



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

Veröffentlichungsnummer : **0 139 310 B1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift :
19.10.88

(51) Int. Cl.⁴ : **C 21 B 13/14, C 21 C 5/52**

(21) Anmeldenummer : 84201106.6

(22) Anmeldetag : 28.07.84

(54) Verfahren zur Erzeugung von flüssigem, kohlenstoffhaltigem Eisen aus Eisenschwamm.

(30) Priorität : 25.08.83 DE 3330625
22.09.83 DE 3334221

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung :
02.05.85 Patentblatt 85/18

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung : 19.10.88 Patentblatt 88/42

(84) Benannte Vertragsstaaten :
DE FR GB LU

(56) Entgegenhaltungen :

EP-A- 0 056 710

EP-A- 0 117 928

CA-A- 848 890

DE-A- 2 628 972

DE-A- 3 300 867

FR-A- 2 011 575

FR-A- 2 097 183

FR-A- 2 158 350

GB-A- 958 731

LU-A- 35 901

US-A- 1 338 439

US-A- 1 407 372

US-A- 1 902 089

US-A- 2 292 305

US-A- 3 052 533

US-A- 3 888 658

US-A- 4 094 665

STAHL UND EISEN, Band 97, Nr. 15, 28. Juli 1977, Seiten 723-731, Düsseldorf, DE; H.P. HAASTERT et al.: "Metallurgische und verfahrenstechnische Gesichtspunkte beim Einsatz von Eisenschwammbricks in Sauerstoffaufblaskonvertern"

(73) Patentinhaber : METALLGESELLSCHAFT AG
Reuterweg 14 Postfach 3724
D-6000 Frankfurt/M.1 (DE)

MANNESMANN Aktiengesellschaft
Mannesmannufer 2 Postfach 5501
D-4000 Düsseldorf 1 (DE)

(72) Erfinder : Formanek, Lothar
Libellenweg 67
D-6000 Frankfurt am Main (DE)
Erfinder : Hirsch, Martin
Römerstrasse 7
D-6382 Friedrichsdorf 4 (DE)
Erfinder : Schnabel, Wolfram, Dr.
Thomas-Mann-Strasse 7
D-6270 Idstein (DE)
Erfinder : Serbent, Harry, Dr.
Gustav-Hoch-Strasse 5 d
D-6450 Hanau am Main (DE)
Erfinder : Fritzsche, Klaus Dietrich
Brücktorstrasse 49
D-4200 Oberhausen 1 (DE)
Erfinder : Koenig, Heribert
Kardinal-Galen-Strasse 93
D-4100 Duisburg (DE)
Erfinder : Rath, Gero, Dr.
Wilhelm-Dörnhaus-Strasse 16
D-4330 Mülheim (DE)

(74) Vertreter : Rieger, Harald, Dr.
Reuterweg 14
D-6000 Frankfurt am Main (DE)

Anmerkung : Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von flüssigem, kohlenstoffhaltigem Eisen mit etwa 1,8 bis 2,5 % C durch Direktreduktion von eisenoxidhaltigen Materialien mittels fester kohlenstoffhaltiger Reduktionsmittel zu Eisenschwamm und Einschmelzen von Eisenschwamm in einem Elektroreduktionsofen, oder zur Herstellung von flüssigem Stahl durch Direktreduktion von eisenoxidhaltigen Materialien mittels fester kohlenstoffhaltiger Reduktionsmittel zu Eisenschwamm und Einschmelzen von Eisenschwamm in einem Elektroreduktionsofen.

Das Einschmelzen von Eisenschwamm in Elektrolichtbogenöfen führt zu Schwierigkeiten, insbesondere wenn der Lichtbogenofen ausschließlich mit Eisenschwamm beschickt wird. Unter dem Ausdruck « Lichtbogenöfen » sind direktbeheizte Lichtbogenöfen zu verstehen, bei denen die Beheizung durch zwischen den Elektroden und dem metallischen Einsatz bzw. dem Stahlbad brennende elektrische Lichtbögen erfolgt. Aus diesem Grunde wurde ein Verfahren zum Einschmelzen von Eisenschwamm in Elektroreduktionsöfen entwickelt. Unter dem Ausdruck « Elektroreduktionsöfen » sind Öfen zu verstehen, bei denen Elektroden entweder vorzugsweise in ein offenes oder halbgedecktes Schlackenbad oder in eine stehende Möller-Säule eintauchen und in denen der Energieumsatz hauptsächlich durch Widerstandserwärmung im Schlackenbad erfolgt.

