



Ausschliessungspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

PATENTCHRIFT

ISSN 0433-6461

(11)

209 849

Int.Cl.³

3(51) C 21 B 13/00

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP C 21 B/ 2510 336

(22) 18.05.83

(44) 23.05.84

(71) siehe (73)

(72) BECERRA-NOVOA, JORGE O.; CANTU-HERNANDEZ, FRANCISCO; MARTINEZ-VERA, ENRIQUE R.; MX;

(73) HYLSA SA; MONTERREY, MX

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR KONTROLLE DER METALLISIERUNG UND ZEMENTIERUNG BEI DER REDUKTION VON EISENERZ ZU SCHWAMMEISEN**

(57) Verfahren zum Betreiben eines vertikalen Bewegtbett-Reduktionsreaktors zum Reduzieren von Eisenerz zu Schwammeisen mit einer Reduktionszone im oberen Teil des Reaktors und einer Kühlzone im unteren Teil des Reaktors, bei dem man den gewünschten Grad der Metallisierung des reduzierenden Erzes in der Reduktionszone und den gewünschten Grad der Zementierung in der Kühlzone erhält, wobei das Verfahren dadurch gekennzeichnet ist, daß man in den Reaktor einen vorbestimmten Strom eines Reduktionsgases aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff zuführt und daß man das Verhältnis des Reduktionsgasstroms in der Reduktionszone zu dem Reduktionsgasstrom in der Kühlzone so einstellt, daß wenigstens die in der Reduktionszone erfolgende Metallisierung und die in der Kühlzone erfolgende Zementierung verändert werden, wobei man die Kohlendioxidkonzentration in der Reduktionszone auf einen Wert einstellt, bei welchem man dort den gewünschten Grad der Metallisierung erzielt und bei dem man den Kohlendioxidgehalt in der Kühlzone auf einen Wert einstellt, bei dem man den gewünschten Grad der Zementierung in der Kühlzone erhält.

Verfahren und Vorrichtung zur Kontrolle der Metallisierung und Zementierung bei der Reduktion von Eisenerz zu Schwammeisen

ANWENDUNGSGEBIET DER ERFINDUNG:

Die Erfindung betrifft die gasförmige Reduktion von körnigem Metallerz zu Metall in körniger Form in einem Bewegtbedtreaktor mit senkrechtem Schacht und insbesondere ein Verfahren zur Herstellung eines

5 "ausbalancierten" Schwammmetallproduktes mit einem vorausgewählten und kontrollierten Niveau an Metallisierung und Zementierung. Die Erfindung besteht aus einem Verfahren, durch welches man eine höhere Verfahrensflexibilität und -kontrolle hinsichtlich der Metallisierung und Zementierung (Kohlung) des Schwam-

10 eisenproduktes erzielt, indem man die Menge an Kohlendioxid in dem Verfahrensgas reguliert und indem man

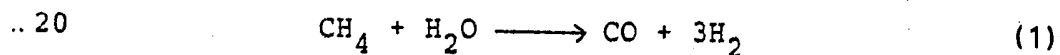
die Verteilung des frischen Reduktionsgas in den Reduktions- und Kühlschleifen reguliert. Ausser dem ausbalancierten Schwammmetallprodukt, das man nach dem erfindungsgemässen Verfahren erhält, wird der Verbrauch an Naturgas vermindert und die Gesamtenergieeffizienz des Reduktionsverfahrens verbessert. Dabei bleibt festzuhalten, dass die nachfolgende Beschreibung zwar ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Reduktion von Eisenerz zu Schwammeisen betrifft, es für den Fachmann aber klar ist, dass die Erfindung auch auf die Behandlung von anderen Erzen als Metallerzen anwendbar ist.

CHARAKTERISTIK DER BEKANNTEN TECHNISCHEN LÖSUNGEN:

Typischerweise wird die Herstellung von Schwammeisen in einem Bewegtbettreaktor mit Vertikalschacht durchgeführt und zwar in zwei Hauptstufen: nämlich der Reduktion des Erzes in einer Reduktionszone, durch welche ein geeignetes heisses Reduktionsgas, das sich hauptsächlich durch Kohlenmonoxid und Wasserstoff zusammensetzt, bei einer Temperatur im Bereich von 700 bis 1.000°C und vorzugsweise 750 bis 950°C geleitet wird, und der Kühlung des reduzierten Schwammeisens in einer Kühlzone, durch welche ein gasförmiges Kühlmittel bei einer Temperatur unterhalb etwa 200°C und vorzugsweise unterhalb 100°C geleitet wird. Systeme dieser allgemeinen Art werden in den US-PSen 3 765 872, 3 816 102 und 4 216 011 beschrieben, in denen ein senkrechter Reaktor mit einer Reduktionszone im oberen Teil und einer Kühlzone im unteren Teil verwendet wird. Das zu behandelnde Erz wird am Kopf des Reaktors aufgegeben und dort nach unten durch die Reduktionszone

