



Ausschliessungspatent

Erteilt gemäÙ § 5 Absatz 1 des Aenderungsgesetzes
zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461.

(11)

1575 65

Int.Cl.³

3(51) C 21 B 13/02

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veroeffentlicht

(21) AP C 21 B/ 2285 301

(22) 23.03.81

(45) 17.11.82

(71) siehe (73)

(72) SANTEN, SVEN; JOHANSSON, BOERJE; SE;

(73) SKF STEEL ENGINEERING AB, HOFORS; SE;

(74) IPB (INTERNATIONALES PATENTBUERO BERLIN), 1020 BERLIN, WALLSTR. 23/24

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG VON EISENSCHWAMM

(57) Durch das Verfahren und die Vorrichtung zur Herstellung von Eisenschwamm sollen die Investitionskosten und der Energieverbrauch gegenueber herkoemmlichen Verfahren gesenkt werden. AufgabengemäÙ wird Eisenschwamm durch kontinuierliche Reduktion von Eisenoxiden hergestellt, wobei erfindungsgemäÙ aus einem Reduktionsschacht das Reaktionsgas entfernt, dem Reaktionsgas das CO₂ und H₂O entzogen, das Reaktionsgas in wenigstens zwei Teilstroeme aufgeteilt und ein Teilstrom einem Gasgenerator zugeleitet wird. Das Reaktionsgas wird erhitzt und nach weiteren Verfahrensschritten ist reduziertes Eisen aus dem Schachtofen entnehmbar. Die Vorrichtung weist in einem Schachtofen einen Reaktionsschacht auf. Im oberen Bereich des Schachtofens ist eine Anordnung zur Entfernung des Reaktionsgases vorgesehen. Weiterhin sind Gaswaescher, Trennungseinrichtungen, ein Gasgenerator, ein Plasmabrenner und Duesen sowie eine Mischvorrichtung vorhanden. -Figur-

228530 1

- 1 -

Berlin, den 18.5.1981

G 21 B/228 530/1

58 975/26

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Eisenschwamm

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Eisenschwamm.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bekannte Verfahren zur Herstellung von Eisenschwamm, bei denen Kohle als Reduktionsmittel verwendet wird, sind hauptsächlich folgende:

- a) Das Drehherdofen-Verfahren, bei welchem Steinkohle zusammen mit dem zu reduzierenden Erz in einem schräg liegenden Drehherdofen verwendet wird. Die Schwierigkeit bei diesem Verfahren besteht darin, daß hauptsächlich infolge der kinetischen Energie mit relativ hohen Temperaturen, vorzugsweise 1000 °C, gearbeitet werden muß, was beträchtliche Probleme durch Verstopfung und Materialanhäufung in der Reaktionskammer verursacht.
- b) Verwendung eines Schachtofens in Kombination mit einer Einrichtung zur Kohlevergasung, welche auf einer teilweisen Verbrennung beruht. Die Nachteile dieses bekannten Verfahrens sind hauptsächlich die extrem hohen Investitionskosten für die Vergasungseinrichtung und auch der überaus hohe Energieverbrauch.
- c) Das Verfahren nach der SE-PS 73 04 332-5 beschreibt eine Lösung, bei welchem Kohle in fester Form unter Verwendung