Das Einschmelzen von Eisenschwamm in Elektroreduktionsöfen ist z. B. beschrieben in « Stahl und Eisen » 97 (1977), Seiten 7-17. Diese Verfahren sind in erster Linie als Ersatz für den Elektrolichtbogenofen konzipiert, d. h. für die Herstellung von Stahl mit Kohlenstoffgehalten bis zu etwa 1 %. Der eingesetzte Eisenschwamm hat Kohlenstoffgehalte von über 1 %, d. h. er stammt aus einer Direktreduktion mit gasförmigen, CO-haltigen Reduktionsmitteln. Als untere Korngröße des eingesetzten Eisenschwamms werden 6 mm angeführt und die Metallisierung beträgt etwa 90 %. Als Einsatzgut wird also ein Eisenschwamm mit höherem Kohlenstoffgehalt und guten metallurgischen Eigenschaften verwendet. Die elektrische Energie wird aus einem Netz entnommen.

Bei der Direktreduktion mittels fester kohlenstoffhaltiger Reduktionsmittel fällt ein Eisenschwamm an, der beträchtlich weniger Kohlenstoff enthält. Der Kohlenstoffgehalt liegt im allgemeinen unter 0,5 %. Außerdem fällt auch ein Teil des Eisenschwamms mit schlechteren metallurgischen Eigenschaften, d. h. mit geringerer Metallisierung und/oder kleinerer Korngröße an. Insbesondere das Einschmelzen dieses Eisenschwamms mit schlechteren metallurgischen Eigenschaften bereitet Schwierigkeiten und erfordert eventuell zusätzliche Kosten.

Aus der EP-A-0 117 928 ist es nach Art. 54(3) bekannt, Stahl durch Einschmelzen von Eisenschwamm im Lichtbogenofen zu erzeugen, wobei ein Teil des Eisenschwammes in einem Elektroreduktionsofen zu flüssigem, kohlenstoffhaltigem Eisen eingeschmolzen wird, das kohlenstoffhaltige Eisen als Bad in den Lichtbogenofen chargiert wird, der andere Eisenschwamm auf diesem Bad im Lichtbogenofen umgesetzt wird, und der Elektroreduktionsofen in Abhängigkeit von den durch den Lichtbogenofen bedingten elektrischen Lastaufnahme-Schwankungen so geregelt wird, daß eine praktisch gleichbleibende Belastung des elektrischen Netzes resultiert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den durch Direktreduktion mit festen kohlenstoffhaltigen Reduktionsmitteln erzeugten Eisenschwamm, und insbesondere den dabei anfallenden Anteil mit schlechteren metallurgischen Eigenschaften, in möglichst einfacher und wirtschaftlicher Weise einzuschmelzen.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt bei der Herstellung von kohlenstoffhaltigen Eisen erfindungsgemäß dadurch, daß

a) das Austragsmaterial der Direktreduktion in einer Magnetscheidung in Eisenschwamm mit höherer Metallisierung und/oder größerer Korngröße und Eisenschwamm mit geringerer Metallisierung und/oder kleinerer Korngröße und überschüssigen Kohlenstoff enthaltendes unmagnetisches Material getrennt wird,

b) das Abgas der Direktreduktion nachverbrannt und zur Erzeugung von elektrischer Energie benutzt wird,

c) heiße Verbrennungsgase in einem Verbrennungsaggregat erzeugt und zur Erzeugung von zusätzlicher elektrischer Energie benutzt werden,

d) mindestens ein Teil des kohlenstoffhaltigen unmagnetischen Materials gemäß (a) in das Verbrennungsaggregat gemäß (c) chargiert werden,

e) der Eisenschwamm gemäß (a) gänzlich in einem Elektroreduktionsofen eingeschmolzen wird,

f) die Summe der gemäß (b) und (c) erzeugten Mengen an elektrischer Energie mindestens der Menge an elektrischer Energie entspricht, die zum Einschmelzen des Eisenschwammes in flüssiges kohlenstoffhaltiges Eisen gemäß (e) notwendig ist und diese notwendige Menge an elektrischer Energie in den Elektroreduktionsofen geleitet wird.

