>3</sub>C; si evita in questo modo di avere carbonio sotto forma di grafite che in gran parte andrebbe perso nella scoria.

Preferibilmente il passo c. del metodo viene eseguito in condizione di atmosfera riducente.

In particolare il metodo viene eseguito in un apparato che realizza il metodo e comprende un forno elettrico ad arco EAF munito di una camera di fusione in cui sono attivi gli elettrodi.

La camera di fusione dell'apparato in cui viene fusa la

carica di DRI è sottoposta a pressione neutra o leggermente positiva per prevenire o comunque limitare l'ingresso di aria dall'esterno, evitando l'ossidazione del carbonio presente nel bagno metallico.

5        Secondo una caratteristica opzionale vantaggiosa, il passo a. prevede il riscaldamento di detta carica di ferro DRI ad una temperatura superiore a 400°C, a tutto vantaggio del risparmio di energia nel processo di fusione.

10      Secondo altre varianti, è optionalmente previsto un passo addizionale

15      b1- di aggiunta, alla carica di minerale di ferro pre-ridotto DRI, di un materiale carbonioso nel forno ad arco elettrico EAF per regolare il contenuto di carbonio, detto passo b1 essendo eseguito tra i passi b. e c. o contemporaneamente al passo b. o contemporaneamente o a valle del passo c. .

20      Secondo altre varianti, è optionalmente previsto un passo addizionale d. di scaricare il contenuto del forno EAF -a valle del (dopo il) passo c.- in una siviera o contenitore di trasferimento.

Opzionalmente, inoltre, è previsto il passo addizionale

25      d1. di aggiungere un materiale carbonioso in detta siviera di trasferimento.

Tale materiale carbonioso, del passo b1 o d1 è generalmente scelto nel gruppo di carbone, coke, grafite o loro miscele.

30      Dalla siviera la ghisa liquida viene quindi fatta solidificare secondo uno dei seguenti passi, alternativi fra loro:

e. granulazione della ghisa liquida

f. colata della ghisa liquida in lingotti.

Preferibilmente la ghisa così realizzata è ghisa base, e comprende, oltre al ferro, le seguenti percentuali in peso di elementi:

5 Carbonio 2.1-4.5%

Silicio <1.5%

Manganese 0.5-1.0%

Zolfo <0.05%

Fosforo <0.12%.

10 In altre forme esecutive preferite la ghisa realizzata è ghisa grigia o ghisa sferoidale.

Ancora più preferibilmente la ghisa grigia così prodotta comprende, oltre al ferro, le seguenti percentuali in peso di elementi:

15 Carbonio 3.5-4.5%

Silicio 1.5-3.5%

Manganese 0.5-1.0%

Zolfo <0.05%

Fosforo <0.12%.

20 Ancora più preferibilmente la ghisa sferoidale così prodotta comprende, oltre al ferro, le seguenti percentuali in peso di elementi:

Carbonio 3.5-4.5%

Manganese <0.05%

25 Zolfo <0.02%

Fosforo <0.04%.

Facendo ora riferimento alla figura 1, illustrante uno schema a blocchi semplificato di una forma di realizzazione preferita di un metodo per la produzione 30 della ghisa secondo l'invenzione, con 10 è indicato globalmente un rifornimento di minerale di ferro pre-ridotto DRI.

Quest'ultimo contiene una percentuale in carbonio superiore al 2,8% in peso, preferibilmente tra il 3% e il 6% in peso, e più preferibilmente tra il 4% e il 5%.

La metallizzazione della carica di ferro pre-ridotto 5 DRI è almeno del 90% in peso, preferibilmente almeno del 94% in peso.

La carica di DRI viene alimentata ad un apparato 20 secondo l'invenzione comprendente un forno ad arco elettrico per essere fusa.

10 Il DRI contenente carbonio può essere caricato nella camera di fusione dell'apparato 20 a temperatura variabile tra quella ambiente e 500°C o più (preferibilmente sino a 700°C), ovviamente il consumo energetico del processo di fusione sarà minore al 15 crescere della temperatura di caricamento del DRI.

Il caricamento avviene mediante mezzi noti in sé allo stato dell'arte, ad esempio per gravità, da un sistema di trasporto pneumatico, da un trasportatore meccanico provvisto di mezzi per mantenere un'atmosfera inerte a 20 contatto con il DRI caldo, o in contenitori termicamente isolati (non mostrati perché noti nella tecnica).

La carica di ferro DRI viene quindi fusa nell'EAF a temperatura almeno superiore a 1350°C, preferibilmente compresa tra 1400°C e 1550°C.

25 Una volta terminato il processo, il contenuto del forno viene scaricato (spillato) (cfr. 26) dall'EAF.

Si noti che il contenuto di carbonio nel materiale di carica (DRI) è già vicino a quello obiettivo della ghisa da prodursi.

30 Opzionalmente, il contenuto di carbonio può essere regolato mediante aggiunta di un materiale carbonioso addizionale.

In una prima forma esecutiva questo materiale carbonioso 24 viene miscelato al DRI direttamente nella camera di fusione dell'apparato.