228530 1

-2-

18.5.1981

C 21 B/228 530/1

58 975/26

eines Plasmagenerators direkt vergast wird. Die Nachteile dieses Verfahrens bestehen darin, daß die Kohlezufuhr äußerst genau eingestellt werden muß und sich bei einigen Kohlearten Probleme bei der Handhabung der Asche ergeben. Außerdem besitzt das erzeugte Gas einen Wasserstoffgehalt, welcher niedriger ist, als er für Reduktionszwecke ideal wäre.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, die Investitionskosten und den Energieverbrauch zu senken.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Eisenschwamm durch kontinuierliche Reduktion von Eisenoxiden in einem Schachtofen zu schaffen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß ein Reduktionsgas im Gegenstrom zu den Eisenoxiden durch den Schachtofen geleitet wird. Das Reaktionsgas besteht hauptsächlich aus CO und H₂, wobei es aus Rezirkulationsgas erzeugt wird, d. h. aus dem den Schachtofen verlassenden Reaktionsgas sowie aus einem Extragas, welches aus festem Reduktionsmittel mit Hilfe eines Plasmagenerators hergestellt wird. Dieses Rezirkulationsgas wird zunächst im wesentlichen von CO₂ und H₂O befreit und dann in zwei Teilströme aufgeteilt, von denen einer, dem Plasmagenerator zugeleitet wird. Der Plasmagenerator besteht aus einem Gas-erzeuger-Schacht, der im wesentlichen mit einem festen Reduktionsmittel wie Koks oder dgl. gefüllt ist. Ein Plasma-brenner ist im unteren Bereich des Schachtes angeordnet und

228530 1

-3-

18.5.1981

C 21 B/228 530/1

58 975/26

in den den Plasmabrenner verlassenden, heißen Gasstrom wird Wasser und/oder Sauerstoffgas eingeblasen, so daß das Wasser und/oder das Sauerstoffgas mit dem Reduktionsmittel zur Reaktion gebracht werden und eine Mischung aus hauptsächlich CO und H_2 entsteht. Die Temperatur des erzeugten Gases wird auf einer derartigen Höhe gehalten, daß im festen Reduktionsmittel enthaltene Asche eine Schlacke bildet. Die den Gasgenerator verlassende heiße CO- H_2 -Mischung wird mit wenigstens einem der anderen Teilströme des gereinigten Rezirkulationsgases in einem derartigen Verhältnis gemischt, daß die Temperatur der endgültigen Gasmischung für das Reduktionsverfahren geeignet ist. Als Oxidationsmittel kann Wasser oder Sauerstoff verwendet werden.

Gemäß einer Besonderheit der Erfindung wird die Temperatur des im Gaserzeuger-Schacht erzeugten Gases auf einen Temperaturbereich von 1300 - 1500 °C eingestellt. Vorzugsweise wird auch, bevor die fertige Gasmischung dem unteren Teil des Schachtofens zugeführt wird, ihre Temperatur auf 700 - 1000 °C gebracht, in dem sie mit dem zweiten Teilstrom gemischt wird, wobei vorteilhaft die Temperatur des Reduktionsgases vor dem Einblasen in den Reduktionsschacht 825 °C beträgt.

Nach einer weiteren Besonderheit der Erfindung wird das Rezirkulationsgas in einem Gaswäscher gereinigt, bis ein CO_2 -Gehalt vorzugsweise unter 2 % beträgt. In allen Fällen ist es möglich, die Zwischengasmischung durch einen Schwefelfilter zu leiten.

Als Reduktionsmittel ist Koks verwendbar. Zusätzliche Reduktionsmittel wie Kohlenstaub können eingeblasen werden.

228530 1

-4-

18.5.1981

G 21 B/228 530/1

58 975/26

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Herstellung von Eisenschwamm besitzt ein System zur Erzeugung von Reduktionsgas, welches eine Reinigungseinrichtung, die aus einem CO₂-Wäscher besteht, der als aktiven Wirkstoff Monoäthanolamin enthält, für das die Reaktionskammer verlassende Reaktionsgas und einen damit verbundenen Gaserzeuger-Schacht aufweist, um einen Teil des auf diese Weise gereinigten Reduktionsgases aufzunehmen. Der Gaserzeuger-Schacht weist einen Plasmabrenner bzw. Plasmagenerator auf und kann mit einem festen Reduktionsmittel wie Koks im wesentlichen gefüllt werden. Zufuhreinrichtungen für das gesteuerte Einbringen von Wasser und/oder Sauerstoffgas sowie wahlweise von zusätzlichem Reduktionsmittel in Pulverform in das vom Brenner erzeugte Plasmagas sind außerdem vorgesehen. Unter dem Gaserzeuger-Schacht ist ein einstellbarer Mischer vorgesehen, um den Teil des Reduktionsgases aus dem Schacht mit einem zweiten unbehandelten Teil des gereinigten Reaktionsgases zu mischen. Außerdem ist im unteren Abschnitt der Reaktionskammer zum Einbringen der auf diese Weise erhaltenen endgültigen Gasmischung ein Gebläse vorgesehen. Weiterhin sind ein Kompressor, Anordnungen zur Entfernung der Schlacke, ein Schwefelfilter und eine Injektionsfläche, die vor dem Plasmabrenner liegt, vorgesehen.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend anhand der zugehörigen Zeichnung näher erläutert werden.