Die fühlbare Wärme und die durch Nachverbrennung freigesetzte latente Wärme des Abgases der Direktreduktion werden zur Erzeugung von Dampf verwendet, und mit dem Dampf wird elektrische Energie erzeugt, die in den Elektroreduktionsofen geleitet wird. Das kohlenstoffhaltige Eisen ist ein an Kohlenstoff ungesättigtes Eisen mit etwa 1,8 bis 2,5 % C. Aus Gründen der Reaktionskinetik kann es nicht mit Kohlenstoff gesättigt werden. Zur Erzielung dieses Kohlenstoffgehaltes wird eine entsprechende Menge Kohlenstoff in den Ofen zugesetzt. Kurzzeitige Schwankungen in der Menge der erzeugten elektrischen Energie stören nicht, da der Elektroreduktionsofen mit variabler Leistungsaufnahme

betrieben werden kann. Bei längerzeitigen Schwankungen kann eine Regelung durch die Menge des eingesetzten Eisenschwamms erfolgen.

Der Einsatz in den Elektorreduktionsofen kann in heißem Zustand erfolgen. Das erzeugte Eisen kann vergossen, granuliert oder flüssig weiterverarbeitet werden. Die Direktreduktion erfolgt insbesondere im Drehrohrofen, kann aber auch auf andere Weise erfolgen, z. B. in der zirkulierenden Wirbelschicht unter Einsatz feinkörniger Erze.

Die Aufbereitung des Austragsmaterials erfolgt durch Siebung und Magnetscheidung. Sie kann als heiße oder kalte Aufbereitung durchgeführt werden. Folgende Fraktionen können bei der Aufbereitung anfallen: grober Eisenschwamm, feinkörniger Eisenschwamm, Überschußkohlenstoff, Asche und Entschwefelungsmittel. Durch die Aufbereitung ist eine genau dosierte Zugabe des im Elektorreduktionsofen erforderlichen Kohlenstoffs möglich. Dazu kann der abgetrennte Kohlenstoffüberschuß verwendet werden, insbesondere solcher, der gute Qualität hat, d. h. dessen Gehalt an Asche und Schwefel relativ niedrig ist. Der Kohlenstoffüberschuß kann auch in die Direktreduktion zurückgeführt oder anderen Zwecken zugeführt werden. Die heißen Verbrennungsgase in dem Verbrennungsaggregat können durch Verbrennung von Kohlen erzeugt werden. Als Kohlenstoff kann der abgetrennte Kohlenstoffüberschuß der Direktreduktion verwendet werden. Insbesondere der Kohlenstoff mit schlechten metallurgischen Eigenschaften — wie hoher Asche- und Schwefelgehalt — kann auf diese Weise problemlos und nutzbringend verwendet werden. Weiterhin können billige Kohlen, aber auch Gas oder Öl verwendet werden. Die Verbrennung erfolgt vorzugsweise in einer zirkulierenden Wirbelschicht. Solche Verfahren sind beschrieben in der DE-AS 2 539 546, US-PS 4 165 717, DE-OS 2 624 302, US-PS 4 111 158. Die Erzeugung der elektrischen Energie aus den heißen Verbrennungsgasen kann gemeinsam mit der Energieerzeugung aus dem Abgas der Direktreduktion oder getrennt von dieser erfolgen.

Die Lösung der oben genannten Aufgabe erfolgt bei der Herstellung von Stahl erfindungsge-
mäß dadurch, daß

a) das Austragsmaterial der Direktreduktion in einer Magnetscheidung in Eisenschwamm mit höherer Metallisierung und/oder größerer Korngröße und Eisenschwamm mit geringerer Metallisierung und/oder kleinerer Korngröße und überschüssigen Kohlenstoff enthaltendes unmagnetisches Material getrennt wird,

b) das Abgas der Direktreduktion nachverbrannt und zur Erzeugung von elektrischer Energie benutzt wird,

c) heiße Verbrennungsgase in einem Verbrennungsaggregat erzeugt und zur Erzeugung von zusätzlicher elektrischer Energie benutzt werden,

d) mindestens ein Teil des kohlenstoffhaltigen unmagnetischen Materials gemäß (a) in das Verbrennungsaggregat gemäß (c) chargiert werden,

