



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETA' INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

Informazioni identificative della domanda di Brevetto per invenzione industriale presentata il 11/07/2022

Dati aggiornati al 27/01/2026

Numero domanda: 102022000014527

Data presentazione: 11/07/2022

Data deposito: 11/07/2022

Tipologia domanda: Brevetto per invenzione industriale

Tipo deposito: DEPOSITO ON LINE

Tipo domanda: Ordinaria

Tipo registrazione: Primo Deposito

Stato domanda: Concessa

Data concessione: 04/07/2024

Numero domanda precedente formato:

Numero concessione: 102022000014527

Titolo: PROCEDIMENTO PER LA RIDUZIONE DIRETTA DI MATERIALE A BASE DI OSSIDO DI FERRO PER LA PRODUZIONE DI ACCIAIO, SPUGNA DI FERRO O GHISA

Anticipata accessibilità: NO

Classi

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo	Note
C	21	B	13		Classificazione inserita dall'EPO
C	22	B	1	245	Classificazione inserita dall'EPO

Inventori

Cognome e nome
RANCATI Silvio

Titolari

Denominazione/cognome e nome	Tipo società	Partita I.V.A./C.F.	Diritti %	CAP	Città	Provincia	Nazione
I-SMELT S.R.L.	società a responsabilità limitata	12510070969	100	20122			Italia

Mandatari

Cognome e nome (codice)
De Benedetti Fabrizio (3)

Cognome e nome (codice)
Romano Giuseppe (1003)
Predazzi Valentina (1105)
De Giorgi Michele (1404)
Pietri Simona (1522)
Moscone Francesca (85)
Manna Sara (1783)
Barbaro Gaetano (994)
De Benedetti Jacopo (1316)
Soldatini Andrea (943)
Germinario Claudio (989)
Papa Elisabetta (1002)
Pozzato Matteo (1898)
Rondano Davide (1117)
Di Giovine Paolo (1652)
Santoro Sofia (1800)
Manfrin Marta (1243)
Concone Emanuele Enrico Maria (806)
Demegni Giovanni Nicolò (1860)

Domicilio elettivo

Nominativo	Via	Numero civico	Città	CAP	Provincia	Nazione	E-mail	PEC
Società Italiana Brevetti S.p.A.			Milano	20123	Milano			

Studio

Nominativo: Società Italiana Brevetti S.p.A.
Via: via Carducci 8
Numero civico:
Città: Milano
CAP: 20123
Provincia: Milano

Trascrizioni

Numero	Data Trascrizione	Descrizione	Esito	Data Esito

Numero	Data Trascrizione	Descrizione	Esito	Data Esito
602024000124561	18/07/2024	Cessione	Accolta	13/08/2024

- **A carico**
- Elsafra II S.p.A.
- **A favore**
- I-SMELT S.R.L.

Domande interessate dalla trascrizione

Numero domanda	Data deposito	Tipo domanda
102022000014527	11/07/2022	Brevetto per invenzione industriale

Istanze

Numero	Data deposito	Descrizione	Esito	Data Esito
732023000108849	14/07/2023	Richiesta Copia Autenticata	Accolta	17/07/2023
762023000147537	25/09/2023	Istanza di Rettifica		
782024000052207	20/03/2024	Risposta a Rapporto di Ricerca		

Pagamenti

Data	Importo	Tipo	Identificativo	Causale
11/07/2022	50,00	Modello F24	Deposito Pagamento Deposito, Annualita, Altri Tributi	



Ministero dello Sviluppo Economico

Ricevuta di presentazione

per

Brevetto per invenzione industriale

Domanda numero: 102022000014527

Data di presentazione: 11/07/2022

DATI IDENTIFICATIVI DEL DEPOSITO

Ruolo	Mandatario
Depositante	Davide Rondano
Data di compilazione	11/07/2022
Riferimento depositante	BI3116M/MDR/migg
Titolo	PROCEDIMENTO PER LA RIDUZIONE DIRETTA DI MATERIALE A BASE DI OSSIDO DI FERRO PER LA PRODUZIONE DI ACCIAIO, SPUGNA DI FERRO O GHISA
Carattere domanda	Ordinaria
Esenzione	NO
Accessibilità al pubblico	NO
Numero rivendicazioni	10
Autorità depositaria	

PRIVACY

Autorizzo il trattamento dei dati personali, inseriti all'interno del deposito, ai sensi del GDPR (Regolamento UE 2016/679) e del Decreto Legislativo 30 giugno 2003, n. 196 "Codice in materia di protezione dei dati personali"

RICHIEDENTE/I

Natura giuridica	Persona giuridica
Denominazione	Elsafrà II S.p.A.
P.IVA/CF	08846780966
Tipo Società	società per azioni
Nazione sede legale	Italia
Comune sede legale	Milano (MI)
Indirizzo	Via Giovanni Boccaccio

Civico	29
CAP	20123
Telefono	
Fax	
Email	
Pec	
Quota percentuale	100.0%

DOMICILIO ELETTIVO

Cognome/R.sociale	Società Italiana Brevetti S.p.A.
Indirizzo	via Carducci 8
Cap	20123
Nazione	Italia
Comune	Milano (MI)
Telefono	02 - 806331
Fax	02 - 80633200
Email\PEC	UIBM.prenov16@pec.sib.it

MANDATARI/RAPPRESENTANTI

Cognome	Nome
Rondano	Davide
Barbaro	Gaetano
Concone	Emanuele Enrico Maria
De Benedetti	Jacopo
De Benedetti	Fabrizio
De Giorgi	Michele
Demegni	Giovanni Nicolò
Di Giovine	Paolo
Germinario	Claudio
Manfrin	Marta

Manna	Sara
Moscone	Francesca
Papa	Elisabetta
Pietri	Simona
Pozzato	Matteo
Predazzi	Valentina
Romano	Giuseppe
Santoro	Sofia
Soldatini	Andrea

INVENTORI

Cognome	Nome	Nazione residenza
RANCATI	Silvio	Italia
MAPELLI	Carlo	Italia
MOMBELLI	Davide	Italia
DALL'OSTO	Gianluca	Italia

CLASSIFICAZIONI

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
C	21	B		

NUMERO DOMANDE COLLEGATE

DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

Tipo documento	Riserva	Documento
Disegni	NO	BI3116M-di.pdf.p7m hash: c217fdbf3fced06684c1cc7c3803ef26
Riassunto	NO	BI3116M-ria.pdf.p7m hash: 0ef709c8bf3a635b7b922aad3c6510cd

Rivendicazioni in inglese	NO	BI3116M-clm.pdf.p7m hash: 354be70547d679e2f67d63c41ea0a902
Rivendicazioni	NO	BI3116M-riv.pdf.p7m hash: 0399c6df2232a260238cb0c08129d8e3
Descrizione in italiano*	NO	BI3116M-des.pdf.p7m hash: 23b17052cfb496eea8c958ac4c9a202f

RIFERIMENTI AL DEPOSITO DELL'INCARICO

Numero Domanda

802022000077864

DOVUTO

Gli importi indicati non tengono conto delle eventuali esenzioni applicabili

Importo Tasse:

€ 50,00

NOTE

RIASSUNTO

E' descritto un procedimento per la riduzione diretta di materiale a base di ossido di ferro per la produzione di acciaio, spugna di ferro o ghisa, comprendente i passi di: a) produrre
5 bricchette fatte di un primo materiale a base di ossido di ferro, di un secondo materiale a base di carbonio e di un terzo materiale con funzione di legante, in cui detto secondo materiale comprende biocarbone; e b) fondere le bricchette così ottenute all'interno di un forno di riduzione (10) provvisto di resistenze elettriche (12) e/o di almeno un bruciatore ossi-combustibile (14), a una temperatura compresa tra 1380°C e 1536°C,
10 preferibilmente una temperatura compresa tra 1400°C e 1450°C, in modo da permettere la fusione degli ossidi di ferro contenuti nelle bricchette e la riduzione degli ossidi di ferro tramite reazione con il carbonio contenuto nelle bricchette.

[Fig. 1]

15

PROCEDIMENTO PER LA RIDUZIONE DIRETTA DI MATERIALE A BASE DI OSSIDO DI FERRO PER LA PRODUZIONE DI ACCIAIO, SPUGNA DI FERRO O GHISA

5 Campo tecnico dell'invenzione

La presente invenzione si riferisce in generale alla tecnologia della riduzione diretta di materiale a base di ossido di ferro, cioè materiale contenente ossido di ferro, per la produzione di acciaio, spugna di ferro o ghisa. Più specificamente, la presente invenzione riguarda un procedimento per la riduzione diretta di materiale a base di ossido di ferro, sotto forma di bricchette ottenute dalla miscelazione di tale materiale con materiale a base di carbonio. Il processo di riduzione degli ossidi di ferro, al fine di ottenere i prodotti sopra indicati, avviene mediante fusione e riduzione (il cosiddetto "smelting") della frazione dell'ossido di ferro contenuto nelle bricchette caricate all'interno di un forno di riduzione provvisto di resistenze elettriche e/o di bruciatori ossi-

10
15 combustibile.

Stato dell'arte

Tutta la produzione mondiale siderurgica, circa 2 miliardi di tonnellate annue, si fonda sulle seguenti due modalità di ottenimento dell'acciaio grezzo: 1) rifusione di rottami di ferro all'interno di forni elettrici ad arco, e 2) riduzione del minerale di ferro all'interno di forni a tino (altoforni) o tramite riduzione diretta in forni a gas naturale e/o idrogeno.

20

I forni elettrici ad arco lavorano prevalentemente con rottami di ferro, la cui qualità decresce ciclo dopo ciclo di rifusione, a causa della progressiva contaminazione metallurgica dei rottami caricati nei forni; è quindi necessario l'utilizzo di rottami puliti ai fini di diluire il bagno metallico di fusione in fusione. D'altra parte, la quantità di rottami di ferro pulito disponibile non è sufficiente a saturare la capacità dei forni e a sostenere quindi la crescita economica mondiale.

25

L'obiettivo prospettico dei prossimi anni sarà quello di produrre acciaio caratterizzato da un'impronta carbonica neutra, ossia senza emissioni nette di anidride carbonica (CO₂). Questo comporterà una maggiore pressione sulla domanda di rottami di ferro, in quanto si tratta della materia prima utilizzata dai forni elettrici, che comportano un'emissione netta di CO₂ significativamente inferiore a quella prodotta dai cicli integrati basati sul combinato tra altoforni e forni convertitori. Di conseguenza, a causa del progressivo aumento di rottame sporco, la quantità di rottame di ferro pulito disponibile non sarà

30

sufficiente a saturare la capacità dei forni e a sostenere quindi la crescita economica mondiale.

In linea prospettica sarà quindi necessario sviluppare processi e tecnologie in grado di produrre materiali ferrosi (acciaio, spugna di ferro, ghisa) in grado di sostituire il rottame nei forni elettrici e contemporaneamente diminuire l'impronta carbonica del processo di estrazione del ferro dai minerali attraverso i processi tradizionali. La produzione di acciaio a partire dal minerale di ferro è comunque una condizione imprescindibile per soddisfare la domanda mondiale, in quanto la produzione da riciclo dei rottami è insufficiente per quantità e inadeguata dal punto di vista qualitativo.

- 5 I principali inconvenienti degli attuali processi di riduzione del minerale di ferro tramite l'utilizzo di forni a tino (altoforni) sono l'elevato costo degli impianti e le elevate emissioni di CO₂ causati dalla produzione del coke e dal suo utilizzo come agente riducente.

- 10 Per tali motivi, la produzione da minerale di ferro si sta muovendo verso un uso maggiore dei processi di riduzione diretta di materiali contenenti ossidi di ferro (preriduzione) che hanno intrinsecamente un inferiore impatto ambientale. Purtroppo, i processi di riduzione diretta attualmente in uso comportano un intensivo consumo di gas naturale e di idrogeno che risultano di difficoltosa reperibilità e quindi estremamente costosi in svariate aree geografiche, rendendo quindi competitiva la produzione di preridotto unicamente in un esiguo numero di Paesi.

- 20 Un altro inconveniente associato agli attuali processi di riduzione diretta è l'elevato costo di realizzazione degli impianti a cui si associa anche l'elevato costo operativo, visto che il funzionamento di tali impianti richiede l'utilizzo di gas naturale, il cui prezzo è notevolmente aumentato negli ultimi tempi, mentre l'impiego di idrogeno prodotto da elettrolisi dell'acqua comporta costi energetici (4,5-5 kWh per m³ di idrogeno prodotto) e consumi di acqua dolce che non sono compatibili con una significativa diminuzione dell'impatto ambientale dei processi produttivi.

- 25 Quanto al problema delle emissioni di CO₂, occorre considerare che la produzione di acciaio mediante processi di riduzione diretta basati sull'utilizzo di carbone genera circa 2,5 t di CO₂ per ogni t di acciaio prodotto, mentre la produzione di acciaio mediante processi di riduzione diretta basati sull'utilizzo di gas naturale genera circa 0,77 t di CO₂ per ogni t di acciaio prodotto. Oltre che essere la principale causa dei cambiamenti climatici in corso, l'emissione di grandi quantità di CO₂ in atmosfera comporta costi aggiuntivi per i produttori di acciaio legati alla cosiddetta tassa sul carbonio ("carbon tax"), i quali costi aggiuntivi possono essere quantificati in alcune decine di Euro per t di

CO₂ prodotta. Il costo prospettico per la quota di emissione di CO₂ nei prossimi anni si aggirerà intorno ai 70-80 € per t di CO₂ prodotta, con un possibile ulteriore aumento ai fini di incentivare la decarbonizzazione dei settori "hard to abate", come per l'appunto quello siderurgico.

- 5 Esempi di procedimenti per la riduzione diretta di materiale a base di ossido di ferro sono noti dai documenti di seguito discussi.

US6409964B1 descrive un procedimento per la produzione di pellet con sufficiente resistenza meccanica a caldo e freddo da utilizzare come materiale di carica per forni di riduzione diretta. Il pellet è ottenuto a partire da materiale a base di ferro proveniente dai
10 processi siderurgici (principalmente minerale di ferro in pezzatura) e da materiale carbonioso, legati insieme mediante un legante ad alto contenuto di allumina idrata.

Il pellet richiede, a causa del processo di pellettizzazione stesso, un significativo consumo di acqua e gas naturale, nonché l'utilizzo di particolato fine come materiale di partenza, il che comporta l'utilizzo e la manutenzione di onerosi impianti di
15 depolverazione. La presenza di tali polveri fini pone però un rischio a livello di salute umana nel caso in cui durante lo stoccaggio, la movimentazione e la pellettizzazione esse vengano disperse nell'ambiente.

Il brevetto US6409964B1 punta a risolvere questo inconveniente adottando particolato di ossido di ferro di granulometria tra 0,1 e 6 mm e riducendo al minimo la frazione con
20 granulometria inferiore a 0,1 mm. Questo però costringe all'uso di minerale in pezzatura controllata che deriva da appositi processi di preparazione e trattamento, limitando di fatto la possibilità di utilizzare scarti e sottoprodotti del processo siderurgico (o di altri processi metallurgici) in quanto tipicamente hanno granulometrie eccessivamente più fini (< 0,01 mm).

25 Il brevetto US6409964B1 indica genericamente anche l'utilizzo di bricchette, in alternativa al pellet, senza tuttavia fornire indicazioni specifiche sulla natura e le caratteristiche di tali aggregati, in particolare sulla tipologia di leganti utilizzati per consolidare le bricchette.

WO2021/237281A1 descrive un procedimento per la produzione di bricchette per
30 processi di riduzione diretta, in cui le bricchette sono fatte di minerale di ferro e lignocellulosa, con percentuali in peso rispettivamente pari almeno al 55% e almeno al 30%, hanno volume compreso tra 5 e 20 cm³, e presentano una resistenza a compressione maggiore di 500 N (prima dei processi di riduzione).

WO2021/184078A1 descrive un procedimento e un impianto per la produzione di ferro

preridotto (comunemente noto con l'acronimo DRI, da Direct Reduced Iron) mediante riscaldamento di bricchette di minerale ferroso e biomassa in un forno statico tramite combustione di gas (miscela di aria/ossigeno avente percentuale di ossigeno superiore al 25%, temperatura compresa tra 700 e 1100°C e mantenimento di 10-100 h), con metallizzazione del prodotto compresa tra l'80 e il 99%.

I procedimenti noti da WO2021/237281A1 e WO2021/184078A1 richiedono come materiale di partenza il minerale di ferro, il che limita evidentemente la circolarità di tali procedimenti. Al contempo, le biomasse utilizzate in tali procedimenti noti comportano un aumento della frazione umida nelle bricchette prodotte. Tale frazione umida, seppur considerabile come chimicamente ininfluyente nel complesso, porta comunque ad un aumento dell'energia richiesta per la fusione delle bricchette, in quanto si aggiunge l'energia necessaria all'evaporazione della frazione umida, e causa anche una diminuzione delle cinetiche di reazione a parità di potenza erogata.

Per i motivi sopra esposti, è evidente che tali procedimenti noti non permettono di raggiungere l'obiettivo dell'abbattimento totale della CO₂ prodotta.

Sommario dell'invenzione

Scopo della presente invenzione è fornire un procedimento per la riduzione diretta di materiale a base di ossido di ferro, mediante fusione all'interno di un forno di riduzione di bricchette ottenute dalla miscelazione di tale materiale con materiale a base di carbonio, che permetta di ridurre le emissioni di CO₂ in atmosfera e che risulti economicamente più vantaggioso rispetto alla tecnica nota sopra discussa.

Questo e altri scopi sono pienamente raggiunti secondo la presente invenzione grazie a un procedimento come definito nell'annessa rivendicazione indipendente 1.

Ulteriori caratteristiche vantaggiose dell'invenzione formano oggetto delle rivendicazioni dipendenti, il cui contenuto è da intendersi come parte integrante della presente descrizione.

In sintesi, l'invenzione si fonda sull'idea di utilizzare un forno di riduzione provvisto di resistenze elettriche e/o bruciatori ossi-combustibile per riscaldare bricchette, che sono fatte di un primo materiale a base di ossido di ferro, di un secondo materiale a base di carbonio comprendente biocarbone ottenuto da materia prima biogenica e di un terzo materiale con funzione di legante, a una temperatura compresa tra 1380°C e 1536°C, preferibilmente una temperatura compresa tra 1400°C e 1450°C, in modo da permettere la fusione degli ossidi di ferro contenuti nelle bricchette e la riduzione di tali ossidi tramite

reazione con il carbonio contenuto nelle bricchette stesse.

Grazie a tale soluzione, è possibile ridurre l'ossido di ferro a ferro metallico e portarlo a fusione, senza l'impiego preponderante o completo di agenti riducenti ottenuti da fonti fossili, con alti rendimenti dovuti all'impiego dell'energia elettrica come fonte termica oppure mediante bruciatori ossi-combustibile alimentati da biometano e/o idrogeno e/o gas naturale, generando una minima quantità di scoria e una ridotta impronta carbonica grazie all'origine biogenica dei carboni (con funzione di agente riducente) impiegati nella produzione delle bricchette.

10 Breve descrizione delle figure

Ulteriori caratteristiche e vantaggi della presente invenzione risulteranno più chiaramente dalla descrizione che segue, fornita a puro titolo di esempio non limitativo con riferimento ai disegni annessi, in cui le figure 1 e 2 sono rispettivamente una vista frontale e una vista laterale che mostrano schematicamente un forno di riduzione facente parte di un impianto per la riduzione diretta di materiale a base di ossido di ferro secondo una forma di realizzazione della presente invenzione.

Descrizione dettagliata

Il procedimento secondo la presente invenzione si basa sull'idea di fondere, all'interno di un forno di riduzione, bricchette ottenute dalla miscelazione di materiale a base di ossido di ferro e di materiale a base di carbonio.

Come materiale a base di ossido di ferro possono essere utilizzati minerali ferrosi di varia origine e qualità presenti naturalmente in miniera (quale in particolare ematite, cioè Fe_2O_3) e/o i principali sottoprodotti dei processi di produzione e lavorazione dell'acciaio (ad esempio fanghi d'altoforno, scaglie di laminazione, forgiatura o trafilatura e sottoprodotti oleosi). Ai fini della circolarità del sistema, è preferibile utilizzare, al posto di minerali di ferro, o quanto meno come materiale a base di ferro prevalente rispetto ai minerali di ferro, sottoprodotti dei processi di produzione e lavorazione dell'acciaio, quali in particolare scaglie di laminazione, forgiatura o trafilatura, eventualmente integrandoli con altri materiali di risulta.