5 fliessen gelassen, wo es durch heisses Reduktionsgas
reduziert wird und anschliessend fliesst das reduzier-
te Erz in die Kühlzone nach unten, wo es durch Be-
rührung mit einem Strom eines geeigneten Kühlgases ab-
10 gekühlt und zementiert wird. Das gekühlte Schwammeisen
wird dann am Boden des Reaktors entnommen. Typischer-
weise werden sowohl das Reduktionsgas als auch das
Kühlgas im Kreislauf gefahren, gewünschtenfalls in
geschlossenen Schleifen, zu denen Ströme von frischem
15 (sogenanntem make-up) Reduktionsgas zugegeben wird und
aus denen Ströme von verbrauchtem Gas abgezogen wer-
den.

15 Bei einer Reihe von bekannten Direktreduktionsverfahren
wird das zur Reduktion des Eisens benötigte Reduktions-
gas in einer katalytischen Reformiereinheit durch Um-
wandlung von Naturgas gemäss den folgenden Gleichungen
erzeugt:

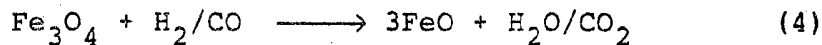
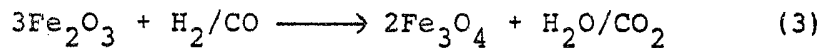


25 Bei den Reformierreaktionen von Naturgas, das sich
hauptsächlich aus Methan zusammensetzt, wird dieses in
Wasserstoff und Kohlenmonoxid in Gegenwart eines Oxi-
dationsmittels aus entweder Wasser oder Kohlendioxid
umgewandelt. Als Ergebnis erhält man ein Reformiergas,
das sich im wesentlichen aus Wasserstoff und Kohlen-
30 monoxid zusammensetzt. In jüngerer Zeit ist es aufgrund
der Abnahme der Verfügbarkeit und der zunehmenden Kosten

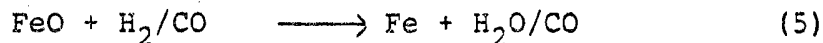
für Naturgas ausserordentlich wichtig und wünschenswert geworden, für ein Direktreduktionsverfahren die erforderliche Menge an Naturgas zu minimalisieren.

5 Das in die Reduktionszone des Reaktors eingeführte Reduktionsgas hat typischerweise eine höhere Temperatur und berührt das nach unten strömende Eisenerz, wodurch das darin enthaltene Eisenoxid gemäss den folgenden Grundreaktionen reduziert wird:

10



15



20

Das verbrauchte, den Reaktor verlassende Reduktionsgas wird gekühlt, um das durch die Reduktion des Eisenerzes mit Wasserstoff gebildete Wasser zu entfernen und anschliessend wird das entwässerte Abgas in die Reduktionszone des Reaktors rezirkuliert. Die Rezirkulierung oder das Recycling des Abgases kann auf verschiedene Weise erfolgen: Zum Beispiel kann man das Gas direkt zurück in den Reaktor führen oder man kann das Gas zunächst durch den Reformier und eine Heizvorrichtung führen oder man kann das Gas nur durch die Heizvorrichtung im Kreislauf führen. In jedem Fall gibt man jedoch frisches Reduktionsgas zu dem im Kreislauf gefahrenen Abgas zu, bevor dieses in den Reaktor

30

eingeführt wird. Da die Menge an dem während des Reduktionsverfahrens gebildeten Kohlendioxid in dem Reaktor beachtlich ist, muss ein Teil des verbrauchten Gases abgelüftet oder gereinigt werden, um eine geeignete Gesamtkohlenstoffbilanz innerhalb der Reduktionszone aufrecht zu erhalten.

Wie vorher schon erwähnt, stellt das frische Reduktionsgas, das typischerweise durch katalytische Umwandlung von Methan in dem in das Verfahren zugeführten Naturgas erzeugt wird, die Nettokohlenstoffzufuhr zu dem Verfahren aufgrund des Kohlenstoffgehaltes des Naturgases dar. Um das Reduktionsverfahren unter konstanten Bedingungen und kontinuierlich durchführen zu können, ist es erforderlich, den Kohlenstoff aus dem System in einer solchen Menge zu entfernen, die im wesentlichen der Nettomenge der zugeführten Kohlenstoffmenge äquivalent ist. Kohlenstoff kann aus dem System in kombinierter Form mit dem Schwammeisen in Form von Eisenkarbid oder in gasförmiger Form als CO , CO_2 und CH_4 , das aus der Kreislaufschleife in Form von verbrauchtem Gas abgelüftet wird, aus dem System entfernt werden.