e) ein Teil des Eisenschwammes gemäß (a) in

einem Elektorreduktionsofen zu kohlenstoffhaltigen Eisen mit etwa 1,8 bis 2,5 % C eingeschmolzen wird und der andere Teil des Eisenschwammes mit höherer Metallisierung und/oder größerer Korngröße als Kühlmittel beim Verblasen des kohlenstoffhaltigen Eisens mit etwa 1,8 bis 2,5 % C zu Stahl zugesetzt wird,

f) die Summe der gemäß (b) und (c) erzeugten Mengen an elektrischer Energie mindestens der Menge an elektrischer Energie entspricht, die zum Einschmelzen des Eisenschwammes in flüssiges kohlenstoffhaltiges Eisen gemäß (e) notwendig ist und diese notwendige Menge an elektrischer Energie in den Elektorreduktionsofen geleitet wird.

Das Verblasen zu Stahl erfolgt mittels sauerstoffhaltiger Gase, vorzugsweise technisch reinem Sauerstoff, in einem Konverter. Vorzugsweise wird als Kühlmittel der Eisenschwamm mit besseren metallurgischen Eigenschaften eingesetzt, der nach der Aufbereitung anfällt. Auf diese Weise wird der Eisenschwamm mit schlechteren metallurgischen Eigenschaften unter optimaler Ausnutzung des Wärmeinhaltes des Abgases der Direktreduktion eingeschmolzen und der Eisenschwamm mit besseren metallurgischen Eigenschaften zur Erzeugung von Stahl verwendet. Das System ist sehr flexibel. Überschüssiger Eisenschwamm mit guten metallurgischen Eigenschaften kann weiterhin für andere Zwecke verwendet werden. Ein Teil der erzeugten elektrischen Energie kann zur Erzeugung von Sauerstoff verwendet werden.

Eine vorzugsweise Ausgestaltung besteht darin, daß das im Elektorreduktionsofen erzeugte kohlenstoffhaltige Eisen aufgekohlt wird. Die Aufkohlung erfolgt zweckmäßigerweise in einer Pfanne unter Zugabe von Kohlenstoff. Dazu wird das Eisen im Elektorreduktionsofen soweit überhitzt, daß es mit einer Temperatur in die Aufkohlungsstufe gelangt, die etwa 150 °C über der Liquiduslinie liegt. Als Kohlenstoff kann abgetrennter Überschußkohlenstoff aus der Direktreduktion verwendet werden. Die Aufkohlung kann auf einen C-Gehalt bis zu etwa 4 % erfolgen.

Eine vorzugsweise Ausgestaltung besteht darin, daß die Temperatur und/oder der Gehalt an brennbaren Bestandteilen des Abgases der Direktreduktion zur Steigerung der erzeugten Menge an elektrischer Energie erhöht wird. Die Erhöhung der Temperatur und/oder des Gehaltes an brennbaren Bestandteilen erfolgt über die für die Direktreduktion erforderlichen Werte. Dies kann durch Einsatz von Kohle mit hohem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen erfolgen, die nicht in der Direktreduktion ausgenutzt werden, oder durch den Einsatz von größeren Mengen an Kohle. Dadurch kann ein größerer Teil des Eisenschwammes eingeschmolzen werden.

Eine vorzugsweise Ausgestaltung besteht darin, daß das Abgas des Elektorreduktionsofens zur Erzeugung elektrischer Energie verwendet wird.

Eine vorzugsweise Ausgestaltung besteht darin, daß das Abgas des Konverters zur Erzeugung elektrischer Energie verwendet wird.

Eine Ausgestaltung besteht darin, daß die zusätzlich erzeugte Menge an elektrischer Energie so geregelt wird, daß der gesamte Eisenschwamm zu Stahl verarbeitet wird. Wenn z. B. die mit Abgas erzeugte elektrische Energie für das Einschmelzen von 50 % des Eisenschwamms zu flüssigem kohlenstoffhaltigem Eisen mit etwa 1,8 bis 2,5 % C ausreicht und zum Verblasen dieses Eisens zu Stahl weitere 20 % des Eisenschwamms als Kühlmittel benötigt werden, verbleiben 30 % Eisenschwamm als Rest. Dann wird soviel zusätzliche elektrische Energie erzeugt, daß von den restlichen 30 % Eisenschwamm eine solche Menge zu hot metal eingeschmolzen wird, die beim Verblasen zu Stahl den anderen Rest als Kühlmittel benötigt. Dadurch kann der gesamte Eisenschwamm in ein hochwertiges Endprodukt eingeschmolzen und verarbeitet werden.