Die Reduktion von Eisenoxidbrocken wird in einem Reduktionsschacht 1 durchgeführt. Die Eisenoxidbrocken 2 werden durch einen Keilschieber 3 in den Reduktionsschacht 1 eingebracht und durch einen Gegenstrom eines heißen Reduktionsgases, das hauptsächlich aus Kohlenmonoxid und Wasserstoffgas besteht,

228530 1

-5-

18.5.1981

C 21 B/228 530/1

58 975/26

welches im Boden 4 des unteren Abschnitts des Reduktionsschachtes 1 eingeblasen wird, behandelt. Das Eisenschwamm-Produkt wird durch einen Auslaß 5 im Boden 4 des Schachtes 1 entfernt. Das Reduktionsgas, von welchem 30-50 % reagiert hat, wird vom oberen Teil des Reduktionsschachtes 1 durch einen Auslaß 6 entfernt.

Das auf diese Weise aus dem Reduktionsschacht 1 entfernte Gas enthält neben 50-70 % unreaktiertem CO und H₂ auch die Reaktionsprodukte CO₂ und H₂O. Da dieses Gas noch relativ hohe Anteile an CO und H₂ enthält, kann es erneut im Verfahren verwendet werden. Um jedoch als Reduktionsgas erneut verwendet werden zu können, muß der Gehalt an CO₂ und H₂O auf weniger als 5 % herabgesetzt werden. Dies wird dadurch erreicht, daß das Gas durch einen Gaswäscher (CO₂/H₂O-Wäscher) 7 geleitet wird. Wenn das Gas durch diesen Gaswäscher 7 hindurchströmt, wird es nicht nur von den Reaktionsprodukten CO₂ und H₂O befreit, sondern der tatsächliche Waschprozeß ermöglicht einen Ausgleich der Gasmenge, so daß ein Zurückschlagen des Gases vermieden werden kann. Der Gaswäscher 7 kann beispielsweise Monoäthanolamin als aktive Substanz enthalten, und der Gehalt an CO₂ im Gas kann beim Durchgang durch den Gaswäscher 7 auf unter 2 % herabgesetzt werden.

Im Anschluß an den Gaswäscher 7 strömt das Gas zu einem Kompressor 8, in welchem der für das Verfahren erforderliche Druckanstieg erzeugt wird, und wird dann in wenigstens zwei Teilströme 9 und 10 aufgeteilt.