Ein geeignetes Gleichgewicht zwischen der Menge des in das Verfahren eintretenden und austretenden Kohlenstoffs ist erforderlich, um eine zu grosse Kohlenstoffabscheidung auf der Schwammeisen, das sich durch den Reaktor bewegt, zu vermeiden. Zwar kann man Kohlenstoff wirksam aus dem Verfahren eliminieren, indem man wenigstens einen Teil des

Abgases aus dem Reaktor ablüftet, jedoch geht bei diesem Verfahren auch der Wasserstoff, der ebenfalls im Abgas vorliegt und der besonders wirksam bei der Reduktion ist, verloren.

5

Es besteht somit ein echtes Bedürfnis für ein direktes gasförmiges Reduktionsverfahren, bei dem man den Kohlenstoff aus dem Verfahren abziehen kann, ohne dass ein Verlust an wertvollen Reduktionskomponenten, wie Wasserstoff oder Methan, eintritt. Es besteht auch ein Bedürfnis für ein Reduktionsverfahren, welches flexibler ist hinsichtlich der Kontrolle des Niveaus der Metallisierung und Zementierung des Schwammeisenproduktes. Eine solche Verfahrensflexibilität wird wünschenswerterweise gleichzeitig mit einer Optimierung des Gesamtenergieverbrauchs des Direktreduktionsverfahrens erzielt.

15

ZIEL DER ERFINDUNG:

20

Erfindungsgemäss wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verfügung gestellt, mittels welchen man eine grössere Verfahrensflexibilität hinsichtlich des Metallisierungs- und Zementierungsgrades des Schwammeisenproduktes erzielt und wobei man gleichzeitig den Verbrauch an Naturgas in dem Reduktionsverfahren minimiert und den Gesamtenergiebedarf optimiert.

25

DARLEGUNG DES WESENS DER ERFINDUNG:

30

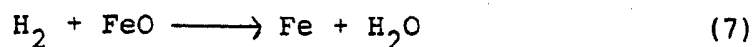
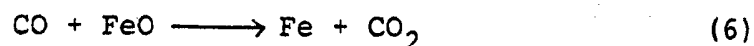
Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein neues Verfahren und eine Vorrichtung zur Direktreduktion von Eisenerz zu Schwammeisen zur Verfügung zu stellen, bei welchem das gewünschte Niveau der Metallisierung und Zementierung des Schwammeisenproduktes ausgewählt und reguliert

werden kann.

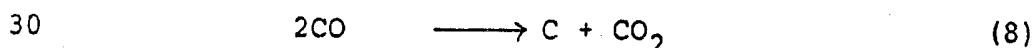
Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung,
ein Direktreduktionsverfahren und eine Vorrichtung
5 zur Verfügung zu stellen, worin der Naturgasverbrauch
minimiert und der Gesamtenergieverbrauch optimiert
wird.

Ein weiteres Ziel der Erfindung ist es, ein neues
10 Verfahren und eine Vorrichtung zur Direktreduktion von
Eisenerz zu Schwammeisen zur Verfügung zu stellen, bei
dem die Gesamtkohlenstoffbilanz wirksam überwacht wer-
den kann. Weitere Ziele der Erfindung gehen aus der
nachfolgenden Beschreibung hervor.

15 Zum besseren Verständnis der Erfindung wird dargelegt,
dass die Reduktion von FeO in der Reduktionszone des
Reaktors durch eine Umsetzung des heissen Reduktions-
gases, das sich hauptsächlich aus Kohlenmonoxid und
20 Wasserstoff zusammensetzt, wie folgt verläuft:



25 Die Zementierungsreaktionen, die gleichzeitig im Reak-
tor mit den Reduktionsreaktionen ablaufen, können durch
die folgenden Gleichungen ausgedrückt werden:



Es ist bekannt, dass die obigen Zementierungsreaktionen bei Temperaturen im Bereich von etwa 500 bis 700°C begünstigt werden und dass die Kohlenstoffabscheidung auf dem Schwammeisen deshalb in viel grösserem Masse in der Kühlzone des Reaktors stattfindet. Aus der Gleichung (8) wird deutlich, dass die Zementierungsrate in der Reduktionszone und in der Kühlzone zu einem grossen Masse durch die Konzentration von in dem Reduktions- oder Kühlgas enthaltenen CO abhängig ist. In gleicher Weise kann man aus der Gleichung (6) entnehmen, dass die Reduktionsrate in erheblichem Masse durch die Konzentration von CO im Reduktionsgas bestimmt wird.