È inoltre possibile utilizzare minerali di ferro altrimenti non idonei al caricamento in altoforni o preriduttori, dato che - come risulterà chiaro dalla descrizione che segue - il procedimento secondo l'invenzione non lavora in forni con sviluppo verticale e non richiede elevata resistenza meccanica del minerale di ferro o del carbone utilizzati. Infatti,

per quanto riguarda il carbone, nel caso di forni con elevato sviluppo verticale (ad es. cubilotti e altoforni) il materiale caricato deve presentare caratteristiche di resistenza allo schiacciamento che evitino il collasso strutturale della carica durante la discesa nel forno; in particolare tale ruolo è coperto dal carbon coke che deve mostrare adeguate

5 caratteristiche di resistenza allo schiacciamento e non deve essere caratterizzato da un'eccessiva reattività che comporti un consumo prematuro nella parte alta di tali forni. Nel procedimento secondo la presente invenzione, invece, i carboni utilizzati non devono presentare particolari caratteristiche meccaniche. Inoltre, non vi sono limitazioni circa il

10 tasso di reattività chimica dei carboni utilizzabili nel procedimento secondo la presente invenzione. Per quanto concerne il minerale di ferro, quello caricato negli altoforni deve essere sotto forma di materiale sinterizzato oppure in forma di pellets, che non devono disgregarsi a formare polvere (che diminuirebbe la permeabilità del carica alla risalita del

15 vento) né incollarsi al materiale refrattario del forno o attaccarlo chimicamente; nel caso di preriduttori sono consentiti solo pellets (qualità DRI grades o DRI premium) che non devono disgregarsi a formare polvere (che diminuirebbe la permeabilità della carica alla risalita del vento) né incollarsi al materiale refrattario del preriduttore o attaccarlo chimicamente. Al contrario, il procedimento secondo la presente invenzione non pone

20 restrizioni alla qualità del materiale ferroso che viene agglomerato con il materiale a base di carbonio a formare le bricchette con cui alimentare il forno di riduzione. Il materiale a base di carbonio, utilizzato come agente riducente per la riduzione dell'ossido di ferro, è formato in tutto o in parte da biocarbone, vale a dire carbone di

25 origine biogenica, in particolare biocarbone ottenuto mediante torrefazione di biomasse (eseguita preferibilmente a una temperatura di circa 350°C) e/o biocarbone ottenuto mediante pirolisi di biomasse (eseguita preferibilmente una temperatura di circa 750°C).

30 Il biocarbone potrebbe comunque anche essere biocarbone ottenuto da fanghi fognari o dalle deiezioni di allevamenti animali mediante processi idrotermali, eventualmente accoppiati a successivi processi di pirolisi. Naturalmente, l'utilizzo di biocarbone permette di ridurre l'impatto ambientale del procedimento. Inoltre, il fatto di utilizzare biocarbone pirolizzato e/o biocarbone torrefatto permette di ridurre la quantità di energia

35 richiesta al processo di riduzione e fusione (smelting), nonché di ridurre quantità di materiale a base di carbonio necessario per la riduzione dell'ossido di ferro, essendo l'agente riducente (il carbonio) più concentrato e in una forma più reattiva rispetto all'utilizzo della biomassa. In aggiunta, data la natura chimica dei biocarboni da torrefazione e/o pirolisi, la frazione di zolfo al loro interno è trascurabile, se non nulla, e di conseguenza non è strettamente necessario il processo di desolforazione del bagno

metallico prima dello spillaggio e della solidificazione, il che accorcia il processo rispetto a quello di produzione della ghisa tradizionale. Un ulteriore vantaggio è dovuto alla non necessità di operare all'interno del forno di riduzione con scorie desolforanti, il che permette di ridurre i consumi energetici, essendo questi necessari unicamente per la

5 riduzione e la fusione delle bricchette.

In aggiunta al biocarbone, come materiale a base di carbonio possono anche essere utilizzati, singolarmente o in combinazione, grafite, polverino di coke, biocarbone ottenuto tramite processo idrotermale dei fanghi di purificazione, una miscela di polimeri (ad esempio il cosiddetto plasmix, cioè una miscela di polimeri eterogenei ottenuta dagli

10 scarti della raccolta differenziata dei rifiuti) o una miscela di polimero e alluminio, quest'ultima derivante dalla triturazione di poliaccoppiati multistrato (ad esempio a base di polietilene-carta-alluminio o polietilene-alluminio o comunque polimero-alluminio). Infine, in un'ottica di circolarità economica e di sinergia a livello industriale, è altresì possibile utilizzare, in aggiunta al biocarbone, rifiuti che ricadono nelle classificazioni

15 CER160304 e CER161102.

Il rapporto in peso, indicato nel seguito con l'espressione $x(\text{FeO}_x)/x(\text{C})$, tra il materiale a base di ossido di ferro e il materiale a base di carbonio per la formazione delle bricchette deve essere contenuto nell'intervallo da 1,2 a 4,6.

Le bricchette contengono, in aggiunta al materiale a base di ossido di ferro e al materiale

20 a base di carbonio, un legante con funzione di garantire l'agglomerazione delle bricchette, assicurando valori di resistenza meccanica (almeno superiori a 4 MPa, preferibilmente superiori a 10 MPa) adeguati allo stoccaggio e/o alla movimentazione delle bricchette. La quantità di legante corrisponde preferibilmente al 5-10% in peso della miscela di materiali di cui sono fatte le bricchette. Preferibilmente il legante è di materiale

25 organico, in particolare materiale organico di natura biogenica (ad esempio amido di mais, amido di patata e/o amido di riso, melassa, gomma arabica), ma in alternativa potrebbe anche essere un materiale organico di sintesi (ad esempio un polimero termoplastico) o con solvente a base non acquosa. L'utilizzo di tali leganti porta ai seguenti principali vantaggi durante il processo di smelting delle bricchette: 1) l'assenza

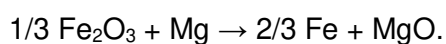
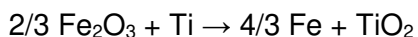
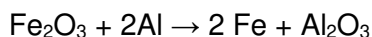
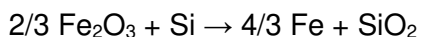
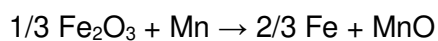
30 di elementi chimici che porterebbero alla formazione di scoria sopra il bagno metallico, 2) l'aumento dell'efficienza di riduzione degli ossidi, a seguito della generazione di monossido di carbonio e idrogeno, e 3) come conseguenza al secondo punto, una diminuzione delle emissioni reali di CO_2 in proporzione alla quantità di idrogeno generata. Inoltre, anche gli atomi di carbonio e idrogeno del legante organico possono

35 partecipare al processo di riduzione.

La tabella sottostante riporta alcuni esempi di composizione di bricchette, nei quali il materiale a base di ossidi di ferro è formato da scaglia di laminazione.

Riducete	Peso bricchetta (g)	$x(\text{FeO}_x)/x(\text{C})$	Legante (%) (amido, melassa o gomma arabica)	Biocarbone (g)
Biocarbone da processo idrotermale	10	2,99	5	2,4
Biocarbone da pirolisi (350°C)	10	3,74	7,5	1,96
Biocarbone da pirolisi (750°C)	10	4,44	10	1,97
Biocarbone da torrefazione (350°C)	10	4,1	5	1,86

- 5 Il biocarbone può essere parzialmente sostituito, oltre che da frazioni di carbonio di natura inorganica o da materiali polimerici, come sopra spiegato, anche da residui metallici (ad es. Mn, Si, Al, Ti, Ca, Mg) che possano svolgere un'azione riducente sugli ossidi di ferro. Il rapporto stechiometrico deve comunque garantire che vi siano atomi sufficienti di agente riducente da consentire la rimozione completa degli atomi di ossigeno combinati con il ferro, secondo le seguenti reazioni:



La produzione delle bricchette viene eseguita attraverso i seguenti passi.

Innanzitutto, vengono miscelati insieme il materiale a base di ossido di ferro e il materiale a base di carbonio con morfologia granulometrica di dimensione inferiore ai 500 μm . Qualora il materiale di partenza abbia una distribuzione granulometrica di dimensioni
5 maggiori, esso viene preventivamente sottoposto a macinazione e/o frantumazione in modo da ridurne le dimensioni al di sotto del limite dei 500 μm . A seguito della miscelazione viene aggiunto il legante e la miscela così ottenuta viene inserita in un apposito stampo per l'ottenimento di bricchette della forma e delle dimensioni desiderate. Al fine di massimizzare l'efficienza di mescolamento ed ottenere quindi una miscela il più
10 omogenea possibile, si può prevedere l'utilizzo di mescolatori meccanici.

La geometria finale della bricchetta può essere di varia forma (ad esempio cilindrica, "a cuscino", sferica) e di varie dimensioni al fine di soddisfare le esigenze dimensionali e meccaniche per il corretto stoccaggio e la corretta movimentazione del prodotto.

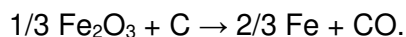
Nel caso di utilizzo di legante organico, il processo di produzione delle bricchette viene
15 eseguito a temperatura ambiente e le bricchette così ottenute vengono lasciate in ambiente areato al fine di far evaporare l'acqua in eccesso, utilizzata per la gelatinizzazione del legante, per una durata di circa 14 giorni, o in alternativa possono essere inserite in un forno a muffola a 105°C per un tempo di 24h.

Sebbene sia possibile utilizzare granulometrie di dimensione variabile per l'ottenimento
20 delle resistenze meccaniche necessarie, i valori meccanici più elevati sono stati riscontrati nel caso in cui la frazione in peso maggiore (cioè il materiale a base di ossido di ferro) abbia una granulometria superiore (in particolare compresa tra 63 μm e 125 μm) rispetto a quella del materiale a base di carbonio (in particolare una granulometria minore di 63 μm).

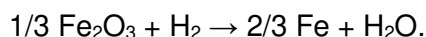
Le bricchette così prodotte possono essere stoccate e movimentate in un secondo sito
25 o utilizzate presso il sito di bricchettazione stesso, per la produzione ghisa e/o spugna di ferro e/o acciaio liquido, nel caso in cui il forno di riduzione sia installato presso il sito di bricchettazione. Questa seconda opzione è preferibile in quanto, riducendo al minimo la distanza che le bricchette devono percorrere per essere trasportate dal sito di
30 produzione al sito di utilizzazione, permette di ridurre l'impatto ambientale totale del processo, in termini sia di emissioni di sostanze inquinanti sia di produzione di CO₂.

Come detto in precedenza, le bricchette così ottenute vengono quindi immesse in un forno di riduzione, dove vengono portate a una temperatura compresa tra 1380°C e 1536°C, preferibilmente una temperatura compresa tra 1400°C e 1450°C, in modo da

permettere la fusione degli ossidi di ferro in esse contenuti e la riduzione di tali ossidi tramite reazione con il carbonio contenuto nelle bricchette (oltre che eventuale ulteriore carbonio iniettato all'interno del forno). Nello specifico, la riduzione tra gli ossidi di ferro fusi e il carbonio avviene secondo la seguente reazione, già precedentemente menzionata:



Inoltre, nel caso di utilizzo di materiale organico come legante per la produzione delle bricchette e/o nel caso in cui il materiale a base di carbonio di cui sono fatte le bricchette contenga polimeri (siano essi sintetici o naturali), anche l'idrogeno contenuto in tali materiale può agire come agente riducente per la riduzione degli ossidi di ferro, secondo la seguente reazione:



Nel caso poi in cui le bricchette contengano anche residui metallici (ad es. Mn, Si, Al, Ti, Ca, Mg) in grado di svolgere un'azione riducente sugli ossidi di ferro, allora la riduzione degli ossidi di ferro avverrà anche per effetto di tali residui metallici, secondo le reazioni precedentemente indicate.

Un esempio di forno di riduzione utilizzabile per l'attuazione della presente invenzione è schematicamente mostrato nelle figure 1 e 2, dove è indicato nel suo complesso con 10. Con riferimento a tali figure, il forno di riduzione 10 si differenzia dai convenzionali forni a tino (altoforni) per il fatto di svilupparsi prevalentemente in orizzontale, invece che in verticale. Ciò permette di utilizzare bricchette aventi una bassa resistenza alla compressione, ad es. dell'ordine di 10 MPa, dato che non è presente nel forno una stratificazione della carica che grava con la sua massa sugli strati sottostanti a contatto con la fase liquida. Questo implica assoluta libertà nell'approvvigionamento del materiale a base di ossido di ferro (che può essere anche materiale di bassa qualità), nonché del materiale a base di carbonio (che può anche essere materiale in forma pulverulenta) e quindi rende il processo sostanzialmente indipendente dalla qualità della materia prima.

Data la natura del processo, che prevede la formazione di un bagno fuso, le pareti e il bacino del forno di riduzione 10 devono essere fatte di materiali refrattari capaci di resistere, durante il periodo di esercizio, alla corrosione e all'erosione fluidodinamica (effetto Marangoni). In particolare, in base alla presenza o meno di scoria al di sopra del bagno fuso, è preferibile l'utilizzo di materiale refrattario rivestito con carbonio grafitizzato o di mattoni in carburo di silicio con legante grafitico, similmente a quanto utilizzato nei moderni altoforni, o ancora di materiale a base di allumina e/o mullite legato con SiAlON,

tradizionalmente utilizzato nei bacini degli altoforni.

Il forno di riduzione 10 funziona mediante resistenze elettriche 12, che possono essere resistenze elettriche in carburo di silicio (SiC) e/o resistenze elettriche in disiliciuro di molibdeno (MoSi_2) e/o resistenze elettriche in grafite (nel caso in cui sia presente all'interno del forno di riduzione un'atmosfera controllata a bassa concentrazione di ossigeno, e precisamente con pressione parziale di ossigeno inferiore a 0,05 atm). Preferibilmente, le resistenze elettriche 12 sono alimentate con corrente elettrica proveniente da fonti rinnovabili, in modo da ridurre - sino addirittura ad annullare - l'impronta carbonica del procedimento.

10 In alternativa, o in aggiunta, alle resistenze elettriche 12, il forno di riduzione può essere provvisto di uno o più bruciatori ossi-combustibile 14, alimentati con idrogeno, biometano o gas naturale o una miscela di tali gas. Tali bruciatori possono essere posizionati in modo da risultare sommersi nella soluzione fusa durante il funzionamento, al fine di aumentare l'efficienza energetica. Sempre al fine di aumentare l'efficienza energetica, è
15 vantaggiosamente previsto che il forno di riduzione sfrutti il calore di combustione derivante dal recupero dei gas (principalmente CO) presenti nel sito di produzione e lavorazione dell'acciaio. In aggiunta o in alternativa, il CO prodotto all'interno del forno per effetto della reazione di riduzione può essere sfruttato, grazie alla sua post-combustione, per diminuire l'energia erogata al forno di riduzione. I bruciatori ossi-combustibile 14 possono essere utilizzati in modalità lancia ad ossigeno per la
20 decarburazione in-situ della ghisa e la produzione di acciaio.

Sempre con riferimento alle figure 1 e 2, il forno di riduzione 10 presenta una porta di alimentazione 16 per l'alimentazione delle bricchette, un foro di spillaggio 18 per l'uscita della massa metallica fusa e uno o più setti porosi 20 per l'insufflazione di gas inerte con
25 cui consentire il rimescolamento della frazione liquida e quindi migliorare la cinetica e l'omogeneizzazione delle masse liquide. Il miglioramento della cinetica comporta un miglioramento della produttività del processo.

Al fine di favorire la cinetica delle reazioni di riduzione e l'omogeneizzazione termica e chimica del bagno fuso all'interno del forno, è inoltre possibile dotare il bacino del forno di agitatori elettromagnetici (non mostrati nelle figure, ma comunque di tipo per sé noto)
30 di tipo rotativo posti sul fondo del forno e/o di tipo lineare posti sulle pareti del forno.

Qualora a seguito della riduzione vi fossero degli ossidi non ridotti (prevalentemente o completamente formati da metalli diversi dal ferro, ad es. MnO , SiO_2 , Al_2O_3 ecc.), essi si porteranno al di sopra del pelo libero dell'acciaio liquido o della ghisa formate nel

processo di fusione e riduzione a causa dell'inferiore densità di questi ossidi rispetto alla ghisa e all'acciaio. La rimozione di tali ossidi potrà quindi avvenire agevolmente in quanto essi formeranno una scoria al di sopra del bagno liquido. Nel caso il carbonio presente non fosse sufficiente a formare la ghisa e si formasse spugna di ferro o spugna di ferro carburata, gli ossidi resteranno intrappolati nella massa e verranno successivamente separati durante la fusione della spugna di ferro o spugna di ferro carburata, che potrà avvenire o nel forno di riduzione mediante un innalzamento della temperatura almeno sopra 1536°C oppure in un forno successivo a cui verrà conferita la spugna di ferro stessa; a seguito della fusione della spugna di ferro gli ossidi formati si porteranno al di sopra del pelo libero della massa metallica fusa a formare una scoria separata dalla massa metallica.

L'ambiente gassoso all'interno del forno di riduzione può essere formato da aria ambiente, da Ar (argon), da miscele di Ar e CO₂, da miscele di N₂ e CO₂, da miscele di N₂, CO e CO₂, da CO₂, o da miscele di CO e CO₂. Nello specifico, la miscela gassosa all'interno del forno viene adattata in funzione della disponibilità e del costo di tali gas. Inoltre, in base al materiale carbonioso utilizzato come riducente è possibile selezionare una di tali miscele al fine di massimizzare l'attività del carbonio per la riduzione dell'ossido di ferro. Ad esempio, nel caso di biocarbone con basse concentrazioni di carbonio fisso è preferibile l'uso di un gas costituito principalmente da miscele Ar e/o N₂ e/o CO₂ arricchite con CO, mentre nel caso di biocarbone con alte concentrazioni di carbonio fisso è preferibile l'utilizzo di aria ambiente.

Alla luce della descrizione sopra fornita, risultano evidenti i vantaggi conseguibili con la presente invenzione.

Oltre a contribuire alla riduzione dei costi di produzione, l'invenzione in oggetto ha anche il grandissimo vantaggio di poter essere realizzata attraverso impianti molto più limitati a livello dimensionale e molto meno costosi rispetto a quanto oggi presente sul mercato mondiale. Inoltre, l'invenzione permette di ridurre, sino addirittura ad annullare, l'impronta carbonica del ciclo di produzione dell'acciaio, della spugna di ferro o della ghisa, rendendo così pienamente sostenibile il processo non solo dal punto di vista economico ma anche dal punto di vista ambientale.

La presente invenzione è stata fin qui descritta con riferimento a sue modalità di attuazione preferite. È da intendersi tuttavia che possono essere previste altre modalità di attuazione del procedimento della presente invenzione, che condividono con quelle qui descritte il medesimo nucleo inventivo, come definito dalle annesse rivendicazioni.

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per la riduzione diretta di materiale a base di ossido di ferro per la produzione di acciaio, spugna di ferro o ghisa, il procedimento comprendendo i passi di:
- 5 a) produrre bricchette fatte di un primo materiale a base di ossido di ferro, di un secondo materiale a base di carbonio e di un terzo materiale con funzione di legante, in cui detto secondo materiale comprende biocarbone; e
- b) fondere le bricchette così ottenute all'interno di un forno di riduzione (10) provvisto di resistenze elettriche (12) e/o di almeno un bruciatore ossi-combustibile (14), a una
- 10 temperatura compresa tra 1380°C e 1536°C, preferibilmente una temperatura compresa tra 1400°C e 1450°C, in modo da permettere la fusione degli ossidi di ferro contenuti nelle bricchette e la riduzione degli ossidi di ferro tramite reazione con il carbonio contenuto nelle bricchette.
2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, in cui il rapporto in peso tra detto primo
- 15 materiale e detto secondo materiale è compreso nell'intervallo 1,2 a 4,6.
3. Procedimento secondo la rivendicazione 1 o la rivendicazione 2, in cui il primo materiale comprende minerali ferrosi, in particolare ematite (Fe_2O_3), o sottoprodotti di processi di produzione e lavorazione dell'acciaio, in particolare fanghi d'altoforno, scaglie di laminazione/forgiatura/trafilatura e sottoprodotti oleosi, o una loro combinazione.
- 20 4. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il biocarbone di cui è fatto in tutto o in parte il secondo materiale è biocarbone ottenuto mediante torrefazione di biomasse, eseguita in particolare a una temperatura di 350°C, e/o biocarbone ottenuto mediante pirolisi di biomasse, eseguita in particolare a una temperatura di 750°C.
- 25 5. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il secondo materiale comprende inoltre grafite, polverino di coke, materiali carboniosi di natura inorganica classificati ai codici CER160304 ed CER161102, una miscela di polimeri, una miscela di polimero e metalli riducenti (manganese, silicio, alluminio, titanio, calcio, magnesio) o una loro combinazione.
- 30 6. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il terzo materiale contiene materiale organico, preferibilmente materiale organico di natura biogenica, quale amido di mais, amido di patata, amido di riso, melassa o gomma arabica.
7. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto
- 35 passo b) di fusione delle bricchette viene eseguita con un ambiente gassoso all'interno

del forno di riduzione (10) formato da aria ambiente, da Ar (argon), da miscele di Ar e CO₂, da miscele di N₂ e CO₂, da miscele di N₂, CO e CO₂, da CO₂, o da miscele di CO e CO₂.