Eine vorzugsweise Ausgestaltung besteht darin, daß das Verblasen zu Stahl unter Zusatz von Energieträgern erfolgt. Die Energieträger können im festen, gasförmigen oder flüssigem Zustand in das Verblaseaggregat eingebracht werden, z. B. in Form von feinkörniger Kohle in das Bad eingeblasen werden. Beim Verblasen wird die erforderliche Wärme weitgehend durch Verbrennung von Kohlenstoff im Bad erzeugt. Wenn der mit den Einsatzstoffen eingebrachte Kohlenstoff nicht zur Deckung der erforderlichen Wärmemenge ausreicht, kann auf diese Weise die fehlende Wärmemenge direkt durch Primärenergie in wirtschaftlicher Weise eingebracht werden. Durch die Zugabe der Energieträger wird das System sehr flexibel gemacht, da durch die Zugabe der Energieträger in das Verblaseaggregat eine entsprechend größere Menge an Eisenschwamm und/oder Schrott eingegeben werden kann. In der gleichen Weise können Schwankungen in der Stromerzeugung aufgefangen werden. Diese Regelmöglichkeit besteht sowohl bei der Verblasung eines Teiles des Eisenschwammes als auch des gesamten Eisenschwamms zu Stahl.

Der Sauerstoff kann auch mittels einer Dampfturbine erzeugt werden, die direkt an den Kompressor angeschlossen ist. Der erzeugte Sauerstoff kann gespeichert werden und als Puffer für Betriebsschwankungen genutzt werden. Für die Stromerzeugung ist auch der Einsatz von Gasturbinen möglich.

Die Erfindung wird anhand einer Figur näher erläutert.

In den Drehrohrofen 1 wird die Beschickung 2, bestehend aus Eisenerz, Kohle und Zuschlägen, chargiert. Das reduzierte Material 3 wird in die Aufbereitung 4 gegeben, die aus Siebung und Magnetscheidung besteht. Zur Vereinfachung ist für jedes Produkt jeweils nur ein Ausgang dargestellt. Der Eisenschwamm mit schlechteren metallurgischen Eigenschaften 5 wird in den Elektorreduktionsofen 6 chargiert. Das Abgas 7 des Drehrohrofens 1 wird in die elektrische Energieerzeugung 8 geleitet, die aus Nachverbrennung, Dampferzeugung und Stromerzeugung besteht. Elektrische Energie 9 wird in den Elektorreduktionsofen 6 geleitet. Das erzeugte kohlenstoffhaltige Eisen

10 wird in der Aufkohlung 11, die aus einer Pfanne besteht, aufgekohlt. Das aufgekohlte Eisen 12 wird in den Konverter 13 chargiert und unter Zusatz von Eisenschwamm mit guten metallurgischen Eigenschaften 14 als Kühlmittel zu Stahl 15 verblasen. Das Abgas 16 des Elektorreduktionsofens 6 und das Abgas 17 des Converters 13 werden ebenfalls in die elektrische Energieerzeugung 8 geleitet. Das in der Aufbereitung 4 abgetrennte überschüssige kohlenstoffhaltige Material mit guten metallurgischen Eigenschaften 18a, 18b, 18c wird zum Teil in den Elektorreduktionsofen 6, zum Teil in die Aufkohlung 11 und zum Teil in den Drehrohrofen 1 chargiert. Asche und Entschwefelungsmittel werden als Abgänge 19 aus der Aufbereitung 4 abgeführt. Das überschüssige kohlenstoffhaltige Material mit schlechten metallurgischen Eigenschaften 20 wird in die Verbrennung 21 geleitet, die aus einer zirkulierenden Wirbelschicht besteht und in die weiteres kohlenstoffhaltiges Material 22 geleitet wird. Die heißen Verbrennungsgase 23 werden in die elektrische Energieerzeugung 8 geleitet. Elektrische Energie 24 wird in die Sauerstofferzeugung 25 geleitet. Der Sauerstoff 26 wird in den Konverter 13 eingesetzt. Aus einem Netz 27 kann fehlende elektrische Energie entnommen werden. Anstelle des überschüssigen kohlenstoffhaltigen Materials 18a, 18b, 18c kann auch anderer Kohlenstoff eingesetzt werden. Wenn das kohlenstoffhaltige Eisen 10 oder das aufgekohlte Eisen 12 nicht zu Stahl verblasen wird, wird es über 10 a bzw. 12 a vergossen oder granuliert.