Wie vorher erwähnt, ist es bekannt, Kohlenstoff aus dem Reduktionsverfahren zu eliminieren, um die gewünschte Gesamtkohlenstoffbilanz zu erhalten, indem man wenigstens einen Teil des verbrauchten Kreislaufgases ablüftet. Die vorliegende Erfindung stellt eine alternative Methode und eine Vorrichtung zur selektiven Eliminierung von Kohlenstoff aus dem Reduktionssystem zur Verfügung, indem man kontrolliert Kohlendioxid aus dem im Kreislauf des Reaktors geführten verbrauchten Gas absorbiert. Durch die Absorption von Kohlendioxid aus dem Kreislaufgas kann man die erforderliche Menge an Kohlenstoff eliminieren, ohne dass ein Verlust an Wasserstoff in dem System stattfindet. Als Ergebnis muss man weniger Naturgas zum Kompensieren des Verlustes der Reduktionskapazität in dem Kreislaufgas, im Vergleich zu den bekannten Systemen, bei denen ein erheblicher Teil des Kreislaufgases gereinigt

oder abgelüftet wird, zufügen.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben
eines vertikalen Bewegtbett-Reduktionsreaktors zum Redu-
zieren von Eisenerz zu Schwammeisen, um den gewünsch-
ten Grad der Metallisierung des reduzierten Erzes
und den gewünschten Grad der Zementierung zu errei-
chen, indem man den Reaktor mit einem vorbestimmten
Fluss des Reduktionsgases, das im wesentlichen aus
Kohlenmonoxid und Wasserstoff zusammengesetzt ist,
versorgt und das Verhältnis des Reduktionsgasstroms
in die Reduktionszone zu dem Reduktionsgasstrom in
die Kühlzone variiert, um dadurch wenigstens die Menge
der Metallisierung und die Menge der Zementierung zu
verändern, während man die Kohlendioxidkonzentration
sowohl in der Reduktionszone als auch in der Kühlzone
bei einem Wert aufrecht erhält, bei dem man den ge-
wünschten Grad der Metallisierung und Zementierung
des Schwammmetallproduktes erzielt.

AUSFÜHRUNGSBEISPIEL:

Die Ziele und die Vorteile der Erfindung werden am
besten anhand der Zeichnungen verstanden.

Fig. 1 ist ein Diagramm eines Systems mit einem
Bewegtbettreaktor mit senkrechtem Schaft
gemäss einer bevorzugten Ausführungsform
des erfindungsgemässen Verfahrens,

Fig. 2 zeigt eine Kurve, in welcher der Prozent-
satz der Metallisierung als Funktion des
relativen Gasstroms in die Reduktions- und

Kühlzonen gezeigt wird,

Fig. 3 zeigt eine Kurve für den Prozentsatz an Kohlenstoff auf dem Schwammeisen, d.h. die Zementierung, als Funktion des relativen Gasstroms in die Reduktionszonen und Kühlzonen, und

Fig. 4 zeigt eine Kurve für den Gesamtprozentsatz des in Form von CO_2 absorbierten Kohlenstoffs als Funktion des relativen Gasflusses in die Reduktions- und Kühlzonen.

Bezugnehmend auf Fig. 1 wird eine katalytische Reformiereinheit 80 bekannter Art mit Naturgas durch eine Leitung 78 und mit Dampf, der durch eine Leitung 79 eingespritzt wird, versorgt. Der Dampf wird aus Wasser erzeugt, die durch eine Leitung 85 in einen Abwärmeofen 84 durch die Schlangen der Leitung 79 in den Schacht 81 eingeführt wird. Das Naturgas und das Dampfgemisch werden vorerhitzt, indem es durch Schlangen im Schachtteil 81 des Reformers 80 geleitet wird, worauf man es dann durch ein erhitztes Katalysatorbett im unteren Teil 82 des Reformers strömen lässt, wo es in eine Gasmischung umgewandelt wird, die hauptsächlich aus Kohlenmonoxid, Wasserstoff und Wasserdampf besteht. Das reformierte Gas verlässt den Reformer 80 durch eine Leitung 83 und tritt in einen Abschreckkühler 90 ein, wo das Gas gekühlt und entwässert wird. Beim Verlassen des Kühlers 90 strömt das Gas durch eine Leitung 92, die ein Durchflussstrom-Stellglied 94 aufweist.

mit einer Fließrate, die als F_0 bezeichnet wird. Der Gasstrom F_0 teilt sich in zwei getrennte Ströme auf, nämlich in F_1 , der durch die Leitung 95 fließt und als Ergänzungsreduktionsgas in der Reduktionsschleife verwendet wird, und in F_4 , der durch eine Leitung 96 fließt und als Ergänzungskühlgas in der Kühlschleife verwendet wird.