- 5 **8.** Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il forno di riduzione (10) utilizzato per lo svolgimento di detto passo b) di fusione delle bricchette è un forno avente pareti fatte di materiale refrattario rivestito di carbonio grafitizzato o fatte di mattoni in carburo di silicio con legante grafítico, o ancora fatte di materiale a base di allumina e/o mullite legato con SiAlON.
- 10 **9.** Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto passo b) di fusione delle bricchette viene eseguito alimentando le resistenze elettriche (12) del forno di riduzione (10) con corrente elettrica proveniente da fonti rinnovabili e/o alimentando detto almeno un bruciatore ossi-combustibile (14) con idrogeno, biometano o gas naturale, o con una miscela di tali gas.
- 15 **10.** Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto passo b) di fusione delle bricchette comprende inoltre l'operazione di insufflare gas inerte all'interno del forno di riduzione (10).

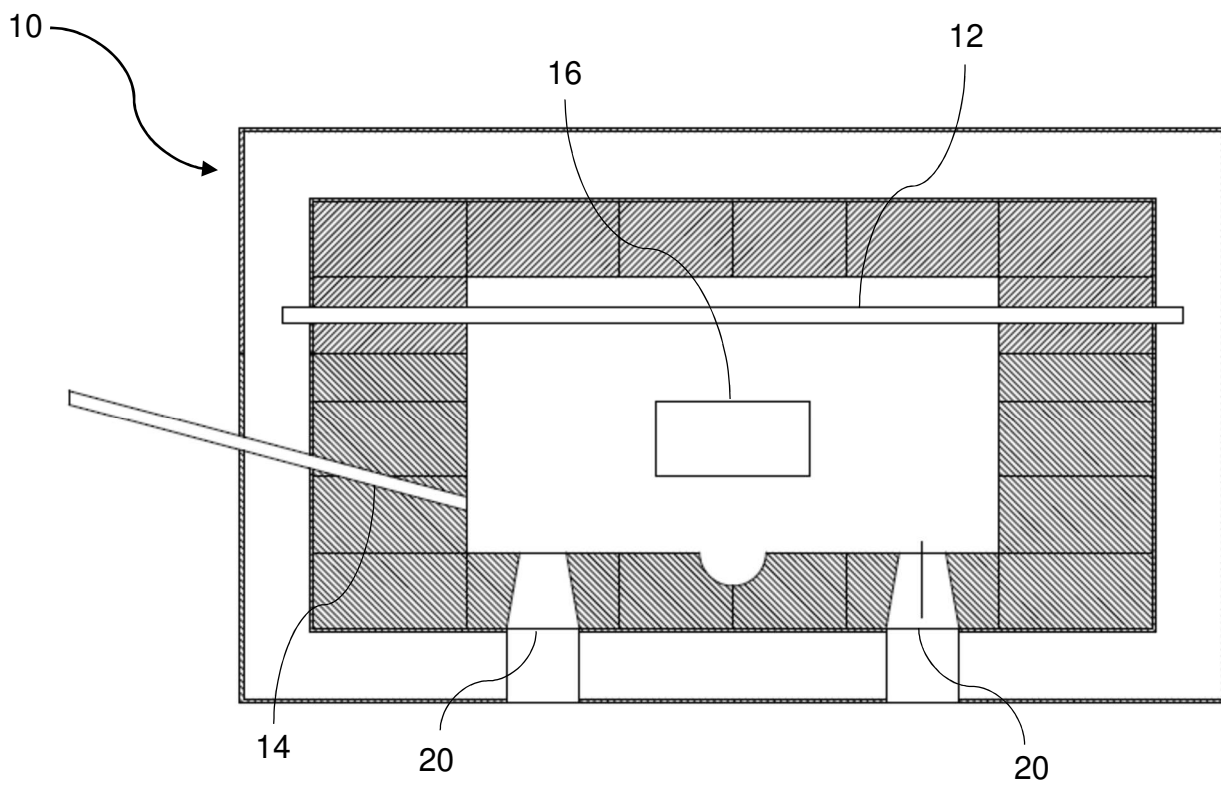


FIG. 1

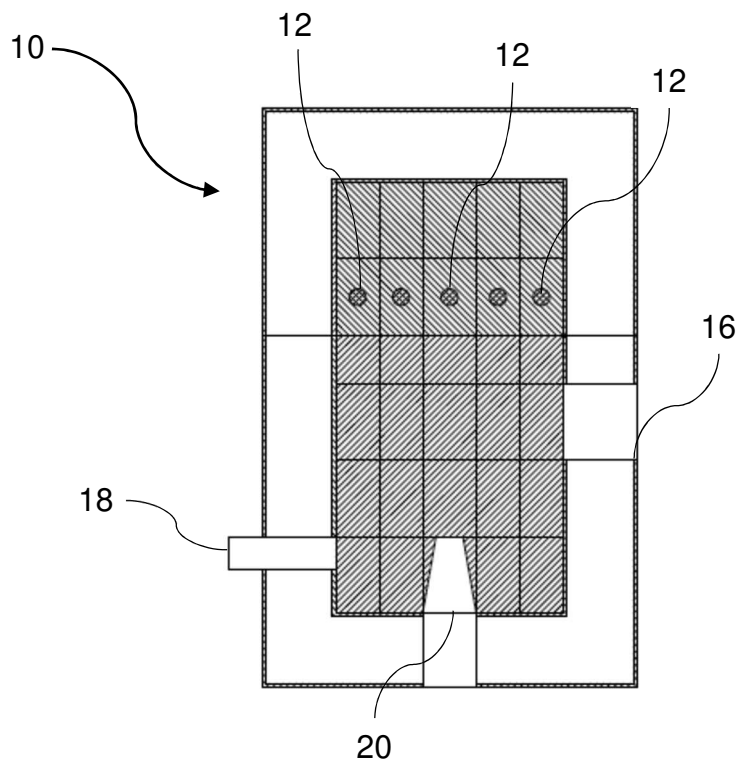


FIG. 2



Ministero dello Sviluppo Economico

DIREZIONE GENERALE SVILUPPO PRODUTTIVO E COMPETITIVITA'-
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

RAPPORTO DI RICERCA

Numero della domanda

IO 120195

IT 202200014527

DOCUMENTI CONSIDERATI DI RILIEVO			
Categoria	Citazione del documento con indicazione, se appropriata, delle parti rilevanti	Rivendicazioni rilevanti	CLASSIFICAZIONE DELLA DOMANDA (IPC)
X	EP 1 996 735 A2 (UNIV MICHIGAN TECH [US]) 3 December 2008 (2008-12-03) * paragraph [0016] - paragraph [0017] * * paragraph [0019] - paragraph [0020] * * paragraphs [0023] - [0027] * * paragraph [0032] * * paragraph [0041] * * claims 1-5, 8-11 * -----	1-10	INV. C21B13/00 C22B1/245
X	WO 2021/214167 A1 (WURTH PAUL SA [LU]) 28 October 2021 (2021-10-28) * paragraph [0005] - paragraph [0008] * * paragraph [0020] - paragraph [0021] * * paragraph [0040] * * paragraph [0048] * * figure 1 * -----	1-10	
A	WO 2022/115024 A1 (HYBRIT DEV AB [SE]) 2 June 2022 (2022-06-02) * figure 1 *	1	
A	DE 10 2012 109284 A1 (VOESTALPINE STAHL GMBH [AT]) 20 March 2014 (2014-03-20) * figure 1 * -----	1	CAMPI TECNICI RICERCATI (IPC) C22B C21B C21C
Questo rapporto di ricerca è stato redatto sulla base di tutte le rivendicazioni			
The Hague		Data di completamento della ricerca 14 February 2023	Esaminatore Peis, Stefano
CATEGORIA DEI DOCUMENTI CITATI X : di particolare rilevanza se considerato singolarmente Y : di particolare rilevanza se combinato con un altro documento della stessa categoria A : informazione generica O : divulgazione orale P : documento intermedio T : teoria o principio alla base dell'invenzione E : documento brevettuale antecedente, ma pubblicato dopo o alla data di deposito D : documento citato nella domanda L : documento citato per altre ragioni & : membro della stessa famiglia di brevetti, documento corrispondente			

1

**ALLEGATO AL RAPPORTO DI RICERCA
SULLA DOMANDA DI BREVETTO ITALIANO N.**

**IO 120195
IT 202200014527**

Questo allegato enumera i membri della famiglia di brevetti relativi a documenti brevettuali citati nel summenzionato rapporto di ricerca.

I membri sono indicati come da database dell'Ufficio Europeo dei Brevetti al **14-02-2023**

L'Ufficio Europeo dei Brevetti non si assume alcuna responsabilità per queste indicazioni, che vengono fornite a solo scopo informativo.

Documenti brevettuali citati nel rapporto di ricerca		Data di pubblicazione	Membri della famiglia di brevetti			Data di pubblicazione
EP 1996735	A2	03-12-2008	AU	2007227635	A1	27-09-2007
			AU	2011201769	A1	12-05-2011
			EP	1996735	A2	03-12-2008
			JP	5729582	B2	03-06-2015
			JP	2009530492	A	27-08-2009
			KR	20080100479	A	18-11-2008
			US	2007209480	A1	13-09-2007
			WO	2007108984	A2	27-09-2007

WO 2021214167	A1	28-10-2021	BR	112022020832	A2	29-11-2022
			EP	4139494	A1	01-03-2023
			KR	20230007426	A	12-01-2023
			LU	101759	B1	25-10-2021
			TW	202208638	A	01-03-2022
			WO	2021214167	A1	28-10-2021

WO 2022115024	A1	02-06-2022	SE	2051376	A1	26-05-2022
			WO	2022115024	A1	02-06-2022

DE 102012109284	A1	20-03-2014	NONE			



Ministero dello Sviluppo Economico

DIREZIONE GENERALE SVILUPPO PRODUTTIVO E COMPETITIVITA' -
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

OPINIONE SCRITTA

N. dossier IO120195	Data di deposito (gg/mm/aa) 11.07.2022	Data di priorità (gg/mm/aa)	N. domanda IT202200014527
Classificazione Internazionale dei Brevetti (IPC) INV. C21B13/00 C22B1/245			
Richiedente ELSAFRA II S.P.A.			

Questa opinione fornisce indicazioni riguardanti i seguenti elementi:

- ☒ Riquadro N. I Base dell'opinione
- ☐ Riquadro N. II Priorità
- ☐ Riquadro N. III Non-redazione di un'opinione a riguardo di novità, attività inventiva e applicazione industriale
- ☐ Riquadro N. IV Violazione del requisito d'unità dell'invenzione
- ☒ Riquadro N. V Dichiarazione motivata a riguardo di novità, attività inventiva o applicazione industriale; citazioni e spiegazioni giustificative della dichiarazione
- ☐ Riquadro N. VI Particolari documenti citati
- ☐ Riquadro N. VII Difetti particolari nella domanda
- ☐ Riquadro N. VIII Osservazioni particolari a riguardo della domanda

	Esaminatore Peis, Stefano
--	------------------------------

OPINIONE SCRITTA

IT202200014527

Riquadro N. I Base dell'opinione

1. Questa opinione è stata redatta sulla base delle ultime rivendicazioni depositate prima dell'inizio della ricerca nella tecnica anteriore.
2. Per quanto concerne eventuali sequenze di nucleotidi e/o amminoacidi descritte nella domanda, questa opinione è stata redatta sulla base di una lista di sequenze:
 - a. ☐ formante parte della domanda al momento del deposito della medesima
 - b. ☐ fornita successivamente alla data di deposito della domanda, al fine della ricerca di anteriorità
☐ accompagnata da una dichiarazione che le informazioni contenute nella lista di sequenze non vanno oltre quelle contenute nella domanda al momento del deposito
3. ☐ Per quanto concerne ogni eventuale sequenza di nucleotidi e/o amminoacidi descritta nella domanda, questa opinione è stata redatta nei limiti in cui un parere significativo possa essere espresso in mancanza di una lista di sequenze in formato conforme allo standard WIPO ST.26.
4. Note aggiuntive:

Riquadro N. V Dichiarazione motivata a riguardo di novità, attività inventiva o applicazione industriale; citazioni e spiegazioni giustificative della dichiarazione

1. 1. Dichiarazione

Novità (N)	Sì:	Rivendicazioni	8-10
	No:	Rivendicazioni	1-7
Attività inventiva (IS)	Sì:	Rivendicazioni	
	No:	Rivendicazioni	1-10
Applicazione industriale (IA)	Sì:	Rivendicazioni	1-10
	No:	Rivendicazioni	

2. 2. Citazioni e spiegazioni

si veda l'allegato

Re Item V.

Relevant Documents

Reference is made to the following documents:

- D1 EP 1 996 735 A2 (UNIV MICHIGAN TECH [US]) 3 December 2008
(2008-12-03)
- D2 WO 2021/214167 A1 (WURTH PAUL SA [LU]) 28 October 2021
(2021-10-28)
- D3 WO 2022/115024 A1 (HYBRIT DEV AB [SE]) 2 June 2022 (2022-06-02)
- D4 DE 10 2012 109284 A1 (VOESTALPINE STAHL GMBH [AT]) 20 March
2014 (2014-03-20)

Novelty

Document D1 describes a method for direct reduction of material containing iron oxides for the production of steel, iron sponge or cast iron. The method comprising the steps of: a) producing briquettes made of a first material containing iron oxides (claim 1), a second material containing carbon and a third material acting as bonding agent (§[0023]), wherein said second material comprises biocarbon (§[0021]); and b) smelting the briquettes thus obtained in a reduction oven provided with electrical resistances, at a temperature comprised between 1380°C and 1536°C (e.g. claim 1 and examples), so as to allow the iron oxides contained in the briquettes to be smelted and reduced by reaction with the carbon contained in the briquettes.

Thus, document D1 discloses all features of independent claim 1. Hence, the subject-matter of independent claim 1 is not new.

The subject-matter of independent claim 1 is not considered to be new with regard to document D2 (see passages cited in the search report).

The subject-matter of dependent claims 2-7 is not new as well, because documents D1 and/or D2 disclose all features of these claims. D1 describes the ratio according to claim 2 (§[0025]), hematite (§[0019]) as first material according to claim 3 and the pyrolysis of biomass to biocarbon according to claims 4-6. (D2: e.g. claim 1).

The subject-matter of dependent claim 7, CO and CO₂ mixtures as furnace atmosphere, is implicitly disclosed in D1 and D2 (implicitly disclosed)

The subject-matter of dependent claims 8-10 seems to be new.

Inventive Step

In dependent claims 8-10 changes are defined which are already known or which come within the scope of the customary practice followed by persons skilled in the art, especially as the advantages thus achieved can readily be foreseen. Consequently, the subject-matter of these claims also lacks an inventive step.

Documents D3 and D4 describe the use of current from renewable sources (figures) according to claim 9.

Milano, 18 marzo 2024

Ministero delle Imprese e del Made in Italy
Direzione Generale per la Tutela della
Proprietà Industriale
Ufficio Italiano Brevetti e Marchi
Via Molise 19
00187 Roma RM

Elsafrà II S.p.A.
Domanda di brevetto per invenzione n. 102022000014527 dell'11 luglio 2022
Ns. Rif.: BI3116M/MDR/mgg

F. de Benedetti
J. de Benedetti
M. Mondolfo
E. Papa

E. Concone
E. D'Amore
M. Delluniversità
C. Germinario
M. Gori
F. Moscone
G. Romano
D. Rondano
A. Soldatini
A. Torrigiani

G. Barbaro
B. Besati
C. Bogna
S. Catalucci
S. Cignozzi
D. Dabergami
M. De Giorgi
C. Del Peschio
G. Demegni
P. Di Giovine
S. Di Marco
M. Hasiow
M. Manfrin
S. Manna
A. Patrono
O. Pelo
G. Perucci
S. Pietri
M. Pozzato
V. Predazzi
S. Santoro
P. Veronesi

Spettabile Ufficio,

si fa con la presente riferimento alla Comunicazione Ministeriale del 1° marzo 2023 emessa in relazione alla domanda di brevetto sopra identificata.

1. Rispetto del termine

Il termine di 3 (tre) mesi dalla scadenza dei 18 mesi di cui all'art. 53, comma 2, CPI scadrà l'11 aprile 2024. La presente replica è quindi depositata entro il termine previsto.

2. Istanza di rettifica della domanda ex Art. 172 CPI

Nel riconsiderare l'oggetto della presente domanda, in particolare in vista della tecnica nota di cui la Richiedente è venuta a conoscenza con il rapporto di ricerca, si sottopone all'attenzione dell'Ufficio una versione modificata delle rivendicazioni.

Con la presente, si formula pertanto istanza per rettificare le rivendicazioni originariamente depositate sostituendole con il nuovo testo unito in allegato. Si allega altresì una stesura modificata delle rivendicazioni ove sono evidenziate le modifiche apportate.

3. Modifiche alle rivendicazioni

La rivendicazione indipendente 1 è stata modificata mediante incorporazione della caratteristica secondo cui il passo a) di produzione delle bricchette viene eseguito a temperatura ambiente. Tale caratteristica trova supporto a pag. 9, r. 14-15, della descrizione come originariamente depositata.

of counsel
G.A. Gripiotti

Roma
Piazza di Pietra, 39
00186 Roma
T +39 06 695441
roma@sib.it

Firenze
Corso dei Tintori, 25
50122 Firenze
T +39 055 263221
firenze@sib.it

Milano
Via Giosuè Carducci, 8
20123 Milano
T +39 02 806331
milano@sib.it

Verona
Stradone San Fermo, 21
37121 Verona
T +39 045 8014990
verona@sib.it

www.sib.com

Società Italiana Brevetti S.p.A. – sede legale: Piazza di Pietra, 39 00186 Roma - Reg. Impr. RM / C.F. 00399970581 – IVA/VAT IT00880811005
Capitale versato Eur 400.400,00 – pol. assic. n./insurance pol. Zurich #109K3121– Arch #PI-68121021M0: Eur 8.500.000,00 per sinistro/per claim
Eur 10.000.000,00 per anno/per year

Inoltre, al fine di rendere la rivendicazione indipendente 1 più chiara e concisa, l'originaria espressione "in modo da permettere la fusione degli ossidi di ferro contenuti nelle bricchette e la riduzione degli ossidi di ferro tramite reazione con il carbonio contenuto nelle bricchette" è stata semplificata in "in modo da permettere la riduzione degli ossidi di ferro contenuti nelle bricchette tramite reazione con il carbonio contenuto nelle bricchette", visto che ciò che interessa ai fini dell'invenzione è l'effetto di riduzione degli ossidi di ferro.

Le rivendicazioni dipendenti dalla 2 alla 10 sono rimaste inalterate.

Alla luce delle precedenti osservazioni, risulta evidente che le modifiche apportate alle rivendicazioni non comportano aggiunta di materia rispetto al contenuto della domanda come originariamente depositata, né un allargamento dell'ambito di protezione richiesto, e sono pertanto da considerare ammissibili.

4. Novità, attività inventiva e applicazione industriale dell'invenzione

Nell'opinione scritta l'Esaminatore ha giudicato priva di novità l'originaria rivendicazione indipendente 1, sia rispetto al documento D1 (= EP1996735) sia rispetto al documento D2 (= WO2021/214167).

Tale giudizio è assolutamente infondato, per i motivi di seguito esposti.

Il documento D1 descrive un procedimento per la riduzione diretta di materiale a base di minerale di ferro in un forno di riduzione, in cui il materiale a base di minerale di ferro è miscelato con un materiale riducente a formare bricchette o pellet. Tale documento ha come obiettivo quello di fornire una nuova composizione e un nuovo procedimento per la produzione di ferro metallico da minerale di ferro che non richiedano carbone, carbone vegetale o coke e per raggiungere tale obiettivo propone di utilizzare come materiale riducente un materiale sostanzialmente privo di carbonio libero, in particolare biomassa. Come biomassa vengono proposti ad esempio i seguenti materiali: carta, cellulosa, legno sminuzzato, farina di grano, farina di granoturco, erba tagliata, ecc. Tale documento non anticipa quindi il concetto di utilizzare bricchette contenenti un materiale a base di carbonio, come specificato nella rivendicazione indipendente 1 della presente domanda.