228530 1

-6-

18.5.1981

C 21 B/228 530/1

58 975/26

Der Teilstrom 9, welcher Raumtemperatur besitzt, wird in einen Gasgenerator 11 geleitet, in welchem das erforderliche Extragas aus einem festen Reduktionsmittel, vorzugsweise Koks sowie Wasser und/oder Sauerstoffgas erzeugt wird. Der Teilstrom 9 wird als Plasmagas in dem Gasgenerator 11 verwendet, und die Menge an für den Gaserzeugungs-Prozeß erforderlicher Energie wird in einem Plasmabrenner 12 geliefert. Der Gasgenerator 11 wird mit einem festen Reduktionsmittel, vorzugsweise Koks, im wesentlichen gefüllt. Ein Oxidationsmittel, vorzugsweise Wasser und/oder Sauerstoffgas, wird dem Gasgenerator über Düsen 13 zugeleitet, so daß es den den Plasmabrenner 12 verlassenden heißen Gasstrom durchdringt. Ein besonderes Reduktionsmittel kann wahlweise z. B. in Pulverform dem den Plasmabrenner 12 verlassenden heißen Gasstrom über Blasdüsen 13a zugesetzt werden. Dieses zusätzliche Reduktionsmittel ist vorzugsweise Kohlenstaub mit einer Teilchengröße von unter 20 Maschen und vorzugsweise unter 100 Maschen. Der heiße Gasstrom vom Plasmabrenner 12 muß dadurch auf das Reduktionsmittel einwirken und CO und H_2 bilden. Die Energiezufuhr im Gasgenerator 11 wird derart geregelt, daß die im Kohlenstaub vorhandene Asche zu einer Schlacke 14 geschmolzen wird, welche vom unteren Teil des Gasgenerators 11 in flüssiger oder fester Form über eine Abstichleitung 16 entfernt werden kann. Infolge der Zusammensetzung der Asche wird die Temperatur vorzugsweise derart ausgewählt, daß sie zwischen 1300 und 1500 °C liegt.

Das in der Vorrichtung erzeugte Reduktionsgas kann neben CO und H_2 auch Schwefel enthalten, welcher im Reduktionsmittel enthalten war. Diese Zwischengasmischung wird daher durch einen Schwefelfilter 15 (beispielsweise einen Dolomit-Filter) geleitet, in welchem der Schwefelgehalt auf eine annehmbare Höhe für das Eisenschwamm-Verfahren, vorzugsweise unter

228530 1

-7-

18.5.1981

C 21 B/228 530/1

58 975/26

75 ppm, gesenkt wird.

Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung kann der Schwefelfilter 15 in den Gasgenerator selbst eingebaut werden, indem das Koks Bett mit einem für diesen Zweck geeigneten Material versehen wird.

Das den Schwefelfilter 15 verlassende Gas hat eine wesentlich über der Temperatur liegende Temperatur, welche für das Eisenschwamm-Verfahren erforderlich ist, so daß seine Temperatur durch Mischung in einem geeigneten Verhältnis mit dem kalten gewaschenen Gas im Teilstrom 10 gesenkt wird, um eine für das Verfahren geeignete Temperatur, beispielsweise 750 - 1000 °C, vorzugsweise 825 °C zu erreichen. Während zum Mischen des Generatorgases mit dem Teilstrom 10 eine besondere Mischeinrichtung verwendet werden kann, kann man auch den Teilstrom 10 teilweise oder insgesamt von oben her in den Gasgenerator 11 einleiten und dadurch den Gasgenerator 11 als Mischkammer verwenden.

Durch die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens und Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung werden bedeutende technische Vorteile erreicht. In dieser Beziehung kann die Gaserzeugung bei einer Temperatur stattfinden, daß die Asche Schlacke 14 bildet, welche leicht zu handhaben ist und abgezapft werden kann, ohne daß Verstopfungsprobleme im Verfahren verursacht werden. Der Wasserstoffgehalt des Reduktionsgases kann auf eine Menge eingestellt werden, welche für das Reduktionsverfahren geeignet ist, und zwar durch den Waschprozeß und das anschließende Einspritzen von Wasser und/oder Sauerstoffgas in den Gasgenerator 11. Außerdem

228530 1

-8-

18.5.1981

C 21 B/228 530/1

58 975/26

bietet die Kombination der Gaswaschung und Gaserzeugung bei erhöhten Temperaturen vorteilhafte Möglichkeiten eines Ausgleichs der Gasmenge im System und der Regelung der Reduktionstemperatur. Gleichzeitig wird eine hohe Energieausbeute erreicht, da die vom Plasmabrenner 12 gelieferte Energie im wesentlichen vollständig im Verfahren verbraucht wird, d. h. die Temperatureinstellung wird durch Zusetzen von kühlerem zurückfließendem Reduktionsgas erreicht, anstatt dem System Wärme zu entziehen.