Unter besonderer Bezugnahme auf die Reduktionsschleife, wie sie in Fig. 1 gezeigt wird, fließt der Gasstrom F_1 durch eine Leitung 95, die mit einem Durchflussstrom-Stellglied 97 versehen ist und wird mit dem verbrauchten Gas aus dem Reaktor, das in die Reduktionszone zurückgeführt wird und das als F_3 bezeichnet wird, vereint und bildet einen Reduktionsgasstrom F_2 , der durch eine Leitung 98 in einen Erhitzer 100 strömt, worin das Gas in bekannter Weise auf eine Temperatur im Bereich von 700 bis 1.100°C, vorzugsweise etwa 900°C, erhitzt wird. Das erhitzte Reduktionsgas verlässt den Erhitzer 100 durch eine Leitung 101 und tritt in die Reduktionszone 12 des mit 10 bezeichneten Reaktors ein. Das in die Reduktionszone 12 des Reaktors 10 eintretende Reduktionsgas lässt man darin nach oben in Kontakt mit dem absteigenden Eisenerz fließen, um dadurch die Reduktion des darin enthaltenen Eisenerzes zu bewirken. Das verbrauchte Reduktionsgas verlässt den Reaktor 10 durch eine Leitung 18 und tritt in den Kühler 20 ein, wo es gekühlt und entwässert wird. Das gekühlte und entwässerte verbrauchte Gas verlässt den Kühler 20 durch eine Leitung 21, wobei ein Teil des Gases, der mit F_6 bezeichnet wird, durch eine Leitung 22,

die mit einem Durchflussstrom-Stellglied 24 ausgerüstet ist, abgelüftet oder zu einem Lagerraum transportiert wird. Der mit F_6 bezeichnete Gasstrom kann auch als Brennstoff in dem Reformer 80 oder in dem Erhitzer 100 verwendet werden.

Der grössere Teil des verbrauchten Gases aus dem Reaktor fliesst durch eine Leitung 25 in die Ansaugseite des Kompressors 26. Das komprimierte verbrauchte Gas verlässt den Kompressor 26 durch eine Leitung 28 und fliesst in eine Kohlendioxid-Absorptionseinheit 30, worin das in dem verbrauchten Gas enthaltene Kohlendioxid entfernt wird. Nach der Entfernung des Kohlendioxids aus dem verbrauchten Gas fliesst der mit F_3 bezeichnete Gasstrom durch eine Leitung 32, die mit einem Durchflussstrom-Stellglied 34 versehen ist und wird, wie vorher angegeben, mit dem Gasstrom F_1 vereint.

Wie erwähnt, kann man einen Teil des Gasstroms F_0 durch eine Leitung 96 in die Kühlschleife des Reduktionssystems als Ergänzungskühlgas fliessen lassen. Das Ergänzungskühlgas F_4 fliesst durch eine Leitung 96, die mit einem Durchflussstrom-Stellglied 98 versehen ist und vereint sich mit dem Kühlgas, das in der Kühlschleife des Reaktors 10 im Kreislauf geführt wird, unter Ausbildung eines mit F_5 bezeichneten Kühlgasstroms. Gasströme F_5 fliessen durch eine Leitung 99 und werden in die Kühlzone 14 des Reaktors 10 eingeleitet. Man lässt das Kühlgas durch die Kühlzone in Kontakt mit dem absteigenden reduzierten Schwammeisen

kommen, um das darin enthaltene Schwammeisen zu kühlen und zu zementieren. Das Kühlgas verlässt die Kühlzone 14 durch eine Leitung 103 und tritt in einen Kühler 110 ein, wo es gekühlt und entwässert wird. Der gekühlte und entwässerte Gasstrom fliesst durch eine Leitung 112 in die Ansaugseite des Kompressors 116, wo es zurück in die Kühlzone 14 durch eine Leitung 118 gepumpt wird, nachdem es mit dem Strom F_4 unter Ausbildung des Stroms F_5 vereint wurde.

Es bleibt festzuhalten, dass in der Kühlzone der in Fig. 1 beschriebenen Ausführungsform keine äussere Reinigung benötigt wird.