In den Konverter 13 können über Leitung 28 Energieträger eingebracht werden, z. B. feinkörnige Kohle in das Bad eingeblasen werden.

Die Vorteile der Erfindung bestehen darin, daß der bei der Direktreduktion mit festen, kohlenstoffhaltigen Reduktionsmitteln anfallende Eisenschwamm, der einen relativ geringen Gehalt an Kohlenstoff enthält, unter optimaler Ausnutzung des Wärmeinhaltes der Abgase eingeschmolzen werden kann. Insbesondere kann der Anteil des Eisenschwammes, der schlechtere metallurgische Eigenschaften aufweist, in ein unbeschränkt verwendbares Vorprodukt verarbeitet werden. Es ist ein integrierter Prozeß ohne Fremdenergie oder mit billig erzeugter Fremdenergie möglich. Das Verfahren kann sehr variabel betrieben werden. Der gesamte Eisenschwamm kann in ein wertvolles Vormaterial mit wesentlich geringerem Volumen und problemlosen Eigenschaften im Hinblick auf Transport und Lagerung verarbeitet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von flüssigem, kohlenstoffhaltigen Eisen mit etwa 1,8 bis 2,5 % C durch Direktreduktion von eisenoxidhaltigen Materialien mittels fester kohlenstoffhaltiger Reduktionsmittel zu Eisenschwamm und Einschmelzen von Eisenschwamm in einem Elektorreduktionsofen, wobei

a) das Austragsmaterial der Direktreduktion in

einer Magnetscheidung in Eisenschwamm mit höherer Metallisierung und/oder größerer Korngröße und Eisenschwamm mit geringerer Metallisierung und/oder kleinerer Korngröße und überschüssigen Kohlenstoff enthaltendes unmagnetisches Material getrennt wird,

b) das Abgas der Direktreduktion nachverbrannt und zur Erzeugung von elektrischer Energie benutzt wird,

c) heiße Verbrennungsgase in einem Verbrennungsaggregat erzeugt und zur Erzeugung von zusätzlicher elektrischer Energie benutzt werden,

d) mindestens ein Teil des kohlenstoffhaltigen unmagnetischen Materials gemäß (a) in das Verbrennungsaggregat gemäß (c) chargiert werden,

e) der Eisenschwamm gemäß (a) gänzlich in einem Elektorreduktionsofen eingeschmolzen wird,

f) die Summe der gemäß (b) und (c) erzeugten Mengen an elektrischer Energie mindestens der Menge an elektrischer Energie entspricht, die zum Einschmelzen des Eisenschwammes in flüssiges kohlenstoffhaltiges Eisen gemäß (e) notwendig ist und diese notwendige Menge an elektrischer Energie in den Elektorreduktionsofen geleitet wird.

2. Verfahren zur Herstellung von flüssigen Stahl durch Direktreduktion von eisenoxidhaltigen Materialien mittels fester kohlenstoffhaltiger Reduktionsmittel zu Eisenschwamm und Einschmelzen von Eisenschwamm in einem Elektorreduktionsofen, wobei

a) das Austragsmaterial der Direktreduktion in einer Magnetscheidung in Eisenschwamm mit höherer Metallisierung und/oder größerer Korngröße und Eisenschwamm mit geringerer Metallisierung und/oder kleinerer Korngröße und überschüssigen Kohlenstoff enthaltendes unmagnetisches Material getrennt wird,

b) das Abgas der Direktreduktion nachverbrannt und zur Erzeugung von elektrischer Energie benutzt wird,

c) heiße Verbrennungsgase in einem Verbrennungsaggregat erzeugt und zur Erzeugung von zusätzlicher elektrischer Energie benutzt werden,

d) mindestens ein Teil des kohlenstoffhaltigen unmagnetischen Materials gemäß (a) in das Verbrennungsaggregat gemäß (c) chargiert werden,