Il documento D2 descrive un procedimento per fabbricare bricchette da utilizzare come materiale con cui alimentare forni di riduzione per la produzione di acciaio. Le bricchette contengono materiale a base di ferro, preferibilmente minerale di ferro, e biomassa pirolizzata, preferibilmente carbone vegetale (o biocarbone), e sono ottenute mediante processo di sinterizzazione, cioè mediante processo di formatura o agglomerazione ad alta temperatura (> 900°C). Al contrario, il procedimento oggetto della rivendicazione indipendente 1 della presente domanda prevede che la formatura delle bricchette avvenga a temperatura ambiente.

Di conseguenza, la rivendicazione indipendente 1 qui proposta è nuova rispetto sia al documento D1 sia al documento D2.

La soluzione proposta dal documento D1 comporta che le bricchette che vengono ottenute siano caratterizzate da un elevato grado di umidità, data l'elevata quantità di acqua contenuta nella biomassa utilizzata per la produzione delle bricchette. Un inconveniente legato all'elevato grado di umidità delle bricchette è il fatto che durante il processo di riduzione le bricchette tendono a frantumarsi a causa della formazione di vapore, con conseguente maggiore dispersione di polveri e diminuzione della qualità del materiale da utilizzare nel successivo processo fusorio. Inoltre, il documento D1 si pone come obiettivo proprio quello di evitare l'uso di "*charcoal, coal or coke*", dunque fornisce un insegnamento opposto a quello della presente invenzione. Pertanto, il tecnico del ramo che partisse da tale documento non avrebbe alcun incentivo a sostituire le biomasse con biocarbone. Ne consegue che il procedimento definito nella rivendicazione indipendente 1 qui proposta è non solo nuovo, ma anche dotato di altezza inventiva rispetto al documento D1.

Per quanto concerne il documento D2, secondo tale soluzione nota il biocarbone contenuto nella miscela di materiale con cui sono realizzate le bricchette funge da combustibile per il processo di sinterizzazione e dunque permette di raggiungere lo scopo di eseguire il processo di sinterizzazione con un minore consumo di combustibili fossili. L'utilizzo di un processo di sinterizzazione per la fabbricazione delle bricchette ha come conseguenza il fatto che le bricchette così ottenute sono del tutto prive di biocarbone, in quanto tale materiale è stato consumato durante il processo di sinterizzazione per agglomerare il minerale di ferro contenuto nella miscela iniziale. Pertanto, per la produzione di acciaio sarà necessario caricare introdurre nel forno, insieme alle bricchette, anche un agente riducente, in particolare coke nel caso di un altoforno, gas naturale e/o syngas e/o idrogeno nel caso di un forno di riduzione diretta, carbonio nel caso di un forno elettrico.

Al contrario, il fatto che nel procedimento secondo la presente domanda le bricchette vengano prodotte a temperatura ambiente, dunque senza riscaldamento, comporta che quando le bricchette vengono caricate nel forno di riduzione esse contengano ancora biocarbone. Pertanto, il biocarbone contenuto nelle bricchette può reagire con gli ossidi di ferro, riducendoli, senza che sia necessario introdurre nel forno, oltre alle bricchette, anche agenti riducenti, quali ad esempio coke, gas naturale, syngas, idrogeno o carbonio. Il procedimento qui proposto risulta pertanto economicamente molto più conveniente rispetto a quello descritto nel documento D2.

Il tecnico del ramo che partisse dal documento D2 non avrebbe alcun incentivo da tale documento a sostituire il processo di formatura per sinterizzazione delle bricchette con un processo a temperatura ambiente, né sarebbe incentivato a prendere in considerazione il documento D1, visto che - come spiegato sopra - tale documento si propone di evitare l'uso di "*charcoal, coal or coke*" e dunque fornisce un insegnamento

opposto sia a quello della presente invenzione sia a quello del documento D2.

Di conseguenza, la nuova rivendicazione indipendente 1 qui proposta deve essere considerata non solo nuova, ma anche inventiva, rispetto allo stato dell'arte citato nel rapporto di ricerca.

Dal momento che la nuova rivendicazione 1 è nuova e inventiva, anche le nuove rivendicazioni da 2 a 10, che dipendono tutte - direttamente o indirettamente - dalla nuova rivendicazione 1, sono a maggior ragione nuove e inventive.

5. Richiesta

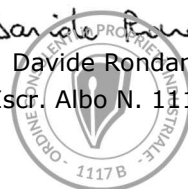
Alla luce delle modifiche proposte e delle considerazioni sopra esposte, si ritiene che il procedimento oggetto della presente domanda possieda i requisiti previsti dalla legge per un valido brevetto per invenzione industriale. Si richiede pertanto rispettosamente a codesto Ufficio di voler concedere il brevetto, accogliendo la contestuale istanza di rettifica della domanda.

Con osservanza.

SOCIETÀ ITALIANA BREVETTI

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Davide Rondano', is written over a circular official stamp.

Davide Rondano
(Iscr. Albo N. 1117B)



All.

- **rivendicazioni modificate**
- **rivendicazioni con modifiche evidenziate**

RIASSUNTO

E' descritto un procedimento per la riduzione diretta di materiale a base di ossido di ferro per la produzione di acciaio, spugna di ferro o ghisa, comprendente i passi di: a) produrre
5 bricchette fatte di un primo materiale a base di ossido di ferro, di un secondo materiale a base di carbonio e di un terzo materiale con funzione di legante, in cui detto secondo materiale comprende biocarbone; e b) fondere le bricchette così ottenute all'interno di un forno di riduzione (10) provvisto di resistenze elettriche (12) e/o di almeno un bruciatore ossi-combustibile (14), a una temperatura compresa tra 1380°C e 1536°C,
10 preferibilmente una temperatura compresa tra 1400°C e 1450°C, in modo da permettere la fusione degli ossidi di ferro contenuti nelle bricchette e la riduzione degli ossidi di ferro tramite reazione con il carbonio contenuto nelle bricchette.

[Fig. 1]

15

PROCEDIMENTO PER LA RIDUZIONE DIRETTA DI MATERIALE A BASE DI OSSIDO DI FERRO PER LA PRODUZIONE DI ACCIAIO, SPUGNA DI FERRO O GHISA

5 Campo tecnico dell'invenzione

La presente invenzione si riferisce in generale alla tecnologia della riduzione diretta di materiale a base di ossido di ferro, cioè materiale contenente ossido di ferro, per la produzione di acciaio, spugna di ferro o ghisa. Più specificamente, la presente invenzione riguarda un procedimento per la riduzione diretta di materiale a base di ossido di ferro, sotto forma di bricchette ottenute dalla miscelazione di tale materiale con materiale a base di carbonio. Il processo di riduzione degli ossidi di ferro, al fine di ottenere i prodotti sopra indicati, avviene mediante fusione e riduzione (il cosiddetto "smelting") della frazione dell'ossido di ferro contenuto nelle bricchette caricate all'interno di un forno di riduzione provvisto di resistenze elettriche e/o di bruciatori ossi-

10
15 combustibile.

Stato dell'arte

Tutta la produzione mondiale siderurgica, circa 2 miliardi di tonnellate annue, si fonda sulle seguenti due modalità di ottenimento dell'acciaio grezzo: 1) rifusione di rottami di ferro all'interno di forni elettrici ad arco, e 2) riduzione del minerale di ferro all'interno di forni a tino (altoforni) o tramite riduzione diretta in forni a gas naturale e/o idrogeno.

20

I forni elettrici ad arco lavorano prevalentemente con rottami di ferro, la cui qualità decresce ciclo dopo ciclo di rifusione, a causa della progressiva contaminazione metallurgica dei rottami caricati nei forni; è quindi necessario l'utilizzo di rottami puliti ai fini di diluire il bagno metallico di fusione in fusione. D'altra parte, la quantità di rottami di ferro pulito disponibile non è sufficiente a saturare la capacità dei forni e a sostenere quindi la crescita economica mondiale.

25

L'obiettivo prospettico dei prossimi anni sarà quello di produrre acciaio caratterizzato da un'impronta carbonica neutra, ossia senza emissioni nette di anidride carbonica (CO₂). Questo comporterà una maggiore pressione sulla domanda di rottami di ferro, in quanto si tratta della materia prima utilizzata dai forni elettrici, che comportano un'emissione netta di CO₂ significativamente inferiore a quella prodotta dai cicli integrati basati sul combinato tra altoforni e forni convertitori. Di conseguenza, a causa del progressivo aumento di rottame sporco, la quantità di rottame di ferro pulito disponibile non sarà

30

sufficiente a saturare la capacità dei forni e a sostenere quindi la crescita economica mondiale.

In linea prospettica sarà quindi necessario sviluppare processi e tecnologie in grado di produrre materiali ferrosi (acciaio, spugna di ferro, ghisa) in grado di sostituire il rottame nei forni elettrici e contemporaneamente diminuire l'impronta carbonica del processo di estrazione del ferro dai minerali attraverso i processi tradizionali. La produzione di acciaio a partire dal minerale di ferro è comunque una condizione imprescindibile per soddisfare la domanda mondiale, in quanto la produzione da riciclo dei rottami è insufficiente per quantità e inadeguata dal punto di vista qualitativo.

- 5 I principali inconvenienti degli attuali processi di riduzione del minerale di ferro tramite l'utilizzo di forni a tino (altoforni) sono l'elevato costo degli impianti e le elevate emissioni di CO₂ causati dalla produzione del coke e dal suo utilizzo come agente riducente.

- 10 Per tali motivi, la produzione da minerale di ferro si sta muovendo verso un uso maggiore dei processi di riduzione diretta di materiali contenenti ossidi di ferro (preriduzione) che hanno intrinsecamente un inferiore impatto ambientale. Purtroppo, i processi di riduzione diretta attualmente in uso comportano un intensivo consumo di gas naturale e di idrogeno che risultano di difficoltosa reperibilità e quindi estremamente costosi in svariate aree geografiche, rendendo quindi competitiva la produzione di preridotto unicamente in un esiguo numero di Paesi.

- 20 Un altro inconveniente associato agli attuali processi di riduzione diretta è l'elevato costo di realizzazione degli impianti a cui si associa anche l'elevato costo operativo, visto che il funzionamento di tali impianti richiede l'utilizzo di gas naturale, il cui prezzo è notevolmente aumentato negli ultimi tempi, mentre l'impiego di idrogeno prodotto da elettrolisi dell'acqua comporta costi energetici (4,5-5 kWh per m³ di idrogeno prodotto) e consumi di acqua dolce che non sono compatibili con una significativa diminuzione dell'impatto ambientale dei processi produttivi.

- 25 Quanto al problema delle emissioni di CO₂, occorre considerare che la produzione di acciaio mediante processi di riduzione diretta basati sull'utilizzo di carbone genera circa 2,5 t di CO₂ per ogni t di acciaio prodotto, mentre la produzione di acciaio mediante processi di riduzione diretta basati sull'utilizzo di gas naturale genera circa 0,77 t di CO₂ per ogni t di acciaio prodotto. Oltre che essere la principale causa dei cambiamenti climatici in corso, l'emissione di grandi quantità di CO₂ in atmosfera comporta costi aggiuntivi per i produttori di acciaio legati alla cosiddetta tassa sul carbonio ("carbon tax"), i quali costi aggiuntivi possono essere quantificati in alcune decine di Euro per t di

CO₂ prodotta. Il costo prospettico per la quota di emissione di CO₂ nei prossimi anni si aggirerà intorno ai 70-80 € per t di CO₂ prodotta, con un possibile ulteriore aumento ai fini di incentivare la decarbonizzazione dei settori "hard to abate", come per l'appunto quello siderurgico.

- 5 Esempi di procedimenti per la riduzione diretta di materiale a base di ossido di ferro sono noti dai documenti di seguito discussi.

US6409964B1 descrive un procedimento per la produzione di pellet con sufficiente resistenza meccanica a caldo e freddo da utilizzare come materiale di carica per forni di riduzione diretta. Il pellet è ottenuto a partire da materiale a base di ferro proveniente dai
10 processi siderurgici (principalmente minerale di ferro in pezzatura) e da materiale carbonioso, legati insieme mediante un legante ad alto contenuto di allumina idrata.

Il pellet richiede, a causa del processo di pellettizzazione stesso, un significativo consumo di acqua e gas naturale, nonché l'utilizzo di particolato fine come materiale di partenza, il che comporta l'utilizzo e la manutenzione di onerosi impianti di
15 depolverazione. La presenza di tali polveri fini pone però un rischio a livello di salute umana nel caso in cui durante lo stoccaggio, la movimentazione e la pellettizzazione esse vengano disperse nell'ambiente.

Il brevetto US6409964B1 punta a risolvere questo inconveniente adottando particolato di ossido di ferro di granulometria tra 0,1 e 6 mm e riducendo al minimo la frazione con
20 granulometria inferiore a 0,1 mm. Questo però costringe all'uso di minerale in pezzatura controllata che deriva da appositi processi di preparazione e trattamento, limitando di fatto la possibilità di utilizzare scarti e sottoprodotti del processo siderurgico (o di altri processi metallurgici) in quanto tipicamente hanno granulometrie eccessivamente più fini (< 0,01 mm).

25 Il brevetto US6409964B1 indica genericamente anche l'utilizzo di bricchette, in alternativa al pellet, senza tuttavia fornire indicazioni specifiche sulla natura e le caratteristiche di tali aggregati, in particolare sulla tipologia di leganti utilizzati per consolidare le bricchette.

WO2021/237281A1 descrive un procedimento per la produzione di bricchette per
30 processi di riduzione diretta, in cui le bricchette sono fatte di minerale di ferro e lignocellulosa, con percentuali in peso rispettivamente pari almeno al 55% e almeno al 30%, hanno volume compreso tra 5 e 20 cm³, e presentano una resistenza a compressione maggiore di 500 N (prima dei processi di riduzione).

WO2021/184078A1 descrive un procedimento e un impianto per la produzione di ferro

preridotto (comunemente noto con l'acronimo DRI, da Direct Reduced Iron) mediante riscaldamento di bricchette di minerale ferroso e biomassa in un forno statico tramite combustione di gas (miscela di aria/ossigeno avente percentuale di ossigeno superiore al 25%, temperatura compresa tra 700 e 1100°C e mantenimento di 10-100 h), con metallizzazione del prodotto compresa tra l'80 e il 99%.

I procedimenti noti da WO2021/237281A1 e WO2021/184078A1 richiedono come materiale di partenza il minerale di ferro, il che limita evidentemente la circolarità di tali procedimenti. Al contempo, le biomasse utilizzate in tali procedimenti noti comportano un aumento della frazione umida nelle bricchette prodotte. Tale frazione umida, seppur considerabile come chimicamente ininfluyente nel complesso, porta comunque ad un aumento dell'energia richiesta per la fusione delle bricchette, in quanto si aggiunge l'energia necessaria all'evaporazione della frazione umida, e causa anche una diminuzione delle cinetiche di reazione a parità di potenza erogata.

Per i motivi sopra esposti, è evidente che tali procedimenti noti non permettono di raggiungere l'obiettivo dell'abbattimento totale della CO₂ prodotta.

Sommario dell'invenzione

Scopo della presente invenzione è fornire un procedimento per la riduzione diretta di materiale a base di ossido di ferro, mediante fusione all'interno di un forno di riduzione di bricchette ottenute dalla miscelazione di tale materiale con materiale a base di carbonio, che permetta di ridurre le emissioni di CO₂ in atmosfera e che risulti economicamente più vantaggioso rispetto alla tecnica nota sopra discussa.

Questo e altri scopi sono pienamente raggiunti secondo la presente invenzione grazie a un procedimento come definito nell'annessa rivendicazione indipendente 1.

Ulteriori caratteristiche vantaggiose dell'invenzione formano oggetto delle rivendicazioni dipendenti, il cui contenuto è da intendersi come parte integrante della presente descrizione.

In sintesi, l'invenzione si fonda sull'idea di utilizzare un forno di riduzione provvisto di resistenze elettriche e/o bruciatori ossi-combustibile per riscaldare bricchette, che sono fatte di un primo materiale a base di ossido di ferro, di un secondo materiale a base di carbonio comprendente biocarbone ottenuto da materia prima biogenica e di un terzo materiale con funzione di legante, a una temperatura compresa tra 1380°C e 1536°C, preferibilmente una temperatura compresa tra 1400°C e 1450°C, in modo da permettere la fusione degli ossidi di ferro contenuti nelle bricchette e la riduzione di tali ossidi tramite

reazione con il carbonio contenuto nelle bricchette stesse.

Grazie a tale soluzione, è possibile ridurre l'ossido di ferro a ferro metallico e portarlo a fusione, senza l'impiego preponderante o completo di agenti riducenti ottenuti da fonti fossili, con alti rendimenti dovuti all'impiego dell'energia elettrica come fonte termica oppure mediante bruciatori ossi-combustibile alimentati da biometano e/o idrogeno e/o gas naturale, generando una minima quantità di scoria e una ridotta impronta carbonica grazie all'origine biogenica dei carboni (con funzione di agente riducente) impiegati nella produzione delle bricchette.

10 Breve descrizione delle figure

Ulteriori caratteristiche e vantaggi della presente invenzione risulteranno più chiaramente dalla descrizione che segue, fornita a puro titolo di esempio non limitativo con riferimento ai disegni annessi, in cui le figure 1 e 2 sono rispettivamente una vista frontale e una vista laterale che mostrano schematicamente un forno di riduzione facente parte di un impianto per la riduzione diretta di materiale a base di ossido di ferro secondo una forma di realizzazione della presente invenzione.

Descrizione dettagliata

Il procedimento secondo la presente invenzione si basa sull'idea di fondere, all'interno di un forno di riduzione, bricchette ottenute dalla miscelazione di materiale a base di ossido di ferro e di materiale a base di carbonio.

Come materiale a base di ossido di ferro possono essere utilizzati minerali ferrosi di varia origine e qualità presenti naturalmente in miniera (quale in particolare ematite, cioè Fe_2O_3) e/o i principali sottoprodotti dei processi di produzione e lavorazione dell'acciaio (ad esempio fanghi d'altoforno, scaglie di laminazione, forgiatura o trafilatura e sottoprodotti oleosi). Ai fini della circolarità del sistema, è preferibile utilizzare, al posto di minerali di ferro, o quanto meno come materiale a base di ferro prevalente rispetto ai minerali di ferro, sottoprodotti dei processi di produzione e lavorazione dell'acciaio, quali in particolare scaglie di laminazione, forgiatura o trafilatura, eventualmente integrandoli con altri materiali di risulta.

È inoltre possibile utilizzare minerali di ferro altrimenti non idonei al caricamento in altoforni o preriduttori, dato che - come risulterà chiaro dalla descrizione che segue - il procedimento secondo l'invenzione non lavora in forni con sviluppo verticale e non richiede elevata resistenza meccanica del minerale di ferro o del carbone utilizzati. Infatti,

per quanto riguarda il carbone, nel caso di forni con elevato sviluppo verticale (ad es. cubilotti e altoforni) il materiale caricato deve presentare caratteristiche di resistenza allo schiacciamento che evitino il collasso strutturale della carica durante la discesa nel forno; in particolare tale ruolo è coperto dal carbon coke che deve mostrare adeguate

5 caratteristiche di resistenza allo schiacciamento e non deve essere caratterizzato da un'eccessiva reattività che comporti un consumo prematuro nella parte alta di tali forni. Nel procedimento secondo la presente invenzione, invece, i carboni utilizzati non devono presentare particolari caratteristiche meccaniche. Inoltre, non vi sono limitazioni circa il

10 tasso di reattività chimica dei carboni utilizzabili nel procedimento secondo la presente invenzione. Per quanto concerne il minerale di ferro, quello caricato negli altoforni deve essere sotto forma di materiale sinterizzato oppure in forma di pellets, che non devono disgregarsi a formare polvere (che diminuirebbe la permeabilità della carica alla risalita del

15 vento) né incollarsi al materiale refrattario del forno o attaccarlo chimicamente; nel caso di preriduttori sono consentiti solo pellets (qualità DRI grades o DRI premium) che non devono disgregarsi a formare polvere (che diminuirebbe la permeabilità della carica alla risalita del vento) né incollarsi al materiale refrattario del preriduttore o attaccarlo chimicamente. Al contrario, il procedimento secondo la presente invenzione non pone

20 restrizioni alla qualità del materiale ferroso che viene agglomerato con il materiale a base di carbonio a formare le bricchette con cui alimentare il forno di riduzione. Il materiale a base di carbonio, utilizzato come agente riducente per la riduzione dell'ossido di ferro, è formato in tutto o in parte da biocarbone, vale a dire carbone di

25 origine biogenica, in particolare biocarbone ottenuto mediante torrefazione di biomasse (eseguita preferibilmente a una temperatura di circa 350°C) e/o biocarbone ottenuto mediante pirolisi di biomasse (eseguita preferibilmente a una temperatura di circa 750°C).