Il materiale carbonioso 24 utilizzabile è, ad esempio 5 e non limitativamente, carbone, coke, grafite o loro miscele.

In una seconda forma esecutiva, alternativamente o in combinazione con la prima forma esecutiva, il materiale carbonioso 30 viene miscelato al ferro DRI fuso in un 10 momento successivo, ad esempio in una siviera di trasferimento 28.

Il materiale carbonioso 30 utilizzabile è, ad esempio e non limitativamente, carbone, coke, grafite o loro miscele.

15 Tali aggiunte sono facoltative e si rendono necessarie solo quando il contenuto di carbonio obiettivo della ghisa da produrre supera il contenuto di carbonio del ferro DRI.

Preferibilmente il contenuto di carbonio del ferro DRI 20 è pari al contenuto di carbonio obiettivo della ghisa da produrre, così che il metodo espressamente esclude che venga aggiunto carbonio sia nella camera di fusione che in momenti successivi.

Secondo l'invenzione il carbonio contenuto nella 25 carica di ferro DRI è, in essa, combinato con il ferro, preferibilmente per lo più in forma di carburo di ferro Fe<sub>3</sub>C.

Il carbonio combinato fornisce una serie di vantaggi in forno elettrico ad arco EAF rispetto all'uso di 30 carbonio "libero" che potrebbe essere aggiunto sotto forma di fuliggine, carbone, coke, grafite: infatti la fuliggine è facilmente trascinata dai gas caldi durante

la fase di fusione del ferro DRI, il carbone introduce molte impurità, tra i quali lo zolfo che deve essere controllato ed eliminato nella composizione finale della ghisa, il coke ha un costo elevato e la grafite, essendo 5 carbonio di alta purezza è ancora più costoso.

Si comprende quindi come l'utilizzo del carbonio contenuto nel ferro DRI come carburo di ferro Fe<sub>3</sub>C sia economicamente conveniente per la produzione di un bene come la ghisa.

10 La fase di spillaggio 26 della ghisa liquida così ottenuta viene impostata ad una temperatura tale da avere un certo grado di surriscaldamento, preferibilmente compresa tra 1400°C e 1550°C, in funzione anche della temperatura di fusione della scoria che si prevede di 15 realizzare.

In questo modo si riesce ad avere un tempo sufficiente nella siviera di trasferimento 28 per la regolazione della composizione finale desiderata per soddisfare l'analisi chimica predeterminata della ghisa 20 in vista della sua utilizzazione finale.

Opzionalmente, possono anche essere introdotte delle ferroleghe o scorificanti 30 nel trasferimento in siviera 28 che contiene ghisa liquida.

Tali ferroleghe o scorificanti sono noti in sé allo 25 stato dell'arte e non ci si sofferma quindi oltre.

La ghisa liquida 32 viene quindi scaricata dalla siviera di trasferimento 28 e colata in contenitori di formatura 34 in forma di lingotti 36, oppure può essere granulata mediante procedimenti noti nella tecnica, 30 costituendo così la ghisa finale.

Sono così raggiunti gli scopi della presente invenzione.

## RIVENDICAZIONI

1. Metodo per la produzione di ghisa a partire da minerale di ferro pre-ridotto DRI mediante un forno elettrico ad arco EAF, comprendente i seguenti passi:

5        a- prevedere una carica di minerale di ferro pre-ridotto DRI avente metallizzazione superiore al 90% e contenente più del 2,8% in peso di carbonio, in cui almeno 1'80% di detto carbonio è combinato con il ferro in forma  
10      di carburo di ferro Fe<sub>3</sub>C,

15      b- caricare nel forno elettrico ad arco EAF la carica di minerale di ferro pre-ridotto DRI,

20      c- fondere la carica DRI per formare ghisa liquida in cui detta ghisa liquida ha un predeterminato contenuto obiettivo in carbonio, essendo almeno 1'80% in peso del detto contenuto obiettivo in carbonio della ghisa originato dal carbonio nella carica di minerale di ferro pre-ridotto DRI.

25      2. Il metodo della rivendicazione 1, in cui il passo c. viene eseguito in condizione di atmosfera riducente.

30      3. Il metodo della rivendicazione 1 o 2, in cui il passo c. viene eseguito in una camera di fusione del forno elettrico EAF sottoposta ad una pressione interna positiva generata da gas prodotti da reazioni di riduzione che si sviluppano nel passo c.

35      4. Il metodo secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui detta carica di minerale di ferro pre-ridotto DRI, contiene fino al 6,5% di carbonio in peso.

40      5. Il metodo secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui sostanzialmente il 100%

di detto carbonio nella carica di minerale di ferro pre-ridotto DRI è combinato con il ferro in forma di carburo di ferro Fe<sub>3</sub>C.

6. Il metodo secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui il passo a. prevede che detta carica di DRI venga caricata in forno ad una temperatura superiore a 400°C.

7. Il metodo secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui è previsto un passo addizionale

10 b1- di aggiunta, alla carica di minerale di ferro pre-ridotto DRI, di un materiale carbonioso nel forno ad arco elettrico EAF per regolare il contenuto di carbonio, detto passo b1 essendo eseguito tra i passi b. e c. o contemporaneamente al passo b. o contemporaneamente o a 15 valle del passo c. .