Sollten bei der Bindung der Asche vom festen Reduktionsmittel in einer Schlackenphase Schwierigkeiten auftreten, können Additive verwendet werden, welche die Eigenschaften der Schlacke wie beispielsweise den Schmelzpunkt, die Schwefelabsorption usw. beeinflussen, wie beispielsweise Alkaliverbindungen und Kalk. Diese Additive werden vorzugsweise mit dem festen Reduktionsmittel vermischt.

228530 1

-9-

18.5.1981

C 21 B/228 530/1

58 975/26

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur Herstellung von Eisenschwamm durch kontinuierliche Reduktion von Eisenoxiden in einem Schachtofen, gekennzeichnet dadurch, daß aus einem Reduktionsschacht (1) das Reaktionsgas entfernt, diesem Reaktionsgas im wesentlichen das gesamte CO_2 und H_2O entzogen, das Reaktionsgas in wenigstens zwei Teilströme (9; 10) aufgeteilt und ein Teilstrom (9) einem hauptsächlich mit festem Reduktionsmittel gefüllten Gasgenerator (11) zugeleitet wird, welcher einen Plasmabrenner (12) und Einrichtungen wie Düsen (13) zum Einspritzen eines Oxidationsmittels besitzt, wobei das Reaktionsgas durch den Plasmabrenner (12) erhitzt wird und in das erhitzte Gas das Oxidationsmittel eingeblasen wird, um eine Zwischengasmischung auszubilden, welche hauptsächlich aus CO und H_2 besteht, danach diese Zwischengasmischung auf einer derartigen Temperatur gehalten wird, daß in dem festen Reduktionsmittel enthaltene Asche eine Schlacke bildet, daß weiterhin dieses Zwischengas mit wenigstens einem Teilstrom (10) in einem derartigen Verhältnis gemischt wird, daß die Temperatur des sich ergebenden Reduktionsgases zur Reduktion von Eisenoxiden in dem Reduktionsschacht (1) geeignet ist, wobei dieses Reduktionsgas in den unteren Teil wie Boden (4) des Schachtofens eingeblasen und durch den Schachtofen nach oben geleitet wird, wodurch Eisenoxide in dem Schachtofen reduzierbar sind, wonach das reduzierte Eisen aus dem Ofen entnommen wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Oxidationsmittel Wasser oder Sauerstoff ist.

228530 1

-10-

18.5.1981

C 21 B/228 530/1

58 975/26

3. Verfahren nach Punkt 2, gekennzeichnet dadurch, daß die Zwischengasmischung auf einer Temperatur von etwa 1300 bis 1500 °C gehalten wird.
4. Verfahren nach Punkt 3, gekennzeichnet dadurch, daß das Zwischengas mit wenigstens einem Teilstrom (10) in einem derartigen Verhältnis gemischt wird, daß die Temperatur des entstehenden Reduktionsgases vor dem Einblasen in den Schachtofen (1) zwischen 700 und 1000 °C liegt.
5. Verfahren nach Punkt 4, gekennzeichnet dadurch, daß die Temperatur des Reduktionsgases vor dem Einblasen in den Reduktionsschacht (1) annähernd 825 °C beträgt.
6. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß CO₂ und H₂O dem Reaktionsgas durch eine Gaswaschung entzogen werden, bis der Gehalt an CO₂ weniger als etwa 2 % beträgt.
7. Verfahren nach einem der Punkte 1 bis 6, gekennzeichnet dadurch, daß als Reduktionsmittel Koks verwendet wird.
8. Verfahren nach einem der Punkte 1 bis 6, gekennzeichnet dadurch, daß in das erhitzte Gas vom Plasmabrenner (12) zusätzliches Reduktionsmittel eingeblasen wird.
9. Verfahren nach Punkt 8, gekennzeichnet dadurch, daß als zusätzliches Reduktionsmittel Kohlenstaub mit einer Teilchengröße von unter 20 Maschen verwendet wird.