Il biocarbone potrebbe comunque anche essere biocarbone ottenuto da fanghi fognari o dalle deiezioni di allevamenti animali mediante processi idrotermali, eventualmente accoppiati a successivi processi di pirolisi. Naturalmente, l'utilizzo di biocarbone

30 permette di ridurre l'impatto ambientale del procedimento. Inoltre, il fatto di utilizzare biocarbone pirolizzato e/o biocarbone torrefatto permette di ridurre la quantità di energia richiesta al processo di riduzione e fusione (smelting), nonché di ridurre quantità di

35 materiale a base di carbonio necessario per la riduzione dell'ossido di ferro, essendo l'agente riducente (il carbonio) più concentrato e in una forma più reattiva rispetto all'utilizzo della biomassa. In aggiunta, data la natura chimica dei biocarboni da torrefazione e/o pirolisi, la frazione di zolfo al loro interno è trascurabile, se non nulla, e di conseguenza non è strettamente necessario il processo di desolforazione del bagno

metallico prima dello spillaggio e della solidificazione, il che accorcia il processo rispetto a quello di produzione della ghisa tradizionale. Un ulteriore vantaggio è dovuto alla non necessità di operare all'interno del forno di riduzione con scorie desolforanti, il che permette di ridurre i consumi energetici, essendo questi necessari unicamente per la

5 riduzione e la fusione delle bricchette.

In aggiunta al biocarbone, come materiale a base di carbonio possono anche essere utilizzati, singolarmente o in combinazione, grafite, polverino di coke, biocarbone ottenuto tramite processo idrotermale dei fanghi di purificazione, una miscela di polimeri (ad esempio il cosiddetto plasmix, cioè una miscela di polimeri eterogenei ottenuta dagli

10 scarti della raccolta differenziata dei rifiuti) o una miscela di polimero e alluminio, quest'ultima derivante dalla triturazione di poliaccoppiati multistrato (ad esempio a base di polietilene-carta-alluminio o polietilene-alluminio o comunque polimero-alluminio). Infine, in un'ottica di circolarità economica e di sinergia a livello industriale, è altresì possibile utilizzare, in aggiunta al biocarbone, rifiuti che ricadono nelle classificazioni

15 CER160304 e CER161102.

Il rapporto in peso, indicato nel seguito con l'espressione $x(\text{FeO}_x)/x(\text{C})$, tra il materiale a base di ossido di ferro e il materiale a base di carbonio per la formazione delle bricchette deve essere contenuto nell'intervallo da 1,2 a 4,6.

Le bricchette contengono, in aggiunta al materiale a base di ossido di ferro e al materiale

20 a base di carbonio, un legante con funzione di garantire l'agglomerazione delle bricchette, assicurando valori di resistenza meccanica (almeno superiori a 4 MPa, preferibilmente superiori a 10 MPa) adeguati allo stoccaggio e/o alla movimentazione delle bricchette. La quantità di legante corrisponde preferibilmente al 5-10% in peso della miscela di materiali di cui sono fatte le bricchette. Preferibilmente il legante è di materiale

25 organico, in particolare materiale organico di natura biogenica (ad esempio amido di mais, amido di patata e/o amido di riso, melassa, gomma arabica), ma in alternativa potrebbe anche essere un materiale organico di sintesi (ad esempio un polimero termoplastico) o con solvente a base non acquosa. L'utilizzo di tali leganti porta ai seguenti principali vantaggi durante il processo di smelting delle bricchette: 1) l'assenza

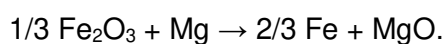
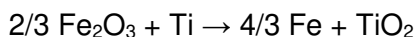
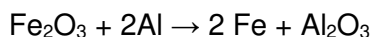
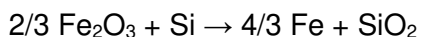
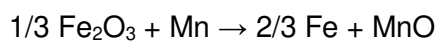
30 di elementi chimici che porterebbero alla formazione di scoria sopra il bagno metallico, 2) l'aumento dell'efficienza di riduzione degli ossidi, a seguito della generazione di monossido di carbonio e idrogeno, e 3) come conseguenza al secondo punto, una diminuzione delle emissioni reali di CO_2 in proporzione alla quantità di idrogeno generata. Inoltre, anche gli atomi di carbonio e idrogeno del legante organico possono

35 partecipare al processo di riduzione.

La tabella sottostante riporta alcuni esempi di composizione di bricchette, nei quali il materiale a base di ossidi di ferro è formato da scaglia di laminazione.

Riducente	Peso bricchetta (g)	$x(\text{FeO}_x)/x(\text{C})$	Legante (%) (amido, melassa o gomma arabica)	Biocarbone (g)
Biocarbone da processo idrotermale	10	2,99	5	2,4
Biocarbone da pirolisi (350°C)	10	3,74	7,5	1,96
Biocarbone da pirolisi (750°C)	10	4,44	10	1,97
Biocarbone da torrefazione (350°C)	10	4,1	5	1,86

- 5 Il biocarbone può essere parzialmente sostituito, oltre che da frazioni di carbonio di natura inorganica o da materiali polimerici, come sopra spiegato, anche da residui metallici (ad es. Mn, Si, Al, Ti, Ca, Mg) che possano svolgere un'azione riducente sugli ossidi di ferro. Il rapporto stechiometrico deve comunque garantire che vi siano atomi sufficienti di agente riducente da consentire la rimozione completa degli atomi di ossigeno combinati con il ferro, secondo le seguenti reazioni:



La produzione delle bricchette viene eseguita attraverso i seguenti passi.

Innanzitutto, vengono miscelati insieme il materiale a base di ossido di ferro e il materiale a base di carbonio con morfologia granulometrica di dimensione inferiore ai 500 μm . Qualora il materiale di partenza abbia una distribuzione granulometrica di dimensioni
5 maggiori, esso viene preventivamente sottoposto a macinazione e/o frantumazione in modo da ridurre le dimensioni al di sotto del limite dei 500 μm . A seguito della miscelazione viene aggiunto il legante e la miscela così ottenuta viene inserita in un apposito stampo per l'ottenimento di bricchette della forma e delle dimensioni desiderate. Al fine di massimizzare l'efficienza di mescolamento ed ottenere quindi una miscela il più
10 omogenea possibile, si può prevedere l'utilizzo di mescolatori meccanici.

La geometria finale della bricchetta può essere di varia forma (ad esempio cilindrica, "a cuscino", sferica) e di varie dimensioni al fine di soddisfare le esigenze dimensionali e meccaniche per il corretto stoccaggio e la corretta movimentazione del prodotto.

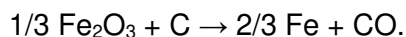
Nel caso di utilizzo di legante organico, il processo di produzione delle bricchette viene
15 eseguito a temperatura ambiente e le bricchette così ottenute vengono lasciate in ambiente areato al fine di far evaporare l'acqua in eccesso, utilizzata per la gelatinizzazione del legante, per una durata di circa 14 giorni, o in alternativa possono essere inserite in un forno a muffola a 105°C per un tempo di 24h.

Sebbene sia possibile utilizzare granulometrie di dimensione variabile per l'ottenimento
20 delle resistenze meccaniche necessarie, i valori meccanici più elevati sono stati riscontrati nel caso in cui la frazione in peso maggiore (cioè il materiale a base di ossido di ferro) abbia una granulometria superiore (in particolare compresa tra 63 μm e 125 μm) rispetto a quella del materiale a base di carbonio (in particolare una granulometria minore di 63 μm).

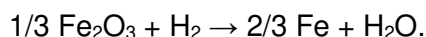
Le bricchette così prodotte possono essere stoccate e movimentate in un secondo sito
25 o utilizzate presso il sito di bricchettazione stesso, per la produzione ghisa e/o spugna di ferro e/o acciaio liquido, nel caso in cui il forno di riduzione sia installato presso il sito di bricchettazione. Questa seconda opzione è preferibile in quanto, riducendo al minimo la distanza che le bricchette devono percorrere per essere trasportate dal sito di
30 produzione al sito di utilizzazione, permette di ridurre l'impatto ambientale totale del processo, in termini sia di emissioni di sostanze inquinanti sia di produzione di CO₂.

Come detto in precedenza, le bricchette così ottenute vengono quindi immesse in un forno di riduzione, dove vengono portate a una temperatura compresa tra 1380°C e 1536°C, preferibilmente una temperatura compresa tra 1400°C e 1450°C, in modo da

permettere la fusione degli ossidi di ferro in esse contenuti e la riduzione di tali ossidi tramite reazione con il carbonio contenuto nelle bricchette (oltre che eventuale ulteriore carbonio iniettato all'interno del forno). Nello specifico, la riduzione tra gli ossidi di ferro fusi e il carbonio avviene secondo la seguente reazione, già precedentemente menzionata:



Inoltre, nel caso di utilizzo di materiale organico come legante per la produzione delle bricchette e/o nel caso in cui il materiale a base di carbonio di cui sono fatte le bricchette contenga polimeri (siano essi sintetici o naturali), anche l'idrogeno contenuto in tali materiale può agire come agente riducente per la riduzione degli ossidi di ferro, secondo la seguente reazione:



Nel caso poi in cui le bricchette contengano anche residui metallici (ad es. Mn, Si, Al, Ti, Ca, Mg) in grado di svolgere un'azione riducente sugli ossidi di ferro, allora la riduzione degli ossidi di ferro avverrà anche per effetto di tali residui metallici, secondo le reazioni precedentemente indicate.

Un esempio di forno di riduzione utilizzabile per l'attuazione della presente invenzione è schematicamente mostrato nelle figure 1 e 2, dove è indicato nel suo complesso con 10. Con riferimento a tali figure, il forno di riduzione 10 si differenzia dai convenzionali forni a tino (altoforni) per il fatto di svilupparsi prevalentemente in orizzontale, invece che in verticale. Ciò permette di utilizzare bricchette aventi una bassa resistenza alla compressione, ad es. dell'ordine di 10 MPa, dato che non è presente nel forno una stratificazione della carica che grava con la sua massa sugli strati sottostanti a contatto con la fase liquida. Questo implica assoluta libertà nell'approvvigionamento del materiale a base di ossido di ferro (che può essere anche materiale di bassa qualità), nonché del materiale a base di carbonio (che può anche essere materiale in forma pulverulenta) e quindi rende il processo sostanzialmente indipendente dalla qualità della materia prima.

Data la natura del processo, che prevede la formazione di un bagno fuso, le pareti e il bacino del forno di riduzione 10 devono essere fatte di materiali refrattari capaci di resistere, durante il periodo di esercizio, alla corrosione e all'erosione fluidodinamica (effetto Marangoni). In particolare, in base alla presenza o meno di scoria al di sopra del bagno fuso, è preferibile l'utilizzo di materiale refrattario rivestito con carbonio grafitizzato o di mattoni in carburo di silicio con legante grafitico, similmente a quanto utilizzato nei moderni altoforni, o ancora di materiale a base di allumina e/o mullite legato con SiAlON,

tradizionalmente utilizzato nei bacini degli altoforni.

Il forno di riduzione 10 funziona mediante resistenze elettriche 12, che possono essere resistenze elettriche in carburo di silicio (SiC) e/o resistenze elettriche in disiliciuro di molibdeno (MoSi_2) e/o resistenze elettriche in grafite (nel caso in cui sia presente all'interno del forno di riduzione un'atmosfera controllata a bassa concentrazione di ossigeno, e precisamente con pressione parziale di ossigeno inferiore a 0,05 atm). Preferibilmente, le resistenze elettriche 12 sono alimentate con corrente elettrica proveniente da fonti rinnovabili, in modo da ridurre - sino addirittura ad annullare - l'impronta carbonica del procedimento.

10 In alternativa, o in aggiunta, alle resistenze elettriche 12, il forno di riduzione può essere provvisto di uno o più bruciatori ossi-combustibile 14, alimentati con idrogeno, biometano o gas naturale o una miscela di tali gas. Tali bruciatori possono essere posizionati in modo da risultare sommersi nella soluzione fusa durante il funzionamento, al fine di aumentare l'efficienza energetica. Sempre al fine di aumentare l'efficienza energetica, è
15 vantaggiosamente previsto che il forno di riduzione sfrutti il calore di combustione derivante dal recupero dei gas (principalmente CO) presenti nel sito di produzione e lavorazione dell'acciaio. In aggiunta o in alternativa, il CO prodotto all'interno del forno per effetto della reazione di riduzione può essere sfruttato, grazie alla sua post-combustione, per diminuire l'energia erogata al forno di riduzione. I bruciatori ossi-combustibile 14 possono essere utilizzati in modalità lancia ad ossigeno per la
20 decarburazione in-situ della ghisa e la produzione di acciaio.

Sempre con riferimento alle figure 1 e 2, il forno di riduzione 10 presenta una porta di alimentazione 16 per l'alimentazione delle bricchette, un foro di spillaggio 18 per l'uscita della massa metallica fusa e uno o più setti porosi 20 per l'insufflazione di gas inerte con
25 cui consentire il rimescolamento della frazione liquida e quindi migliorare la cinetica e l'omogeneizzazione delle masse liquide. Il miglioramento della cinetica comporta un miglioramento della produttività del processo.

Al fine di favorire la cinetica delle reazioni di riduzione e l'omogeneizzazione termica e chimica del bagno fuso all'interno del forno, è inoltre possibile dotare il bacino del forno di agitatori elettromagnetici (non mostrati nelle figure, ma comunque di tipo per sé noto)
30 di tipo rotativo posti sul fondo del forno e/o di tipo lineare posti sulle pareti del forno.

Qualora a seguito della riduzione vi fossero degli ossidi non ridotti (prevalentemente o completamente formati da metalli diversi dal ferro, ad es. MnO , SiO_2 , Al_2O_3 ecc.), essi si porteranno al di sopra del pelo libero dell'acciaio liquido o della ghisa formate nel

processo di fusione e riduzione a causa dell'inferiore densità di questi ossidi rispetto alla ghisa e all'acciaio. La rimozione di tali ossidi potrà quindi avvenire agevolmente in quanto essi formeranno una scoria al di sopra del bagno liquido. Nel caso il carbonio presente non fosse sufficiente a formare la ghisa e si formasse spugna di ferro o spugna di ferro carburata, gli ossidi resteranno intrappolati nella massa e verranno successivamente separati durante la fusione della spugna di ferro o spugna di ferro carburata, che potrà avvenire o nel forno di riduzione mediante un innalzamento della temperatura almeno sopra 1536°C oppure in un forno successivo a cui verrà conferita la spugna di ferro stessa; a seguito della fusione della spugna di ferro gli ossidi formati si porteranno al di sopra del pelo libero della massa metallica fusa a formare una scoria separata dalla massa metallica.

L'ambiente gassoso all'interno del forno di riduzione può essere formato da aria ambiente, da Ar (argon), da miscele di Ar e CO₂, da miscele di N₂ e CO₂, da miscele di N₂, CO e CO₂, da CO₂, o da miscele di CO e CO₂. Nello specifico, la miscela gassosa all'interno del forno viene adattata in funzione della disponibilità e del costo di tali gas. Inoltre, in base al materiale carbonioso utilizzato come riducente è possibile selezionare una di tali miscele al fine di massimizzare l'attività del carbonio per la riduzione dell'ossido di ferro. Ad esempio, nel caso di biocarbone con basse concentrazioni di carbonio fisso è preferibile l'uso di un gas costituito principalmente da miscele Ar e/o N₂ e/o CO₂ arricchite con CO, mentre nel caso di biocarbone con alte concentrazioni di carbonio fisso è preferibile l'utilizzo di aria ambiente.

Alla luce della descrizione sopra fornita, risultano evidenti i vantaggi conseguibili con la presente invenzione.

Oltre a contribuire alla riduzione dei costi di produzione, l'invenzione in oggetto ha anche il grandissimo vantaggio di poter essere realizzata attraverso impianti molto più limitati a livello dimensionale e molto meno costosi rispetto a quanto oggi presente sul mercato mondiale. Inoltre, l'invenzione permette di ridurre, sino addirittura ad annullare, l'impronta carbonica del ciclo di produzione dell'acciaio, della spugna di ferro o della ghisa, rendendo così pienamente sostenibile il processo non solo dal punto di vista economico ma anche dal punto di vista ambientale.

La presente invenzione è stata fin qui descritta con riferimento a sue modalità di attuazione preferite. È da intendersi tuttavia che possono essere previste altre modalità di attuazione del procedimento della presente invenzione, che condividono con quelle qui descritte il medesimo nucleo inventivo, come definito dalle annesse rivendicazioni.

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per la riduzione diretta di materiale a base di ossido di ferro per la produzione di acciaio, spugna di ferro o ghisa, il procedimento comprendendo i passi di:

5 a) produrre bricchette fatte di un primo materiale a base di ossido di ferro, di un secondo materiale a base di carbonio e di un terzo materiale con funzione di legante, in cui detto secondo materiale comprende biocarbone; e

b) fondere le bricchette così ottenute all'interno di un forno di riduzione (10) provvisto di resistenze elettriche (12) e/o di almeno un bruciatore ossi-combustibile (14), a una
10 temperatura compresa tra 1380°C e 1536°C, preferibilmente una temperatura compresa tra 1400°C e 1450°C, in modo da permettere la riduzione degli ossidi di ferro contenuti nelle bricchette tramite reazione con il carbonio contenuto nelle bricchette;

in cui detto passo a) di produzione delle bricchette viene eseguito a temperatura ambiente.

15 2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, in cui il rapporto in peso tra detto primo materiale e detto secondo materiale è compreso nell'intervallo 1,2 a 4,6.

3. Procedimento secondo la rivendicazione 1 o la rivendicazione 2, in cui il primo materiale comprende minerali ferrosi, in particolare ematite (Fe_2O_3), o sottoprodotti di processi di produzione e lavorazione dell'acciaio, in particolare fanghi d'altoforno, scaglie
20 di laminazione/forgiatura/trafilatura e sottoprodotti oleosi, o una loro combinazione.

4. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il biocarbone di cui è fatto in tutto o in parte il secondo materiale è biocarbone ottenuto mediante torrefazione di biomasse, eseguita in particolare a una temperatura di 350°C, e/o biocarbone ottenuto mediante pirolisi di biomasse, eseguita in particolare a una
25 temperatura di 750°C.

5. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il secondo materiale comprende inoltre grafite, polverino di coke, materiali carboniosi di natura inorganica classificati ai codici CER160304 ed CER161102, una miscela di polimeri, una miscela di polimero e metalli riducenti (manganese, silicio, alluminio, titanio, calcio, magnesio) o una loro combinazione.
30

6. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il terzo materiale contiene materiale organico, preferibilmente materiale organico di natura biogenica, quale amido di mais, amido di patata, amido di riso, melassa o gomma arabica.

35 7. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto

passo b) di fusione delle bricchette viene eseguita con un ambiente gassoso all'interno del forno di riduzione (10) formato da aria ambiente, da Ar (argon), da miscele di Ar e CO₂, da miscele di N₂ e CO₂, da miscele di N₂, CO e CO₂, da CO₂, o da miscele di CO e CO₂.

- 5 **8.** Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il forno di riduzione (10) utilizzato per lo svolgimento di detto passo b) di fusione delle bricchette è un forno avente pareti fatte di materiale refrattario rivestito di carbonio grafitizzato o fatte di mattoni in carburo di silicio con legante grafitico, o ancora fatte di materiale a base di allumina e/o mullite legato con SiAlON.
- 10 **9.** Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto passo b) di fusione delle bricchette viene eseguito alimentando le resistenze elettriche (12) del forno di riduzione (10) con corrente elettrica proveniente da fonti rinnovabili e/o alimentando detto almeno un bruciatore ossi-combustibile (14) con idrogeno, biometano o gas naturale, o con una miscela di tali gas.
- 15 **10.** Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto passo b) di fusione delle bricchette comprende inoltre l'operazione di insufflare gas inerte all'interno del forno di riduzione (10).