Ein Teil des Ergänzungsstroms F_4 wird durch die Reduktions- und Zementierungsreaktionen der vorerwähnten Art, die in der Kühlzone 14 ablaufen, verbraucht, während der restliche Teil des in die Kühlzone 14 eingeführten Ergänzungskühlgases in die Reduktionszone 12 innerhalb des Reaktors 10 strömt. Durch die Absorption von Kohlendioxid in dem verbrauchten Kreislaufgas kann Kohlenstoff selektiv aus dem System entfernt werden, ohne dass die anderen reduzierenden Komponenten verlorengelangen und dadurch wird die Menge des dem Verfahren zuzuführenden Naturgases minimalisiert. Im praktischen Betrieb werden die Gasströme F_0 , F_2 und F_5 vorzugsweise bei einem konstanten Wert gehalten, weil diese Ströme die optimale Ausführung der Reformiereinheit, der Heizeinheit und des Kühlschleifenkompressors bestimmen. Eine typische Gaszusammensetzung des Stroms F_0 ist die folgende:

	<u>Vol. %</u>
H ₂	73,0
CO	14,2
CO ₂	8,5
CH ₄	3,5
H ₂ O	0,5
N ₂	0,3

Das im Strom F_0 enthaltene Kohlenmonoxid wird als Reduktionsmittel gemäss den Gleichungen (3), (4) und (5) oder als Zementierungsmittel gemäss der Gleichung (8) verwendet. Wie schon erwähnt, ist es bekannt, dass bei der Direktreduktion von Schwammeisen Kohlenmonoxid dazu neigt, Eisenoxid bei höheren Temperaturen zu reduzieren, während die Neigung zur Abscheidung von Kohlenstoff auf dem Schwammprodukt bei niederen Temperaturen besteht. Um sowohl die Metallisierung als auch den Kohlenstoffgehalt des Schwammeisenproduktes zu kontrollieren, um ein "ausgeglichenes" Produkt mit entweder einer höheren Metallisierung und einer niedrigeren Zementierung oder einer niedrigeren Metallisierung und einem höheren Kohlenstoffgehalt zu erzielen, werden die relativen Mengen des Ergänzungsgasstroms F_4 zu der Kühltasche und von F_1 zu der Reduktionsschleife variabel kontrolliert. Das heisst mit anderen Worten, dass man durch Konstanthalten der Gasströme F_0 , F_2 und F_5 und durch Variation des Gasstromverhältnisses F_4/F_0 ein ausgeglichenes Schwammeisenprodukt erhält.

Fig. 2 zeigt die Wirkung der Metallisierung von Schwammeisen als Funktion der Veränderung des F_4/F_0 -Verhältnisses.

In gleicher Weise zeigt Fig. 3 die Wirkung auf den prozentualen Kohlenstoffgehalt des Schwammeisenproduktes als Funktion des F_4/F_0 -Verhältnisses. Aus den Fig. 2 und 3 wird deutlich, dass dann, wenn das F_4/F_0 -Verhältnis sich Null nähert, ein Produkt mit sehr hoher Metallisierung und niedrigem Kohlenstoffgehalt erhalten wird, während dann, wenn das F_4/F_0 -Verhältnis sich 1,0 nähert, eine niedrigere Metallisierung und ein höherer Kohlenstoffgehalt erhalten werden. Um die wichtige Wirkung, welche die Veränderung des F_4/F_0 -Verhältnisses auf die Metallisierung und Zementierung des Schwammeisenproduktes ausübt, zu nutzen, soll der Kohlendioxidgehalt im Strom F_3 annähernd Null sein. Um die gewünschte Kontrolle der Reduktions- und Zementierungsreaktionen, welche in den Reduktions- und Kühlzonen ablaufen, zu erzielen, soll wenig oder gar kein Kohlendioxid in dem dem Reaktorzugeführten Reduktions- oder Kühlgas vorhanden sein.

Fig. 4 zeigt die Beziehung zwischen dem Prozentsatz des als Kohlendioxid absorbierten Kohlenstoffs, berechnet auf Basis des Gesamtkohlenstoffs, welcher in das System als Naturgas eintritt, als Funktion des F_4/F_0 -Fließverhältnisses. Die Kurve in Fig. 4 zeigt deutlich, dass dann, wenn das F_4/F_0 -Verhältnis sich Null nähert, etwa 80 % des in das System eingeführten Kohlenstoffs als Kohlendioxid in dem Absorber entfernt werden. Dies zeigt an, dass die Menge des Kohlenstoffs in dem Produkt verhältnismässig niedrig ist. Wenn das F_4/F_0 -Verhältnis sich 1,0 nähert, dann werden etwa 62 %

des in das System eingeführten Kohlenstoffs als Kohlendioxid entfernt, während der Rest als Kohlenstoff auf dem Schwammeisen abgeschieden wird. In beiden Fällen wird die Gesamtkohlenstoffbilanz in dem System in
5 geeigneter Weise aufrechterhalten, ohne dass die Notwendigkeit besteht, grosse Mengen an Gas abzulüften und dadurch wird die Gesamteffizienz des Reduktionsverfahrens erhöht.