e) ein Teil des Eisenschwammes gemäß (a) in einem Elektorreduktionsofen zu kohlenstoffhaltigem Eisen mit etwa 1,8 bis 2,5 % C eingeschmolzen wird und der andere Teile des Eisenschwammes mit höherer Metallisierung und/oder größerer Korngröße als Kühlmedium beim Verblasen des kohlenstoffhaltigen Eisens mit etwa 1,8 bis 2,5 % C zu Stahl zugesetzt wird,

f) die Summe der gemäß (b) und (c) erzeugten Mengen an elektrischer Energie mindestens der Menge an elektrischer Energie entspricht, die zum Einschmelzen des Eisenschwammes in flüssiges kohlenstoffhaltiges Eisen gemäß (e) notwendig ist und diese notwendige Menge an elektrischer Energie in den Elektorreduktionsofen geleitet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 dadurch

gekennzeichnet, daß das im Elektorreduktionsofen erzeugte kohlenstoffhaltige Eisen aufgekühlt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur und/oder der Gehalt an brennbaren Bestandteilen des Abgases der Direktreduktion zur Steigerung der erzeugten Menge an elektrischer Energie erhöht wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Abgas des Elektorreduktionsofens zur Erzeugung elektrischer Energie verwendet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Abgas des Konverters zur Erzeugung elektrischer Energie verwendet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzlich erzeugte Menge an elektrischer Energie so geregelt wird, daß der gesamte Eisenschwamm zu Stahl verarbeitet wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Verblasen zu Stahl unter Zusatz von Energieträgern erfolgt.

Claims

1. Process for producing molten carbon-containing iron with approximately 1.8 to 2.5 % C by direct reduction of iron oxide-containing materials by means of solid carbon-containing reduction means into sponge iron and melting down sponge iron in a submerged arc furnace,

a) the product material of the direct reduction process being separated by magnetic separation into sponge iron with higher metallisation and/or larger grain size and sponge iron with lower metallisation and/or smaller grain size and non-magnetic material containing excess carbon,

b) the waste gas from the direct reduction being subsequently burnt and used to generate electrical energy,

c) hot combustion gases being produced in a combustion aggregate and used for generating additional electrical energy,

d) at least a part of the carbon-containing non-metallic material in (a) being charged into the combustion aggregate in (c),

e) the sponge iron in (a) being completely melted down in a submerged arc furnace,

f) the total of the amounts of electrical energy generated in (b) and (c) corresponding to at least the amount of electrical energy which is necessary for melting down the sponge iron into molten carbon-containing iron in (e) and this necessary amount of electrical energy being supplied to the submerged arc furnace.

2. Process for producing molten steel by direct reduction of iron oxide-containing materials by means of solid carbon-containing reduction means into sponge iron and melting down sponge iron in a submerged arc furnace,

a) the product material of the direct reduction

process being separated by magnetic separation into sponge iron with higher metallisation and/or larger grain size and sponge iron with lower metallisation and/or smaller grain size and non-magnetic material containing excess carbon,

b) the waste gas from the direct reduction being subsequently burnt and used to generate electrical energy,

c) hot combustion gases being produced in a combustion aggregate and used for generating additional electrical energy,

d) at least a part of the carbon-containing non-metallic material in (a) being charged into the combustion aggregate in (c),

e) one part of the sponge iron in (a) being melted down in a submerged arc furnace to carbon-containing iron with approximately 1.8 to 2.5 % C and the other part of the sponge iron with higher metallisation and/or larger grain size being added as a cooling medium in blowing the carbon-containing iron with approximately 1.8 to 2.5 % C into steel,

f) the total of the amounts of electrical energy generated in (b) and (c) corresponding to at least the amount of electrical energy which is necessary for melting down the sponge iron into molten carbon-containing iron in (e) and this necessary amount of electrical energy being supplied to the submerged arc furnace.

3. Process according to Claim 1 or 2, characterised in that the carbon-containing iron produced in the submerged arc furnace is carburised.

4. Process according to one of Claims 1 to 3, characterised in that the temperature and/or the content of combustible constituents of the waste gas of the direct reduction is increased to increase the amount of electrical energy produced.

5. Process according to one of Claims 1 to 4, characterised in that the waste gas of the submerged arc furnace is used to generate electrical energy.

6. Process according to one of Claims 2 to 5, characterised in that the waste gas from the converter is used to generate electrical energy.