228530 1

-11-

18.5.1981

C 21 B/228 530/1

58 975/26

10. Verfahren nach Punkt 10, gekennzeichnet dadurch, daß als zusätzliches Reduktionsmittel Kohlenstaub mit einer Teilchengröße von unter 100 Maschen verwendet wird.
11. Verfahren nach einem der Punkte 1 bis 6, gekennzeichnet dadurch, daß die Zwischengasmischung durch einen Schwefelfilter (15) hindurchgeleitet wird.
12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, gekennzeichnet dadurch, daß sie in einem Schachtofen einen Reduktionsschacht (1) zur Reaktion von Eisenoxiden durch ein Reaktionsgas besitzt, welches im wesentlichen aus CO und H_2 besteht, daß mit dem oberen Bereich des Schachtofens eine Anordnung wie der Auslaß (6) zur Entfernung des Reaktionsgases aus dem Ofen verbunden ist, daß Reinigungseinrichtungen wie Gaswäscher (7) zur Entfernung von CO_2 aus dem Reaktionsgas vorgesehen sind, daß Einrichtungen zur Trennung des gereinigten Reaktionsgases in wenigstens zwei Teilströme (9; 10) vorgesehen sind, daß ein Gasgenerator (11) zur Aufnahme wenigstens eines der Teilströme (9; 10) vorgesehen ist, welcher einen Plasmabrenner (12) sowie Düsen (13) zum Einblasen eines festen Reduktionsmittels und eines Oxidationsmittels in das vom Plasmabrenner (12) erhitzte Gas besitzt, um eine Zwischengasmischung zu erzeugen, welche hauptsächlich aus CO und H_2 besteht, daß eine Mischeinrichtung zur gesteuerten Mischung dieser Zwischengasmischung mit wenigstens einem Teilstrom (10) der Teilströme (9; 10) des Reaktionsgases vorgesehen ist, um ein Reaktionsgas herzustellen, und daß Einrichtungen zum Einblasen dieses Reaktionsgases in den unteren Boden (4) des Schachtofens vorgesehen sind.

228530 1

-12-

18.5.1981

C 21 B/228 530/1

58 975/26

13. Vorrichtung nach Punkt 12, gekennzeichnet dadurch, daß der Gaswäscher (7) aus einem CO_2 -Wäscher besteht.
14. Vorrichtung nach Punkt 13, gekennzeichnet dadurch, daß der CO_2 -Wäscher als aktiven Wirkstoff Monoäthanolamin enthält.
15. Vorrichtung nach Punkt 12, gekennzeichnet dadurch, daß zwischen dem Gaswäscher (7) und der Einrichtung zur Trennung des gereinigten Reaktionsgases ein Kompressor (8) angeordnet ist.
16. Vorrichtung nach einem der Punkte 12 bis 15, gekennzeichnet dadurch, daß der Gasgenerator (11) Anordnungen wie eine Abstrichleitung (16) zur Schlackenentfernung aufweist.
17. Vorrichtung nach einem der Punkte 12 bis 15, gekennzeichnet dadurch, daß zwischen dem Gasgenerator (11) und der Mischeinrichtung ein Schwefelfilter (15) vorgesehen ist.
18. Vorrichtung nach einem der Punkte 12 bis 15, gekennzeichnet dadurch, daß im Gasgenerator (11) ein Schwefelfilter (15) eingebaut ist.
19. Vorrichtung nach einem der Punkte 12 bis 15, gekennzeichnet dadurch, daß eine Blasdüse (13a) zum Einbringen von zusätzlichem Reduktionsmittel in Pulverform in das vom Plasmabrenner (12) erhitzte Gas vorgesehen ist.

228530 1

-13-

18.5.1981

C 21 B/228 530/1

58 975/26

20. Vorrichtung nach Punkt 19, gekennzeichnet dadurch, daß die Blasdüsen (13a) eine Injektionsfläche unmittelbar vor dem Plasmabrenner (12) aufweisen.

21. Vorrichtung nach einem der Punkte 12 bis 15, gekennzeichnet dadurch, daß die Düsen (13) eine Injektionsfläche unmittelbar vor dem Plasmabrenner (12) besitzen.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

228530 1

- 14 -