10 Die her verwendeten Ausdrücke und Begriffe sollen keineswegs limitierend ausgelegt werden und es ist selbstverständlich, dass man äquivalente Massnahmen zu den gezeigten durchführen kann.

15

20

25

30

ERFINDUNGSANSPRUCH

1. Verfahren zum Betreiben eines Bewegtbett-Reduk-
tionsreaktors mit vertikalem Schacht zum Reduzie-
ren von Eisenerz zu Schwammeisen mit einer Reduk-
tionszone im oberen Teil und einer Kühlzone im
5 unteren Teil des Reaktors, zur Erzielung des ge-
wünschten Grades der Metallisierung des reduzier-
ten Erzes in der Reduktionszone und des gewünsch-
ten Grades der Zementierung in der Kühlzone,
g e k e n n z e i c h n e t dadurch, dass man

10

15

5 in den Reaktor einen vorbestimmten Strom eines
Reduktionsgases einführt, das sich aus Kohlen-
monoxid und Wasserstoff zusammensetzt, dass man
das Verhältnis des in die Reduktionszone strömen-
den Reduktionsgases zu dem in die Kühlzone ein-
strömenden Reduktionsgases zumindest in dem
Masse verändert, dass dadurch die in der Reduk-
tionszone erfolgte Metallisierung und die in
der Kühlzone erfolgte Zementierung verändert wird,
10 dass man die Kohlendioxidkonzentration in der
Reduktionszone auf einem Wert hält, der den ge-
wünschten Grad der Metallisierung ergibt und dass
man die Kohlendioxidkonzentration in der Kühlzone
auf einem Wert hält, bei dem man den gewünschten
15 Grad der in der Kühlzone erfolgenden Zementierung
erzielt.

2. Verfahren gemäss Punkt 1, g e k e n n z e i c h -
n e t dadurch, dass die Kohlendioxidkonzen-
tration in der Reduktionszone und in der Kühlzone
dadurch eingestellt wird, dass man im wesentlichen
20 die Gesamtmenge an Kohlendioxid, die in dem Reduk-
tionsgas enthalten ist, entfernt, bevor man das
Reduktionsgas in den Reaktor einführt.

25 3. Verfahren gemäss Punkt 2, g e k e n n z e i c h -
n e t dadurch, dass im wesentlichen die ge-
samte Menge des dem Reaktor zugeführten Reduktions-
gases in die Reduktionszone eingeführt wird, unter
30 Erhalt eines Schwammeisens mit einer Metallisie-
rung von wenigstens 94 % und einem Kohlenstoffge-
halt von weniger als 1,0 %.

4. Verfahren gemäss Punkt 1, g e k e n n z e i c h -
n e t dadurch, dass man das Reduktionsgas
durch die Reduktionszone leitet, um das darin ent-
haltene Eisenerz wenigstens zum Teil in Schwamm-
5 metall zu überführen, dass man das Abgas aus dem
Reduktionsreaktor zur Entfernung des darin ent-
haltenen Wasserdampfes kühlt, dass man das in dem
Abgas enthaltene Kohlendioxid entfernt, dass man
eine vorgewählte Menge frischen Reduktionsgases
10 in das von Kohlendioxid befreite Abgas unter Aus-
bildung einer Reduktionsgasmischung zufügt, dass
man die Gasmischung wieder erhitzt und durch die
Reduktionszone unter Ausbildung einer Reduktions-
gasschleife im Kreislauf fährt, und dass man
15 eine ausgewählte Menge an frischem Reduktionsgas
in eine geschlossene Kühlgasschleife aus einem
in die Kühlzone zugeführten Kühlgas zugibt, wobei
das Gas durch die Kühlzone geleitet wird, um in
kontrollierbarer Weise die Zementierung des darin
20 enthaltenen Schwammeisens zu überwachen und wobei
man eine konstante Menge des verbrauchten Kühlgas-
ses abzieht und das abgezogene Gas in seinem Wert
verbessert und durch die Kühlzone im Kreislauf
fährt unter Ausbildung einer Kühlgasschleife, wo-
25 bei die jeweiligen Mengen des frischen, dem Abgas
und der Kühlgasschleife zugeführten Reduktions-
gases so kontrolliert eingestellt werden, dass
man den gewünschten Grad der Metallisierung und
Zementierung erzielt.