7. Process according to Claim 3, characterised in that the amount of electrical energy additionally produced is controlled so that all the sponge iron is processed into steel.

8. Process according to one of Claims 3 to 7, characterised in that the blowing into steel occurs with the addition of energy carriers.

Revendications

1. Procédé de préparation de fer liquide contenant du carbone, ayant de 1,8 à 2,5 % environ de C, par réduction directe de matériaux contenant de l'oxyde de fer, au moyen d'agents réducteurs solides et contenant du carbone, en éponge de fer, et par fusion de l'éponge de fer dans un four électrique de réduction qui consiste :

a) à séparer la matière déchargée de la réduction directe, dans une séparation magnétique, en éponge de fer ayant une grande métallisation

et/ou une grande granulométrie et en éponge de fer ayant une plus petite métallisation et/ou une plus petite granulométrie et en un matériau amagnétique contenant du carbone en excès ;

b) à brûler l'effluent gazeux de la réduction directe et à l'utiliser pour produire de l'énergie électrique ;

c) à produire des gaz de combustion chauds dans un équipement de combustion et à les utiliser pour produire de l'énergie électrique supplémentaire ;

d) à charger au moins une partie du matériau amagnétique et contenant du carbone suivant (a) dans l'équipement de combustion suivant (c) ;

e) à faire fondre l'éponge de fer suivant (a) en son entier dans un four électrique de réduction ;

f) la somme des quantités d'énergie électrique produites suivant (b) et (c) correspondant au moins à la quantité d'énergie électrique qui est nécessaire suivant (e) pour fondre l'éponge de fer en fer liquide contenant du carbone et cette quantité d'énergie électrique nécessaire étant envoyée au four électrique de réduction.

2. Procédé de préparation d'acier liquide, par réduction directe de matériaux contenant de l'oxyde de fer, au moyen d'agents réducteurs solides et contenant du carbone, en éponge de fer, et par fusion de l'éponge de fer dans un four électrique de réduction qui consiste :

a) à séparer la matière déchargée de la réduction directe, dans une séparation magnétique, en éponge de fer ayant une grande métallisation et/ou une grande granulométrie et en éponge de fer ayant une plus petite métallisation et/ou une plus petite granulométrie et en un matériau amagnétique contenant du carbone en excès ;

b) à brûler l'effluent gazeux de la réduction directe et à l'utiliser pour produire de l'énergie électrique ;

c) à produire des gaz de combustion chauds dans un équipement de combustion et à les utiliser pour produire de l'énergie électrique supplémentaire ;

d) à charger au moins une partie du matériau amagnétique et contenant du carbone suivant (a) dans l'équipement de combustion suivant (c) ;

e) à fondre une partie de l'éponge de fer suivant (a) dans un four électrique de réduction en du fer contenant du carbone et ayant de 1,8 à 2,5 % de C environ et à ajouter l'autre partie de l'éponge de fer ayant une grande métallisation et/ou une grande granulométrie, comme milieu de refroidissement, lors de la conversion du fer, contenant du carbone et ayant de 1,8 à 2,5 % environ de C, en acier ;

f) la somme des quantités d'énergie électrique produites suivant (b) et (c) correspondant au moins à la quantité d'énergie électrique qui est nécessaire suivant (e) pour fondre l'éponge de fer en fer liquide et contenant du carbone et cette quantité d'énergie électrique nécessaire étant envoyée au four électrique de réduction.

3. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il consiste à carburer le fer contenant du carbone et produit dans le four

électrique de réduction.

4. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il consiste à élever la température et/ou à augmenter la teneur en constituants combustibles de l'effluent gazeux de la réduction directe pour augmenter la quantité d'énergie électrique produite.

5. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il consiste à utiliser l'effluent gazeux du four électrique de réduction pour produire de l'énergie électrique.

6. Procédé suivant l'une des revendications 2 à

5, caractérisé en ce qu'il consiste à utiliser l'effluent gazeux du convertisseur pour produire de l'énergie électrique.

7. Procédé suivant la revendication 3, caractérisé en ce qu'il consiste à régler la quantité d'énergie électrique produite en supplément de manière à transformer toute l'éponge de fer en acier.

8. Procédé suivant l'une des revendications 3 à 7, caractérisé en ce qu'il consiste à effectuer la conversion en acier, avec addition de sources d'énergie.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

7