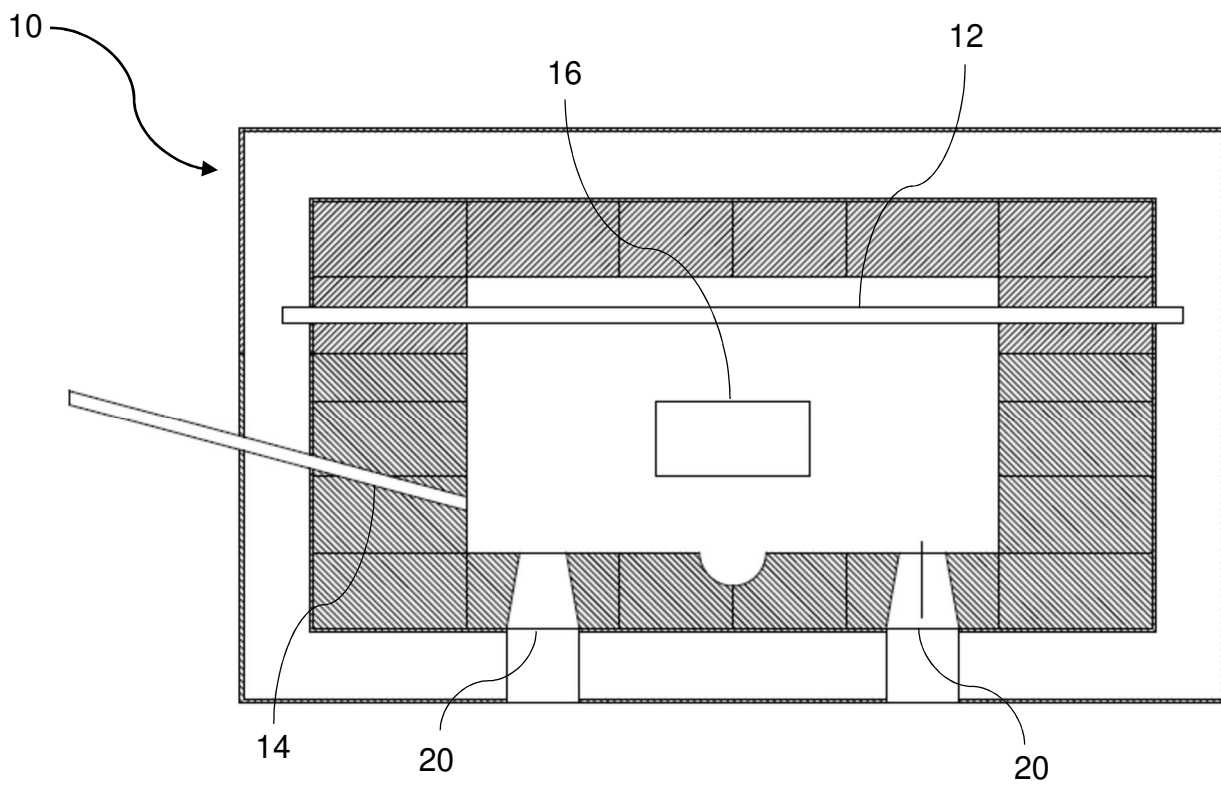


FIG. 1

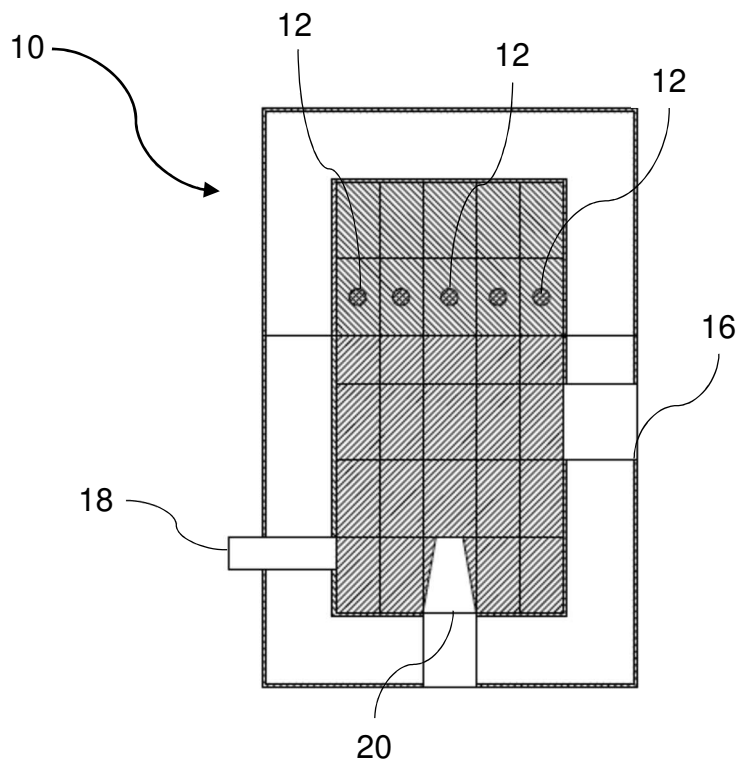


FIG. 2



Ministero delle Imprese e del Made in Italy

DIPARTIMENTO MERCATO E TUTELA
DIREZIONE GENERALE PER LA PROPRIETÀ INDUSTRIALE - UIBM

ATTESTATO DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE

Il presente brevetto viene concesso per l'invenzione oggetto della domanda:

N. 102022000014527

TITOLARE/I: • Elsafrà II S.p.A. 100.0%

Rondano Davide

DOMICILIO: Società Italiana Brevetti S.p.A.
via Carducci 8
20123 Milano

INVENTORE/I: • RANCATI Silvio

TITOLO: PROCEDIMENTO PER LA RIDUZIONE DIRETTA DI MATERIALE A BASE DI OSSIDO DI
FERRO PER LA PRODUZIONE DI ACCIAIO, SPUGNA DI FERRO O GHISA

CLASSIFICA: C21B

DATA DEPOSITO: 11/07/2022

Roma, 04/07/2024

Il Dirigente

Loredana Guglielmetti

Entry into the European phase (EPO as designated or elected Office)

To the European Patent Office

European application number	EP23751080.5
PCT application number	PCT/IB2023/057092
PCT publication number	WO2024013653
Applicant's or representative's reference	BE1887MMDRrrr
International Filing Date	11.07.2023
International Searching Authority (ISA)	EP
International Preliminary Examining Authority (IPEA)	EP
1. Applicant Indications concerning the applicant(s) are contained in the international publication or were recorded by the International Bureau after the international publication. ☒ Changes which have not yet been recorded by the International Bureau are set out here: ☐	
2. Representative Representative 1 Representative or association of representatives to be listed in the Register of European Patents and to whom communications are to be notified Name: RONDANO Davide Company: Società Italiana Brevetti S.p.A. Address of place of business: Via Carducci 8 20123 Milano MI Italy Telephone: +3902806331 E-mail: milano@sib.it	
3. Authorisation Representative 1 An individual authorisation is attached. ☐ A general authorisation has been registered under No: ☐ A general authorisation has been filed, but not yet registered. ☐ The authorisation filed with the EPO as PCT receiving Office expressly includes the European phase. ☐	
4. Request for examination Examination of the application under Art. 94 EPC is hereby requested. The examination fee is being (has been, will be) paid. ☒ Request for examination in an admissible non-EPO language: ☒ Si richiede di esaminare la domanda ai sensi dell'art. 94. ☒ The/Each applicant requests a reduction of fees under Rule 7a(1) EPC and is a natural person or entity under Rule 7a(2) EPC. ☐ The/Each applicant requests a reduction of fees under Rule 7a(3) EPC and is a micro-entity under Rule 7a(3) EPC. ☐	
5. Copies Additional copies of the documents cited in the supplementary European search report are requested. ☐ Number of additional sets of copies	
6. Documents intended for proceedings before the EPO Number of claims on entry into the European phase: 10 6.1 Proceedings before the EPO as designated Office (PCT I) are to be based on the following documents	

the application documents published by the International Bureau; where the publication includes a set of claims amended under Article 19 PCT, the latter replaces the originally filed claims	☐
unless replaced by the amendments attached.	☐
comments on the written opinion established by the EPO as the International Searching Authority and/or observations or, where applicable, on the explanations given in the Supplementary International Search Report established by the EPO as the Supplementary International Searching Authority (Rule 45bis.7(e) PCT)	☐
<i>Where necessary, further details should be attached as "Other documents"</i>	
6.2 Proceedings before the EPO as elected Office (PCT II) are to be based on the following documents:	
the documents on which the international preliminary examination report is based, including any annexes	☒
unless replaced by the amendments attached.	☐
comments on the international preliminary examination report established by the EPO as the International Preliminary Examining Authority and/or observations are enclosed.	☐
<i>Where necessary, further details should be attached as "Other documents"</i>	
If the EPO as International Preliminary Examining Authority has been supplied with test reports, these may be used as the basis of proceedings before the EPO.	☒
6.3 A copy of the results of the search carried out by the authority with which the previous application(s) whose priority is claimed was (were) filed is attached (R. 141(1) EPC).	☐

7. Translations

Translations in one of the official languages of the EPO (English, French, German) are attached as crossed below:	☐
<i>* In proceedings before the EPO as designated or elected Office (PCT I + II):</i>	
7.1 Translation of the international application (description, claims, any text in the drawings) as originally filed, of the abstract as published and of any indication under Rule 13bis.3 and 13bis.4 PCT regarding biological material	☐
7.2 Translation of the priority application(s) (to be filed only at the EPO's request, Rule 53(3) EPC)	☐
7.3 It is hereby declared that the international application as originally filed is a complete translation of the previous application (Rule 53(3) EPC)	☐
<i>* In addition, in proceedings before the EPO as designated Office (PCT I):</i>	
7.4 Translation of amended claims and any statement under Art. 19 PCT, if the claims as amended are to form the basis for the proceedings before the EPO (see Section 6).	☐
<i>* In addition, in proceedings before the EPO as elected Office (PCT II):</i>	
7.5 Translation of any annexes to the international preliminary examination report	☐

8. Biological material

The invention uses and/or relates to biological material deposited under Rule 31 EPC.	☐
The particulars referred to in Rule 31(1)(c) EPC (if not yet known, the depositary institution and the identification reference(s)) [number, symbols, etc.] of the depositor) are given in the international publication or in the translation submitted in Section 7 on:	☐
page(s) / line(s)	
The receipt(s) of deposit issued by the depositary institution	
is (are) enclosed.	☐
will be filed later.	☐
Waiver of the right to an undertaking from the requester pursuant to Rule 33(2) EPC attached.	☐

9. Nucleotide and amino acid sequences

The international application discloses nucleotide and/or amino acid sequences.	☐
9.1 The sequence listing was filed under Rule 5.2(a) PCT, or furnished to the EPO as ISA under Rule 13ter. 1(a) PCT, or is otherwise available to the EPO, in a computer-readable format complying with the WIPO Standard applicable at the international date of filing.	☐

The sequence listing is attached in a computer-readable format complying with the WIPO Standard applicable at the international date of filing (Rule 163(3) EPC). The sequence listing does not include matter which goes beyond the content of the application as filed.

114

All the contracting states party to the EPC at the time of filing of the international patent application and designated in the international application are deemed to be designated (see Article 79(1) EPC).

☒

This application is deemed to be a request to extend the effects of the European patent application and the European patent granted in respect of it to all non-contracting states to the EPC designated in the international application with which extension or validation agreements were in force on the date on which the application was filed. However, the request is deemed withdrawn if the extension fee or the validation fee, whichever is applicable, is not paid within the prescribed time limit.

☒

11.2 It is intended to pay the validation fee(s) for the following state(s):

Note: Under the automatic debiting procedure, extension and/or validation fees will be debited only for states indicated here unless the EPO is instructed otherwise before expiry of the period for payment.

MA TN

12.1 Early processing

Early processing of the application pursuant to Article 23(2) / 40(2) PCT is hereby requested ("early entry into the European phase")

7

The applicant waives his right to the communication under Rules 161(1) or (2) and 162 EPC.

7

The applicant waives his right to be asked under Rule 70(2) EPC whether he wishes to proceed further with the application.

--	--

	Description of document	Original file name	Assigned file name
1	OTHER-1.pdf	add rep.pdf	OTHER-1.pdf

	Description of document	Original file name	Assigned file name
1	OTHER-1.pdf	add rep.pdf	OTHER-1.pdf

The European Patent Office is hereby authorised, to debit from the deposit account with the EPO any fees and costs indicated on the fees page.

Account holder

[illegible]

Società Italiana Brevetti S.p.A.

account:

Number and account holder

	X
--	---

Società Italiana Brevetti
S.p.A., 28070048

		Factor/ reduction applied	Fee schedule	Amount to be paid
16-1	002 Fee for a European search - Applications filed on/after 01.07.2005	-1520	1 520.00	0.00
16-2	005e Designation fee - For all contracting States designated for applications filed on/after 01.04.2009	1	685.00	685.00
16-3	006e Examination fee - For applications filed before 01.07.2005 and for international applications filed on/after 01.07.2005 without supplementary European search report	0.175	2 135.00	373.62

		Factor/ reduction applied	Fee schedule	Amount to be paid
16-1	002 Fee for a European search - Applications filed on/after 01.07.2005	-1520	1 520.00	0.00
16-2	005e Designation fee - For all contracting States designated for applications filed on/after 01.04.2009	1	685.00	685.00
16-3	006e Examination fee - For applications filed before 01.07.2005 and for international applications filed on/after 01.07.2005 without supplementary European search report	0.175	2 135.00	373.62

16-4	020 Filing fee - entry EP phase - online	1	135.00	135.00
16-5	420 Validation fee for Morocco (MA)	1	240.00	240.00
16-6	422 Validation fee for Tunisia (TN)	1	180.00	180.00
Total:			EUR	1 613.62

17. Annotations

18. Signature(s) of applicant(s) or representative

Place: Milano
 Date: 11 February 2025
 Signed by: /Davide RONDANO/
 Representative name: Davide RONDANO
 Capacity: Representative
 Function of person signing: Representative

Table for section 6 of Form 1200.3

In accordance with the Notice from the European Patent Office dated 26 January 2009 concerning the 2009 fee structure (OJ EPO 2009, 118, and Guidelines for Examination in the EPO, April 2009, A-III, 13.2), the amount of the additional fee (Art. 2, item 1a, Rules relating to Fees) for the pages of this European patent application is calculated as follows:

Documents intended for proceedings before the EPO (R. 159 (1) (b) EPC) and for calculating the additional fee (Art. 2, item 1a, RFees):

	Page(s) from ... to ...	Number of pages
Description: International application as published		11
Claims: International application as published		2
Drawings: International application as published		1
Abstract: Default count: one page		1
Total number of pages		15
Fee-exempt pages (Art. 2, item 1a, RFees)		-35
Number of pages to be paid for		0
Total amount payable	EUR	0

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT ON PATENTABILITY

(Chapter II of the Patent Cooperation Treaty)

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference BW1004M	FOR FURTHER ACTION		See Form PCT/IPEA/416
International application No. PCT/IB2023/057092	International filing date (day/month/year) 11.07.2023	Priority date (day/month/year) 11.07.2022	
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC INV. C21B13/00			
Applicant Elsafrà II S.p.A.			
1. This report is the international preliminary examination report, established by this International Preliminary Examining Authority under Article 35 and transmitted to the applicant according to Article 36. 2. This REPORT consists of a total of <u>5</u> sheets, including this cover sheet. 3. This report is also accompanied by ANNEXES, comprising: a. ☐ a total of sheets, as follows: ☐ sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and/or sheets containing rectifications authorized by this Authority, unless those sheets were superseded or cancelled, and any accompanying letters (see Rules 46.5, 66.8, 70.16, 91.2, and Section 607 of the Administrative Instructions). ☐ sheets containing rectifications, where the decision was made by this Authority not to take them into account because they were not authorized by or notified to this Authority at the time when this Authority began to draw up this report, and any accompanying letters (Rules 66.4bis, 70.2(e), 70.16 and 91.2). ☐ superseded sheets and any accompanying letters, where this Authority either considers that the superseding sheets contain an amendment that goes beyond the disclosure in the international application as filed, or the superseding sheets were not accompanied by a letter indicating the basis for the amendments in the application as filed, as indicated in item 4 of Box No. I and the Supplemental Box (see Rule 70.16(b)). b. ☐ a separate electronic file containing a sequence listing (<i>sent to the International Bureau only</i>)			
4. This report contains indications relating to the following items: ☒ Box No. I Basis of the report ☐ Box No. II Priority ☐ Box No. III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability ☐ Box No. IV Lack of unity of invention ☒ Box No. V Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement ☐ Box No. VI Certain documents cited ☐ Box No. VII Certain defects in the international application ☐ Box No. VIII Certain observations on the international application			
Date of submission of the demand 07.05.2024		Date of completion of this report 04.07.2024	
Name and mailing address of the international preliminary examining authority:  European Patent Office D-80298 Munich Tel. +49 89 2399 - 0		Authorized officer Peis, Stefano Telephone No. +31 70 340-4265	



Box No. I Basis of the report

1. With regard to the **language**, this report is based on
- ☒ the international application in the language in which it was filed
 - ☐ a translation of the international application into , which is the language of a translation furnished for the purposes of:
 - ☐ international search (under Rules 12.3(a) and 23.1(b))
 - ☐ publication of the international application (under Rule 12.4(a))
 - ☐ international preliminary examination (under Rules 55.2(a) and/or 55.3(a) and (b))
2. With regard to the **elements*** of the international application, this report is based on (*replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report*):

Description, Pages

1-12 as originally filed

Claims, Numbers

1-10 as originally filed

Drawings, Sheets

1/1 as originally filed

- ☐ a sequence listing - see Supplemental Box Relating to Sequence Listing.
3. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:
- ☐ the description, pages
 - ☐ the claims, Nos.
 - ☐ the drawings, sheets/figs
 - ☐ the sequence listing (*specify*):
4. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments annexed to this report and listed below had not been made, since either they are considered to go beyond the disclosure as filed, or they were not accompanied by a letter indicating the basis for the amendments in the application as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rules 70.2(c) and (c-bis)):
- ☐ the description, pages
 - ☐ the claims, Nos.
 - ☐ the drawings, sheets/figs
 - ☐ the sequence listing (*specify*):
5. ☐ This report has been established:
- ☐ taking into account the **rectification of an obvious mistake** authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rules 66.1(d-bis) and 70.2(e)).
 - ☐ without taking into account the **rectification of an obvious mistake** authorized by or notified to this Authority under Rule 91(Rules 66.4bis and 70.2(e)).

**INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT
ON PATENTABILITY**

International application No.
PCT/IB2023/057092

6. ☒ With regard to top-up searches (Rules 66.1 *ter* and 70.2(f)):
- ☒ A top-up search was carried out by this Authority on 18.06.2024 (all discovered documents are listed in the Supplemental Box Relating to Top-up Search).
 - ☐ Additional relevant documents have been discovered during the top-up search.
 - ☐ No top-up search was carried out by this Authority because it would serve no useful purpose.
7. ☐ Supplementary international search report(s) from Authority(ies) has/have been received and taken into account in establishing this report (Rule 45bis.8(b) and (c)).

* If item 4 applies, some or all of those sheets may be marked "superseded".

Box No. V Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Yes: Claims	<u>1-10</u>
	No: Claims	
Inventive step (IS)	Yes: Claims	<u>1-10</u>
	No: Claims	
Industrial applicability (IA)	Yes: Claims	<u>1-10</u>
	No: Claims	

2. Citations and explanations (Rule 70.7):

see separate sheet

Item V.

Relevant Documents

Reference is made to the following documents:

- | | |
|----|--|
| D1 | WO 2021/214167 A1 (WURTH PAUL SA [LU]) 28 October 2021
(2021-10-28) |
| D2 | EP 1 996 735 A2 (UNIV MICHIGAN TECH [US]) 3 December 2008
(2008-12-03) |
| D3 | WO 2022/115024 A1 (HYBRIT DEV AB [SE]) 2 June 2022 (2022-06-02) |
| D4 | DE 10 2012 109284 A1 (VOESTALPINE STAHL GMBH [AT]) 20 March
2014 (2014-03-20) |

Novelty (Article 33(1)(2) PCT)

Document D1 does not disclose that the production of the briquettes is carried out by forming at a temperature not exceeding 45°C.

None of the documents D2-D4 describe biochar as only carbon source of the second material and that the production of the briquettes is carried out by forming at a temperature not exceeding 45°C..

Thus, none of the documents disclose all technical features of independent method claim 1. Hence, the subject-matter of independent claim 1 is new according to Article 33(1)(2) PCT).

The subject-matter of dependent claims 2-10 is new as well (Article 33(1)(2) PCT).

Inventive Step (Article 33(1)(3) PCT)

Document D2 is now considered to be the closest prior art document. It describes describes a method for the direct reduction of iron oxide-based material for the production of steel, iron sponge or cast iron, the method comprising the steps of:
a) producing briquettes made of a first iron oxide-based material, a second carbon-

based material and a third material with a binding function, wherein said second material is biomass or plastic (claim 1) and

b) heating the briquettes thus obtained within a reduction furnace provided with electrical heating elements (e.g. §[0026]), at a temperature of at least 1300°C (claim 10) which lies between 1050°C and 1450°C, so as to cause the reduction of the iron oxides of said first material of the briquettes by reaction with the carbon contained in the biochar forming said second material of the briquettes.

Thus, claim 1 differs from D2 in that the step a) of production of the briquettes is carried out by forming at a temperature not exceeding 45° and that the second carbon-based material is charcoal.

By choosing biochar as second carbon-based material, it is possible to reduce the briquette forming temperature below 45°C and thereby reducing energy, which would be needed to reduce the humidity of the briquettes and to produce briquettes having enough strength. Biochar has a much lower humidity than e.g. biomass. In addition, charcoal has lower sulphur content than other carbon materials, so that in the further production process of iron or steel less desulphurising slag and energy is needed.