8. Il metodo secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui è previsto un passo addizionale

d. scaricare il contenuto del forno EAF a valle del passo c. in una siviera o contenitore di trasferimento.

20 9. Il metodo della rivendicazione 5, in cui è previsto un passo addizionale

d1. di aggiungere un materiale carbonioso in detta siviera di trasferimento.

10. Il metodo secondo una o più delle rivendicazioni 25 7, 9, in cui il materiale carbonioso è scelto nel gruppo di carbone, coke, grafite, o loro miscele.

11. Il metodo secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui è previsto un passo

30 e. di granulazione della ghisa liquida  
o un passo

f. di colata della ghisa liquida in lingotti.

12. Il metodo secondo una o più delle rivendicazioni

precedenti, in cui la ghisa è ghisa grigia o ghisa sferoidale.

13. Ghisa prodotta secondo il metodo di una o più delle rivendicazioni precedenti.

5 14. Apparato per la produzione di ghisa caratterizzato dal fatto che realizza il metodo secondo una o più delle rivendicazioni da 1 a 12.

1/1

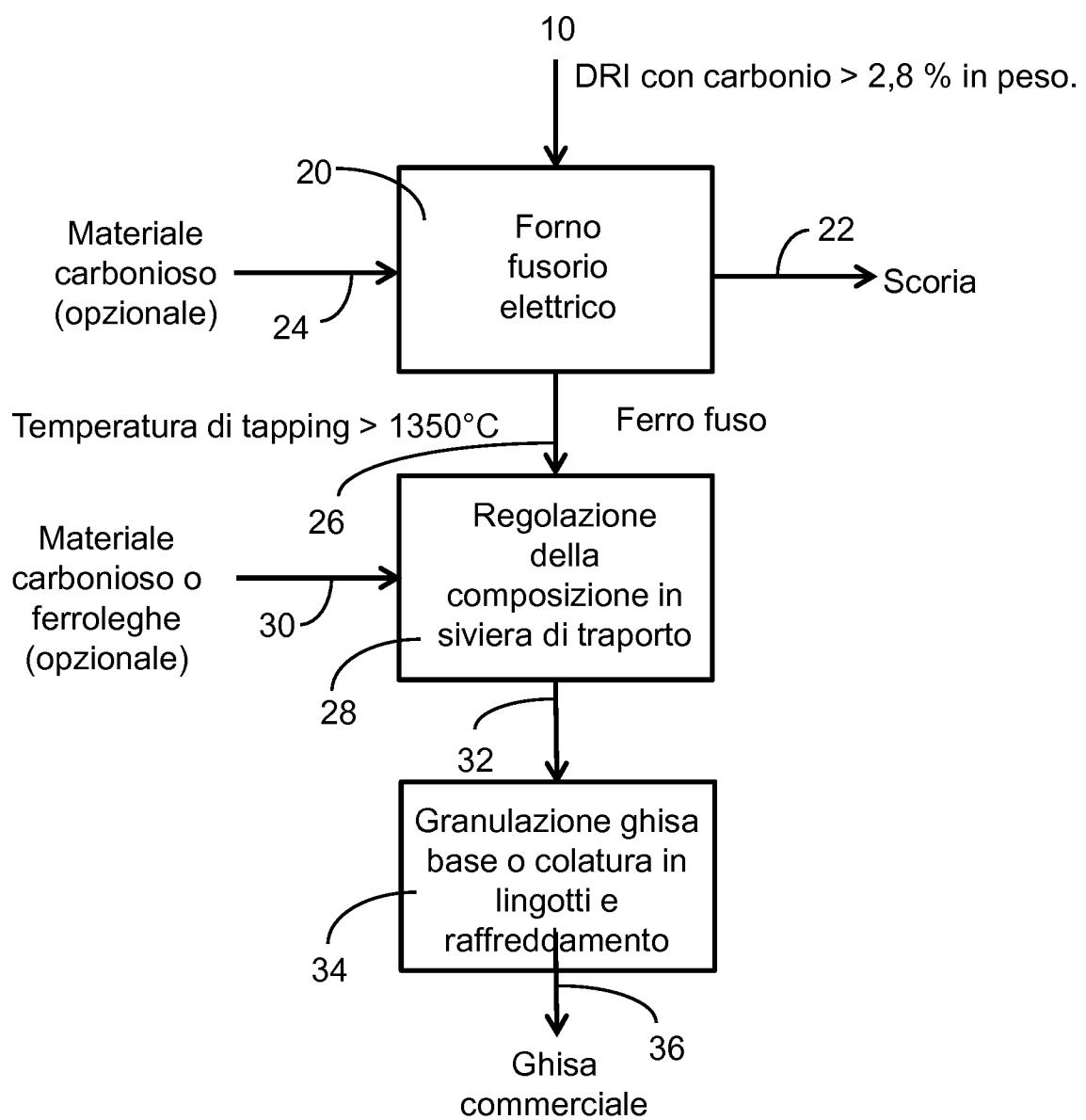


Fig. 1