Neither D2 nor any of the other documents D1, D3 or D4 describe the problems to be solved or the suggested solution. The proposed solution according to claim 1 is not considered to be obvious. Hence, the subject-matter of independent claim 1 involves an inventive step according to Article 33(1)(3) PCT).

Dependent claims 2-10 are inventive as well (Article 33(1)(3) PCT).



(51) International Patent Classification:

C21B 13/00 (2006.01) C22B 1/245 (2006.01)

(21) International Application Number:

PCT/IB2023/057092

(22) International Filing Date:

11 July 2023 (11.07.2023)

(25) Filing Language:

Italian

(26) Publication Language:

English

(30) Priority Data:

102022000014527 11 July 2022 (11.07.2022) IT

(71) Applicant: **ELSAFRA II S.P.A.** [IT/IT]; Via Giovanni Boccaccio 29, 20123 Milano MI (IT).

(72) Inventor: **RANCATI, Silvio**; Via dei Longobardi 36, 20080 Basiglio MI (IT).

(74) Agent: **RONDANO, Davide**; Società Italiana Brevetti S.p.A., Via Carducci 8, 20123 Milano MI (IT).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), European (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,

(54) Title: METHOD FOR DIRECT REDUCTION OF IRON OXIDE-BASED MATERIAL FOR THE PRODUCTION OF STEEL, IRON SPONGE OR CAST IRON

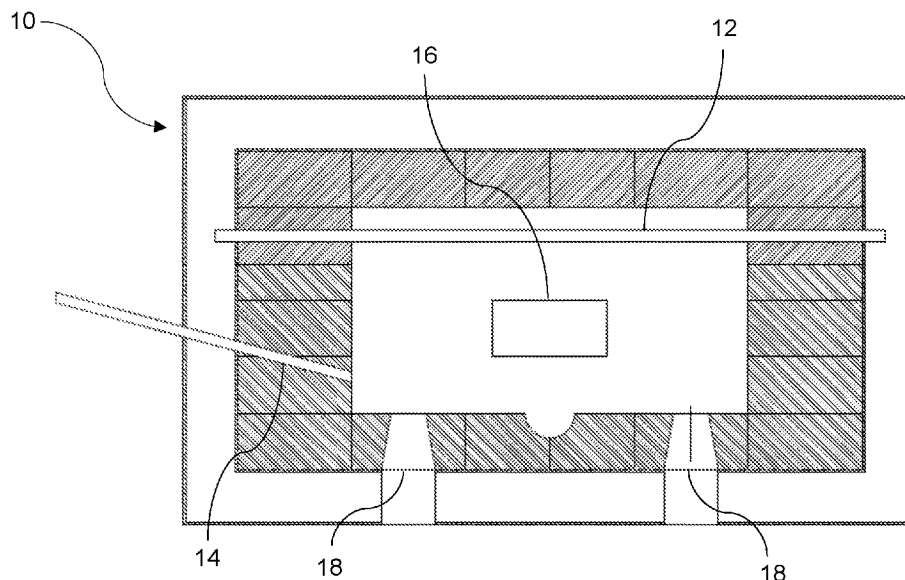


FIG. 1

(57) Abstract: A method for the direct reduction of iron oxide-based material for the production of steel, iron sponge or cast iron is described, comprising the steps of: a) producing, by forming at a temperature not exceeding 45°C, briquettes made of a first iron oxide-based material, a second carbon-based material and a third material acting as a binder, wherein said second material is biochar; and b) heating the briquettes thus obtained within a reduction furnace (10) equipped with electrical resistors (12) and/or at least one oxy-fuel burner (14), at a temperature between 1050°C and 1450°C, so as to permit the reduction of the iron oxides contained in the briquettes by reaction with the carbon contained in the briquettes.



SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

- *with international search report (Art. 21(3))*
- *in black and white; the international application as filed
contained color or greyscale and is available for download
from PATENTSCOPE*

METHOD FOR DIRECT REDUCTION OF IRON OXIDE-BASED MATERIAL FOR THE PRODUCTION OF STEEL, IRON SPONGE OR CAST IRON

Technical field of the invention

5 The present invention relates generally to technology for the direct reduction of iron oxide-based material, i.e., material containing iron oxides, for the production of steel, iron sponge or cast iron. More specifically, the present invention relates to a method for direct reduction of iron oxide-based material in the form of briquettes obtained by mixing such material with biochar (also called biogenic charcoal), within a reduction furnace equipped
10 with electrical resistors and/or oxy-fuel burners.

State of the art

The entire world steel production, about 2 billion tonnes per year, is based on the following two ways of obtaining crude steel: 1) remelting scrap iron in electric arc
15 furnaces, and 2) reducing iron ore in shaft furnaces (blast furnaces) or by direct reduction in natural gas and/or hydrogen furnaces.

Electric arc furnaces mainly work with iron scrap, the quality of which decreases after each smelting cycle due to the progressive metallurgical contamination of the scrap loaded into the furnaces; clean scrap must therefore be used to dilute the metal bath
20 during each smelting cycle. On the other hand, the amount of clean scrap iron available is not sufficient to saturate furnace capacity and thus support global economic growth.

The prospective goal in the coming years will be to produce steel with a carbon-neutral footprint, i.e., without net carbon dioxide (CO₂) emissions. This will lead to increased pressure on the demand for scrap iron, as this is the raw material used by electric
25 furnaces, which has a significantly lower net CO₂ emission than integrated cycles based on the combination of blast furnaces and converter furnaces. Consequently, due to the progressive increase in dirty scrap, the amount of clean iron scrap available will not be sufficient to saturate furnace capacity and thus support global economic growth.

It will therefore be necessary in the future to develop methods and technologies for
30 producing ferrous materials (steel, iron sponge, cast iron) that can replace scrap in electric furnaces and at the same time reduce the carbon footprint of the extraction of iron from ore through traditional methods. Steel production from iron ore is, however, a necessary condition for meeting world demand, as iron production from recycled scrap is insufficient in quantity and inadequate in quality.

35 The main drawbacks of current iron ore reduction methods using shaft furnaces (blast

- 2 -

furnaces) are the high costs of the plants and the high CO₂ emissions caused by the production of coke and its use as a reducing agent.

For these reasons, production from iron ore is moving towards greater use of direct reduction methods of materials containing iron oxides (pre-reduction), which inherently have a lower environmental impact. Unfortunately, direct reduction methods currently in use entail intensive consumption of natural gas and hydrogen, which are difficult to obtain and therefore extremely expensive in many geographical areas, thus making pre-reduced production competitive only in a small number of countries.

Another drawback associated with current direct reduction methods is the high cost of building the plants, which is also associated with high operating costs, as the operation of these plants requires the use of natural gas, the price of which has risen considerably in recent times, while the use of hydrogen produced by electrolysis of water involves energy costs (4.5-5 kWh per m³ of hydrogen produced) and consumption of fresh water that are not compatible with a significant reduction in the environmental impact of the production methods.

As regards the issue of CO₂ emissions, it should be noted that steel production by direct reduction methods based on the use of coal generates about 2.5 t CO₂ for every tonne of steel produced, while steel production by direct reduction methods based on the use of natural gas generates about 0.77 t CO₂ for every tonne of steel produced. In addition to being the main cause of ongoing climate change, the emission of large amounts of CO₂ into the atmosphere leads to additional costs for steel producers related to the so-called carbon tax, which can be quantified in several tens of Euros per tonne of CO₂ produced. The costs for the CO₂ emission in the coming years will be around 10 Euro per tonne of CO₂ produced, with a possible further increase in order to stimulate the decarbonisation of hard-to-abate sectors, such as the steel industry.

Examples of methods for the direct reduction of iron oxide-based material are known from the documents discussed below.

US6409964B1 discloses a method for producing pellets with sufficient hot and cold mechanical strength for use as feedstock for direct reduction furnaces. The pellets are made from iron-based material from steelmaking processes (mainly lump iron ore) and carbon material, bound together by means of a binder with a high alumina hydrate content.

Due to the pelletising method itself, the pellets require significant consumption of water and natural gas, as well as the use of fine particulate as a starting material, which entails the use and maintenance of costly dedusting plants. In any case, the presence of such fine dust entails risks to human health if it is dispersed into the environment during

storage, handling and pelletising.

US6409964B1 aims at solving this drawback by using iron oxide particulate with a particle size between 0.1 and 6 mm and minimising the fraction with a particle size below 0.1 mm. This, however, forces to use ore with a controlled particle size derived from
5 special preparation and treatment processes, thereby limiting the possibility of using scrap and by-products of the steelmaking process (or other metallurgical processes), as they typically have excessively finer particle sizes (< 0.01 mm).

US6409964B1 also generically mentions the use of briquettes, as an alternative to pellets, without however providing specific indications on the nature and characteristics
10 of such aggregates, in particular on the type of binders used to consolidate the briquettes.

WO2021/237281A1 discloses a method for the production of briquettes by direct reduction processes, wherein the briquettes are made of iron ore and lignocellulose, with weight percentages of at least 55% and at least 30% respectively, have a volume
15 comprised between 5 and 20 cm³, and have a compressive strength greater than 500 N (prior to the reduction processes).

WO2021/184078A1 discloses a method and a plant for the production of pre-reduced iron (commonly known by the acronym DRI, from Direct Reduced Iron) by heating iron ore briquettes and biomass in a static furnace by means of gas combustion (air/oxygen
20 mixture with an oxygen content of more than 25%, temperature between 700 and 1100°C and holding time of 10-100 h), with metallisation of the product between 80 and 99%.

The methods known from WO2021/237281A1 and WO2021/184078A1 require iron ore as a starting material, which evidently limits the circularity of these methods. At the same time, the biomass used in these known methods results in an increased wet fraction in
25 the briquettes produced. This wet fraction, although chemically irrelevant in the whole process, nevertheless leads to an increase in the energy required to smelt the briquettes, as the energy required for the evaporation of the wet fraction is added, and also causes a decrease in the reaction kinetics for the same power output.

For the above reasons, it is evident that these known methods do not achieve the goal
30 of total abatement of CO₂ produced.

EP1996735A2 discloses a method for the direct reduction of iron ore-based material in a reduction furnace, wherein the iron ore-based material is mixed with a reducing material to form briquettes or pellets. The aim of this document is to provide a new composition and method for the production of metallic iron from iron ore that does not
35 require coal, charcoal or coke, and to achieve this it proposes to use as a reducing material a material essentially deprived of free carbon, in particular a biomass. For

- 4 -

example, the following materials are proposed as biomass: paper, cellulose, shredded wood, wheat flour, corn meal, grass clippings, etc. This solution implies that the resulting briquettes are characterised by a high moisture content, due to the high amount of water contained in the biomass that is used to produce the briquettes. A drawback related to the high moisture content of the briquettes is that, during the reduction process, the briquettes tend to shatter due to the formation of steam, resulting in a greater dispersion of dust and in a decrease in the quality of the material to be used in the subsequent smelting process.

WO2021/214167 discloses a method for manufacturing briquettes to be used as material with which to feed reduction furnaces for steel production. The briquettes contain iron-based material, preferably iron ore, and pyrolysed biomass, preferably charcoal (or biochar), and are obtained by sintering process, i.e., by high-temperature forming or agglomeration process. According to this known solution, the biochar contained in the material mixture from which the briquettes are made serves as fuel for the sintering process and thus allows to achieve the goal of performing the sintering process with less fossil fuel consumption. The use of a sintering process to manufacture briquettes has the consequence that the resulting briquettes are completely deprived of biochar, since this material has been consumed during the sintering process to agglomerate the iron ore contained in the initial mixture. Therefore, for the production of steel, it will be necessary to load the furnace with a reducing agent, together with the briquettes, in particular coke in the case of a blast furnace, natural gas and/or syngas and/or hydrogen in the case of a direct reduction furnace, carbon in the case of an electric furnace.

Summary of the invention

It is an object of the present invention to provide a method for the direct reduction of iron oxide-based material by heating. within a reduction furnace, briquettes obtained by mixing such material with carbon-based material, which allows to reduce CO₂ emissions into the atmosphere, which is more cost-effective than the prior art discussed above, and which, more generally, is not affected by the disadvantages of the prior art discussed above.

This and other objects are fully achieved according to the present invention by virtue of a method as defined in the appended independent claim 1.

Further advantageous features of the invention are set forth in the dependent claims, the subject-matter of which is to be understood as forming an integral part of the present description.

In summary, the invention is based on the idea of producing, by forming at a temperature

- 5 -

not exceeding 45°C, briquettes made of a first iron oxide-based material, a second carbon-based material consisting of biochar (i.e., charcoal of biogenic origin) and a third material acting as a binder, and to use a reduction furnace equipped with electrical resistors and/or oxy-fuel burners to heat said briquettes, in particular to a temperature
5 comprised between 1050°C and 1450°C, so as to cause the reduction of the iron oxides contained in said first material of the briquettes by reaction with the carbon contained in the biochar forming said second material of the briquettes.

Thanks to this solution, it is possible to reduce iron oxides to metallic iron and bring them to fusion, without the use of reducing agents obtained from fossil sources, with high
10 yields due to the use of electricity or oxy-fuel burners supplied with biomethane and/or hydrogen as a heat source, generating a minimal amount of waste and a carbon-neutral footprint due to the biogenic origin of the carbon (acting as a reducing agent) used in the production of the briquettes.

15 **Brief description of the drawings**

Further features and advantages of the present invention will become clearer from the following description, given purely by way of non-limiting example with reference to the accompanying drawings, wherein Figures 1 and 2 are a front view and a side view, respectively, which schematically show a reduction furnace forming part of a plant for the
20 direct reduction of iron oxide-based material according to an embodiment of the present invention.

Detailed description

The method according to the present invention is based on the idea of heating, within a
25 reduction furnace, briquettes obtained by mixing and forming, at a temperature not exceeding 45°C, iron oxide-based material and carbon-based material consisting of biochar (i.e., charcoal of biogenic origin).

Iron ore of various origin and quality naturally present in mines (such as in particular hematite, i.e., Fe_2O_3) and/or the main by-products of steel production and processing
30 methods (for example rolling, forging or drawing) can be used as iron oxide-based material, also in order to ensure better circularity in the use of steelmaking process residues.

It is also possible to use iron ore otherwise unsuitable for loading in blast furnaces or preheaters, since - as will become clear from the following description - the method
35 according to the invention does not work in vertically extending furnaces and does not

require high mechanical strength of the iron ore or coal used. In fact, as far as coal is concerned, in the case of furnaces with high vertical extension (for example cupola furnaces and blast furnaces), the material that is charged must exhibit high crushing resistance characteristics to avoid the structural collapse of the charge during descent into the furnace; in particular, this role is covered by the coke which must exhibit adequate crushing resistance characteristics and must not be characterised by excessive reactivity leading to premature consumption in the upper part of such furnaces. In the method according to the present invention, on the other hand, the coals used must not exhibit special mechanical characteristics. Furthermore, there are no limitations as to the rate of chemical reactivity of the coals which can be used in the method according to the present invention. As far as iron ore is concerned, the one charged in blast furnaces must be in the form of sintered material or in the form of pellets, which must neither disintegrate to form dust (which would decrease the permeability of the charge to rising wind) nor stick to the refractory material of the furnace or chemically attack it; in the case of preheaters, only pellets (DRI grades or DRI premium quality) are permitted, which must neither disintegrate to form dust (which would reduce the permeability of the charge to rising wind) nor stick to the refractory material of the preheater or chemically attack it. In contrast, the method according to the present invention does not pose any restrictions on the quality of the ferrous material that is agglomerated with the carbon-based material to form the briquettes with which to feed the reduction furnace.

The carbon-based material, which is used as a reducing agent for the reduction of iron oxides contained in the briquettes, is biochar. In particular, the biochar is obtained by biomass torrefaction (preferably carried out at a temperature of about 350°C) and/or by biomass pyrolysis (preferably carried out at a temperature between 550°C and 750°C or at a temperature between 950°C and 1050°C). Additionally, or alternatively, biochar is obtained by torrefaction and/or pyrolysis of bioplastics (also known as biopolymers).

The use of biochar reduces, of course, the environmental impact of the method. In addition, the use of biochar obtained by torrefaction or pyrolysis of biomass makes it possible to reduce the amount of energy required for the reduction and smelting process, as well as to reduce the amount of carbon-based material required for the reduction of iron oxides, since the reducing agent (carbon) is more concentrated and in a more reactive form than when using biomass. In addition, due to the chemical nature of the biochar obtained by torrefaction and/or pyrolysis, the fraction of sulphur contained therein is negligible, if not even null, and consequently the desulphurisation process of the metal bath prior to tapping and solidification is not strictly necessary, which shortens the process compared to the traditional production of cast iron. A further advantage is due

to the fact that there is no need to operate within the reduction furnace with desulphurising slag, which reduces energy consumption, as energy is only required for the reduction and smelting of the briquettes.

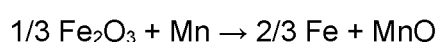
Preferably, the ratio by weight of iron oxides to biochar in each briquette, calculated according to the relation $x(\text{FeO}_x)/(x(\text{C}) + x(\text{FeO}_x)) \cdot 100$, where $x(\text{FeO}_x)$ is the weight of iron oxides contained in each briquette and $x(\text{C})$ is the weight of biochar contained in each briquette, is between 68% and 84% depending on the type of biochar used. For example, in the case of biochar obtained from the pyrolysis of biomass at 350°C, this ratio will be 75%, in the case of biochar obtained from the pyrolysis of biomass at 550-750°C, this ratio will be 80%, while in the case of biochar obtained from the pyrolysis of biomass at 950-1050°C, this ratio will be 84%.

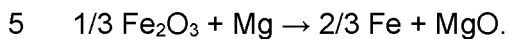
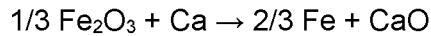
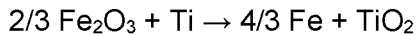
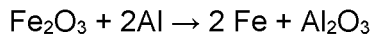
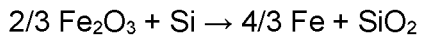
The briquettes contain, in addition to the iron oxide-based material and the biochar, a binder whose function is to ensure the agglomeration or consolidation of the briquettes, ensuring mechanical strength values (at least greater than 4 MPa, preferably greater than 10 MPa) suitable for the storage and/or handling of the briquettes. The quantity of binder corresponds by weight to no more than 5-8% of the weight of the briquette. The binder contains organic material of biogenic nature, for example maize starch, potato starch and/or rice starch, molasses, gum arabic, biopolymer. The amount by weight of organic material of biogenic nature used as a binder is no more than 5% of the weight of the briquette.

In addition to an organic material of biogenic nature, an inorganic material, in particular bentonite, may also be used as a binder. In this case, the amount of inorganic material by weight is no more than 3% of the weight of the briquette.

The use of such binders leads to the following main advantages during the process of smelting and reduction of the briquettes: 1) absence of chemical elements that would lead to the formation of slag on top of the metal bath, 2) increase in the efficiency of the reduction of the oxides, as a result of the generation of carbon monoxide and hydrogen, and 3) as a consequence of the second point, decrease in actual CO₂ emissions in proportion to the amount of hydrogen generated. In addition, the carbon and hydrogen atoms of the organic binder may also participate in the reduction process.

The briquettes may also contain, in addition to the biochar, metals capable of having a reducing action on iron oxides (for example Mn, Si, Al, Ti, Ca, Mg). However, the stoichiometric ratio must ensure that there are sufficient atoms of the reducing agent to allow the complete removal of the oxygen atoms combined with the iron, according to the following reactions:





The production of briquettes is carried out through the following steps.

Firstly, iron oxide material and biochar with a particle size of less than 500 µm are mixed together. If the starting material has a larger particle size distribution, it is first ground and/or crushed in order to reduce its size below the 500 µm limit. After mixing, the binder
10 is added and the resulting mixture is fed into a special mould to obtain briquettes of the desired shape and size. In order to maximise the mixing efficiency and thus obtain a mixture that is as homogenous as possible, mechanical mixers can be used.

The final geometry of the briquette may be of various shapes (for example cylindrical, "pillow-like", spherical) and sizes in order to meet the dimensional and mechanical
15 requirements for proper storage and handling of the product. In particular, the briquettes will have a volume of no more than 65 cm³. For example, the briquettes may be made as parallelepipeds with dimensions 50 mm x 50 mm x 25 mm.

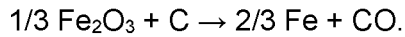
Although it is possible to use variable particle sizes to achieve the required mechanical strengths, the highest mechanical strength values have been found where the largest
20 weight fraction (i.e., the iron oxide-based material) has a larger particle size (in particular, a particle size between 63 µm and 125 µm) than the carbon-based material (in particular, a particle size smaller than 63 µm).

The briquettes are formed at room temperature, or more generally at a temperature not exceeding 45°C. Therefore, they do not undergo any heating before being loaded into
25 the reduction furnace.

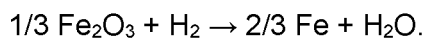
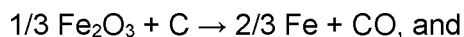
The briquettes thus produced can be stored and handled at a second site or used at the briquetting site itself, for the production of cast iron and/or iron sponge, in case the reduction furnace is installed at the briquetting site. This second option is preferable because, by minimising the distance that the briquettes have to travel to be transported
30 from the production site to the utilisation site, it allows to reduce the total environmental impact of the process, in terms of both pollutant emissions and CO₂ production.

As mentioned above, the briquettes thus obtained are finally fed into a reduction furnace, where they are heated to a temperature between 1050°C and 1450°C, preferably a temperature between 1400°C and 1450°C, in order to cause the softening or smelting of
35 the iron oxides contained in the briquettes and the reduction of these oxides by reaction

with the carbon contained in the briquettes (as well as with any additional carbon injected into the furnace). Specifically, the reduction between iron oxides and carbon occurs according to the following reaction:



- 5 In addition, the carbon and hydrogen contained in the organic material of biogenic nature used as a binder for the production of the briquettes can also act as reducing agents for the reduction of the iron oxides, according to the following reactions:



- 10 If the briquettes also contain metallic residues (for example, Mn, Si, Al, Ti, Ca, Mg) capable of having a reducing action on the iron oxides, then the reduction of the iron oxides will also take place due to these metallic residues, according to the reactions indicated above.

An example of a reduction furnace that can be used for carrying out the present invention is schematically shown in Figures 1 and 2, where it is generally indicated by 10. With reference to these figures, the reduction furnace 10 differs from conventional shaft furnaces (blast furnaces) in that it extends horizontally, instead of vertically. This makes it possible to use briquettes with a low compressive strength, for example of the order of 10 MPa, since there is no layering of the charge in the furnace, which loads with its mass the underlying layers in contact with the liquid phase. This implies absolute freedom in the supply of the iron oxide-based material (which can also be low-quality material), as well as of the carbon-based material (which can also be material in powder form), and thus makes the process essentially independent of the quality of the raw material.

Given the nature of the process, which also provides for the possible formation of a molten bath, the walls and basin of the reduction furnace 10 must be made of refractory materials capable of resisting corrosion and fluid-dynamic erosion (Marangoni effect) during the operating period. In particular, depending on the presence or absence of slag above the molten bath, it is preferable to use refractory material coated with graphitised carbon, or silicon carbide bricks with graphitic binder, similar to what is used in modern blast furnaces, or even alumina- and/or mullite-based material alloyed with SiAlON, traditionally used in blast furnace basins.

The reduction furnace 10 operates by means of electrical resistors 12, which may be silicon carbide (SiC) electrical resistors and/or molybdenum disilicide (MoSi₂) electrical resistors and/or graphite electrical resistors (in the event that a controlled atmosphere with low oxygen concentration, namely with a partial pressure of oxygen below 0.05 atm,

is present inside the reduction furnace). Preferably, the electrical resistors 12 are supplied with electricity from renewable sources, so that the carbon footprint of the method is reduced - if not even eliminated.

As an alternative, or in addition, to the electrical resistors 12, the reduction furnace may be provided with one or more oxy-fuel burners 14, fuelled with hydrogen and/or biomethane. Also in order to increase energy efficiency, it is advantageously contemplated that the reduction furnace exploits the combustion heat from the recovery of the gases (mainly CO) present at the steel production and processing site. In addition, or as an alternative, the CO produced inside the furnace as a result of the reduction reaction can be exploited, through its post-combustion, to decrease the energy delivered to the reduction furnace.

Still with reference to Figures 1 and 2, the reduction furnace 10 has a feed door 16 for feeding the briquettes, and one or more porous wall or ducts 20 for insufflating inert gas with which to control the atmosphere in the furnace.

The gaseous environment within the reduction furnace may be formed by ambient air, by Ar (argon), by mixtures of Ar and CO₂, by mixtures of N₂ and CO₂, by mixtures of N₂, CO and CO₂, by CO₂, or by mixtures of CO and CO₂. Specifically, the gas mixture within the furnace is adapted depending on the availability and cost of these gases. Furthermore, depending on the carbon material used as a reducing agent, one of these mixtures can be selected in order to maximise the carbon activity for the reduction of the iron oxides. For example, in case of biochar with low concentrations of fixed carbon, the use of a gas consisting mainly of Ar and/or N₂ and/or CO₂ mixtures enriched with CO is preferable, whereas in case of biochar with high concentrations of fixed carbon, the use of ambient air is preferable.

In light of the above description, the advantages achievable with the present invention are apparent.

In addition to contributing to the reduction in the production costs, the invention also has the great advantage that it can be carried out using plants that are much more limited in size and much less expensive than those available today on the world market. In addition, the invention makes it possible to reduce, if not even eliminate, the carbon footprint of the steel, iron sponge or cast iron production cycle, thus making the process fully sustainable not only from an economic point of view but also from an environmental point of view.

Moreover, due to the fact that the briquettes are produced by forming without heating (at room temperature or at a temperature not exceeding 45°C), when the briquettes are fed into the reduction furnace they still contain biochar (unlike the solution described in

- 11 -

WO2021/214167, where the briquettes are produced by sintering process) and thus the biochar contained therein can react with the iron oxides, reducing them, without the need to introduce reducing agents, such as coke, natural gas, syngas, hydrogen or carbon, into the furnace, in addition to the briquettes.

- 5 The present invention has been described herein with reference to preferred embodiments thereof. However, it is to be understood that other ways for carrying out the method of the present invention may be envisaged, which share the same inventive core with those described herein, as defined by the appended claims.

10

15

20

25

30

CLAIMS

1. Method for the direct reduction of iron oxide-based material for the production of steel, iron sponge or cast iron, the method comprising the steps of:

5 a) producing briquettes made of a first iron oxide-based material, a second carbon-based material and a third material with a binding function, wherein said second material is biochar; and

b) heating the briquettes thus obtained within a reduction furnace (10) provided with electrical heating elements (12) and/or at least one oxy-fuel burner (14), at a temperature
10 comprised f between 1050°C and 1450°C, so as to cause the reduction of the iron oxides of said first material of the briquettes by reaction with the carbon contained in the biochar forming said second material of the briquettes;

wherein said step a) of production of the briquettes is carried out by forming at a temperature not exceeding 45°C.

15 2. Method according to claim 1, wherein said step b) of heating the briquettes is performed at a temperature comprised between 1400°C and 1450°C so as to cause smelting of the iron oxides contained in the briquettes.

3. Method according to claim 1 or claim 2, wherein the ratio by weight of the iron oxides to the biochar in each briquette, calculated according to the relation $x(\text{FeO}_x)/[x(\text{C}) + x(\text{FeO}_x)] \cdot 100$, wherein $x(\text{FeO}_x)$ is the weight of the iron oxides contained in each briquette
20 and $x(\text{C})$ is the weight of the biochar contained in each briquette, is between 68% and 84%.

4. Method according to any one of the preceding claims, wherein the first material comprises iron ores, in particular hematite (Fe_2O_3), or by-products of steel production
25 and processing, in particular blast furnace sludge, rolling/forging/spinning slag and oil by-products, or a combination thereof.

5. Method according to any one of the preceding claims, wherein the biochar forming said second material of the briquettes is at least in part biochar obtained by biomass torrefaction, carried out in particular at a temperature of 350°C, and/or biochar obtained
30 by biomass pyrolysis, carried out in particular at a temperature between 550°C and 750°C or at a temperature between 950°C and 1050°C.

6. Method according to any one of claims 1 to 5, wherein the biochar forming said second material of the briquettes is at least in part biochar obtained by torrefaction of bioplastics and/or biochar obtained by pyrolysis of bioplastics.

35 7. Method according to any one of the preceding claims, wherein said third material

- 13 -

contains organic material of biogenic nature, such as corn starch, potato starch, rice starch, molasses or gum arabic.

8. Method according to claim 7, wherein the ratio by weight of said organic material of biogenic nature to the total weight of each briquette is no more than 5%.

5 9. Method according to claim 7 or claim 8, wherein said third material further contains bentonite, in particular with a ratio by weight to the total weight of each briquette of not more than 3%.

10 10. Method according to any one of the preceding claims, wherein said step b) of heating the briquettes is carried out by feeding the electrical resistors (12) of the reduction furnace (10) with electricity from renewable sources and/or by feeding said at least one oxy-fuel burner (14) with hydrogen and/or biomethane.

15

20

25

30

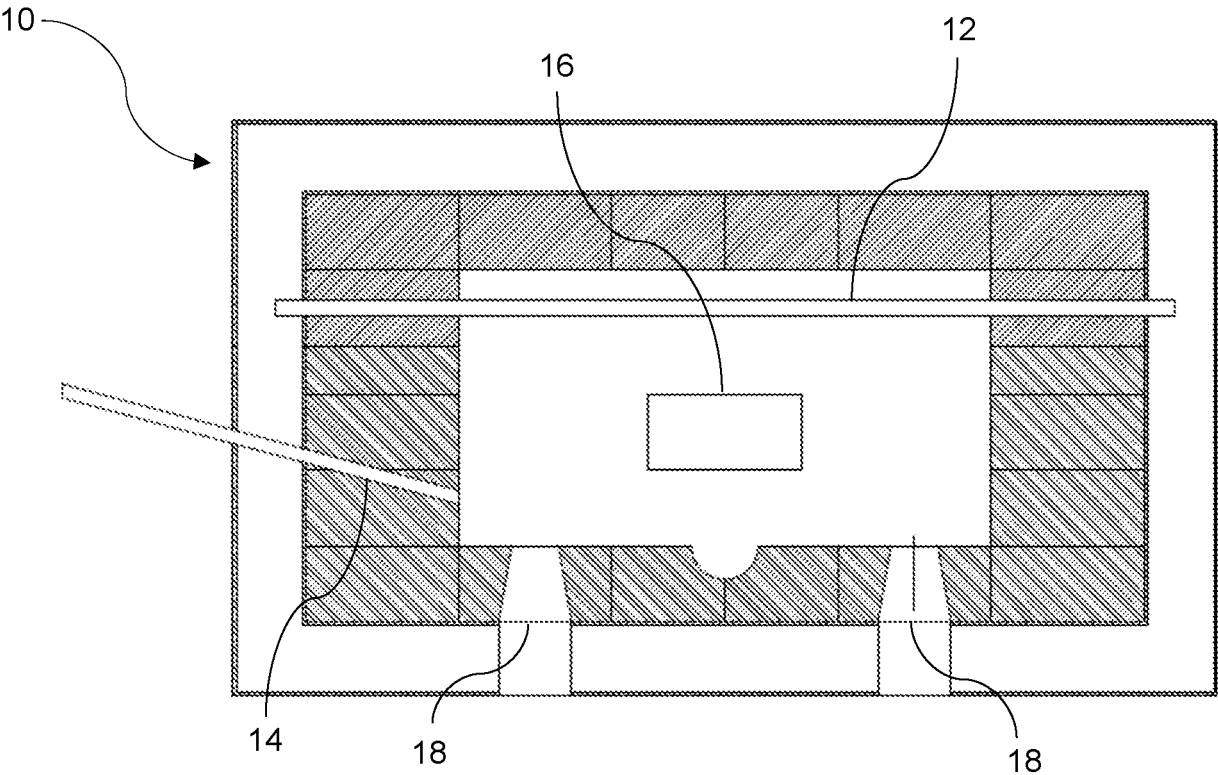


FIG. 1

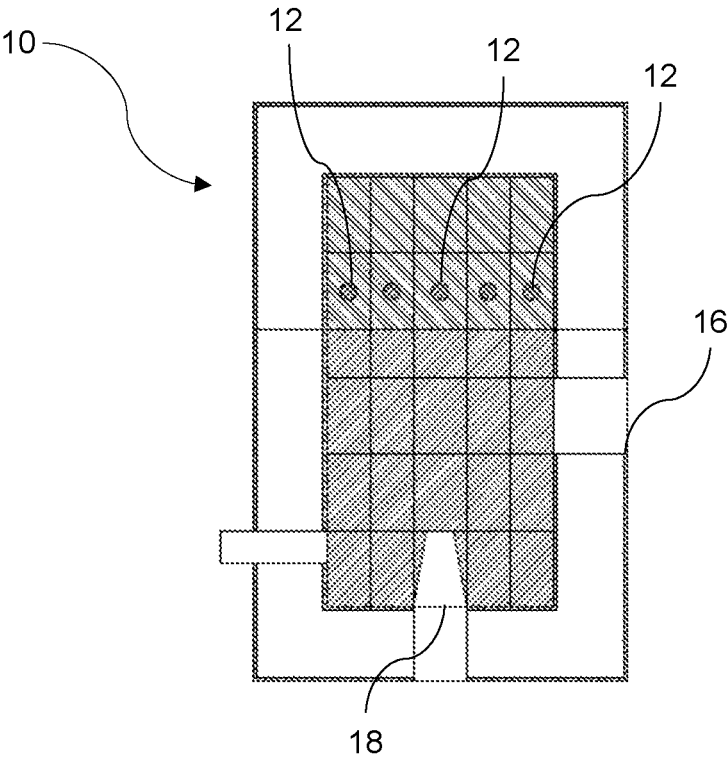


FIG. 2

BW1004M

1/4

PCT REQUEST

(Original in Electronic Form)

0	For receiving Office use only	
0-1	International Application No.	PCT/IB2023/057092
0-2	International Filing Date	11 July 2023 (11.07.2023)
0-3	Name of receiving Office and "PCT International Application"	RO/IB
0-4	Form PCT/RO/101 PCT Request	
0-4-1	Prepared Using	ePCT-Filing Version 4.11.012 MT/FOP 20230703/1.1
0-5	Petition	
	The undersigned requests that the present international application be processed according to the Patent Cooperation Treaty	
0-6	Receiving Office (specified by the applicant)	International Bureau of WIPO (RO/IB)
0-7	Applicant's or agent's file reference	BW1004M
I	Title of Invention	PROCEDIMENTO PER LA RIDUZIONE DIRETTA DI MATERIALE A BASE DI OSSIDI DI FERRO PER LA PRODUZIONE DI ACCIAIO, SPUGNA DI FERRO O GHISA
II	Applicant	
II-1	This person is	Applicant only
II-2	Applicant for	All designated States
II-4	Name	ELSAFRA II S.P.A.
II-5	Address	Via Giovanni Boccaccio 29 20123 Milano MI Italy
II-6	State of nationality	IT
II-7	State of residence	IT
II-10	e-mail	milano@sib.it
II-10(a)	E-mail authorization The receiving Office, the International Searching Authority, the International Bureau and the International Preliminary Examining Authority are authorized to use this e-mail address, if the Office or Authority so wishes, to send notifications issued in respect of this international application:	exclusively in electronic form (no paper notifications will be sent)
III-1	Applicant and/or inventor	
III-1-1	This person is	Inventor only
III-1-3	Inventor for	All designated States
III-1-4	Name (LAST, First)	RANCATI, Silvio
III-1-5	Address	Via dei Longobardi 36 20080 Basiglio MI Italy

PCT REQUEST

(Original in Electronic Form)

III-2	Applicant and/or inventor	
III-2-1	This person is	Inventor only
III-2-3	Inventor for	All designated States
III-2-4	Name (LAST, First)	MAPELLI, Carlo
III-2-5	Address	Piazza Cavour 12 26019 Vailate CR Italy
III-3	Applicant and/or inventor	
III-3-1	This person is	Inventor only
III-3-3	Inventor for	All designated States
III-3-4	Name (LAST, First)	MOMBELLI, Davide
III-3-5	Address	Via Giulietti 19 20156 Milano MI Italy
III-4	Applicant and/or inventor	
III-4-1	This person is	Inventor only
III-4-3	Inventor for	All designated States
III-4-4	Name (LAST, First)	DALL'OSTO, Gianluca
III-4-5	Address	Via delle Vallette 66 21043 Castiglione Olona VA Italy
IV-1	Agent or common representative; or address for correspondence	
	The person identified below is hereby/ has been appointed to act on behalf of the applicant(s) before the competent International Authorities as:	Agent
IV-1-1	Name (LAST, First)	RONDANO, Davide
IV-1-2	Address	Società Italiana Brevetti S.p.A. Via Carducci 8 20123 Milano MI Italy
IV-1-3	Telephone No.	+39 02 806331
IV-1-4	Facsimile No.	+39 02 80633200
IV-1-5	e-mail	milano@sib.it
IV-1-5(a)	E-mail authorization The receiving Office, the International Searching Authority, the International Bureau and the International Preliminary Examining Authority are authorized to use this e-mail address, if the Office or Authority so wishes, to send notifications issued in respect of this international application:	exclusively in electronic form (no paper notifications will be sent)
V	DESIGNATIONS	
V-1	The filing of this request constitutes under Rule 4.9(a), the designation of all Contracting States bound by the PCT on the international filing date, for the grant of every kind of protection available and, where applicable, for the grant of both regional and national patents.	

PCT REQUEST

(Original in Electronic Form)

VI-1	Priority claim of earlier national application		
VI-1-1	Filing date	11 July 2022 (11.07.2022)	
VI-1-2	Number	102022000014527	
VI-1-3	Country or Member of WTO	IT	
VI-2	Incorporation by reference : where an element of the international application referred to in Article 11(1)(iii)(d) or (e) or a part of the description, claims or drawings referred to in Rule 20.5(a), or an element or part of the description, claims or drawings referred to in Rule 20.5bis(a) is not otherwise contained in this international application but is completely contained in an earlier application whose priority is claimed on the date on which one or more elements referred to in Article 11(1)(iii) were first received by the receiving Office, that element or part is, subject to confirmation under Rule 20.6, incorporated by reference in this international application for the purposes of Rule 20.6.		
VII-1	International Searching Authority Chosen	European Patent Office (EPO) (ISA/EP)	
VII-2	Request to use results of earlier search; reference to that search		
VII-2-1	Filing date	11 July 2022 (11.07.2022)	
VII-2-2	Application Number	102022000014527	
VII-2-3	Country (or regional Office)	IT	
VII-2-5	Documents are available to the ISA in a form and a manner acceptable to it, and therefore do not need to be submitted by the applicant to the receiving Office, or to the ISA (Rules 12bis1.(c) and (d) and 12bis.2(b)):	A copy of the results of the earlier search A copy of any document cited in the earlier search results	
VIII	Declarations	Number of declarations	
VIII-1	Declaration as to the identity of the inventor	-	
VIII-2	Declaration as to the applicant's entitlement, as at the international filing date, to apply for and be granted a patent	-	
VIII-3	Declaration as to the applicant's entitlement, as at the international filing date, to claim the priority of the earlier application	-	
VIII-4	Declaration of inventorship (only for the purposes of the designation of the United States of America)	-	
VIII-5	Declaration as to non-prejudicial disclosures or exceptions to lack of novelty	-	
IX	Check list	Number of sheets	Electronic file(s) attached
IX-1	Request (including declaration sheets)	4	✓
IX-2	Description	12	✓
IX-3	Claims	2	✓
IX-4	Abstract	1	✓
IX-5	Drawings	1	✓
IX-6a	Sequence listing part of the description	-	-
IX-7	TOTAL	20	

PCT REQUEST

(Original in Electronic Form)

	Accompanying Items	Paper document(s) attached	Electronic file(s) attached
IX-8	Fee calculation sheet	-	✓
IX-19	Other	Additional representatives sheet	✓
IX-19	Other	Documents in pre-conversion format Statement (Section 706): This is a complete and accurate copy of the international application prior to its conversion into the electronic document format in which it is filed.	✓
IX-20	Figure of the drawings which should accompany the abstract	1	
IX-21	Language of filing of the international application	Italian	
X-1	Signature of applicant, agent or common representative	/Davide RONDANO/	
X-1-1	Name (LAST, First)	RONDANO, Davide	
X-1-3	Capacity (if such capacity is not obvious from reading the request)	Agent	

FOR RECEIVING OFFICE USE ONLY

10-1	Date of actual receipt of the purported international application	11 July 2023 (11.07.2023)
10-2	Drawings:	
10-2-1	Received	
10-2-2	Not received	
10-3	Corrected date of actual receipt due to later but timely received papers or drawings completing the purported international application	
10-4	Date of timely receipt of the required corrections under PCT Article 11(2)	
10-5	International Searching Authority	ISA/EP
10-6	Transmittal of search copy delayed until search fee is paid	

FOR INTERNATIONAL BUREAU USE ONLY

11-1	Date of receipt of the record copy by the International Bureau	
------	--	--