30

5. Verfahren gemäss Punkt 4, g e k e n n z e i c h -
n e t dadurch, dass die vereinte Menge des
frischen, dem Abgas und der Kühlgasschleife zuge-
führten Reduktionsgases auf einem konstanten Wert
5 gehalten wird.
6. Verfahren gemäss Punkt 5, g e k e n n z e i c h -
n e t dadurch, dass man dem Abgas kein frisches
Reduktionsgas zuführt, wenn man ein Schwammeisen
10 mit einer Metallisierung im Bereich von 80 bis 84 %
und einen Kohlenstoffgehalt im Bereich von 2,7
bis 3,2 % erhalten will.
7. Verfahren gemäss Punkt 5, g e k e n n z e i c h -
n e t dadurch, dass man der Kühlzone kein
15 frisches Reduktionsgas zuführt, wenn man ein Schwamm-
eisen mit einer Metallisierung von wenigstens 94 %
und einen Kohlenstoffgehalt von weniger als 1,0 %
erzielen möchte.
8. Vorrichtung zum Reduzieren von Metallerz zu Schwamm-
metall in einem senkrechten Schachtreaktor mit
einem sich nach unten bewegenden Bett aus Teil-
chen des Metalls, mit einer Reduktionszone im
25 oberen Teil, in welchem das erhitzte Reduktionsgas
aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff durch einen Teil
des Bettes unter Reduktion des darin enthaltenen
Metallerzes zu Metall strömt und wobei man den
gewünschten Grad der Metallisierung des reduzier-
ten Erzes erzielt, und einer Kühlzone im unteren
30 Teil des Reaktors, in welchem das Kühlgas fliessen

gelassen wird, um das reduzierte Metallerz zu reduzieren und wobei man den gewünschten Zementierungsgrad des reduzierten Erzes erhält,
g e k e n n z e i c h n e t durch

5

10

15

20

25

30

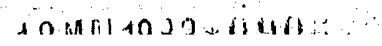
eine erste Leitung, die an dem Reaktor in der Nähe des Bodens der Reduktionszone vorgesehen ist, um erhitztes Reduktionsgas in die Zone einzuführen, eine zweite Leitung, die am Reaktor in der Nähe des Kopfes der Reduktionszone angeschlossen ist, eine dritte Leitung, die am Reaktor in der Nähe des Bodens der Kühlzone angeordnet ist, um Gas in die Kühlzone einzuleiten, eine vierte Leitung, die an dem Reaktor in der Nähe des Kopfes der Kühlzone angeschlossen ist, wobei die ersten und zweiten Leitungen mit der Reduktionszone eine Reduktionsschleife bilden, wobei die dritten und vierten Leitungen und die Kühlzone eine Kühlschleife bilden; eine Kohlendioxidentfernungseinrichtung in der Reduktionsschleife, Ventile in den Schleifen zum Regulieren des durchströmenden Gasstroms, sowie einer Quelle für frisches Reduktionsgas, eine fünfte Leitung, um die Quelle des frischen Reduktionsgases mit der Reduktionsschleife zu verbinden, eine sechste Leitung zum Verbinden der Quelle des frischen Reduktionsgases mit der Kühlschleife, Ventileinrichtungen in den fünften und sechsten Leitungen, um den Gasfluss dadurch zu regulieren, und Ablüftungsrichtungen in der Reduktionsleitung, um einen Teil des hindurchströmenden Gases abzulüften.

- 5 9. Vorrichtung gemäss Punkt 8, g e k e n n -
z e i c h n e t dadurch, dass die Reduktions-
und Kühlschleifen Kühlvorrichtungen zum Kühlen
des hindurchfliessenden Gases aufweisen, dass
10 die erste Leitung Heizvorrichtungen zum Erhitzen
des zum Reaktor geführten, hindurchströmenden
Gases aufweist und wobei die Reduktions- und
Kühlschleifen Pumpeinrichtungen zum hindurchpum-
pen des Gases aufweisen.
- 15 10. Vorrichtung gemäss Punkt 8, g e k e n n -
z e i c h n e t dadurch, dass die fünften und
sechsten Leitungen Messeinrichtungen zum Messen
des den Reduktions- und Kühlschleifen zugeführten
Reduktionsgases aufweisen.

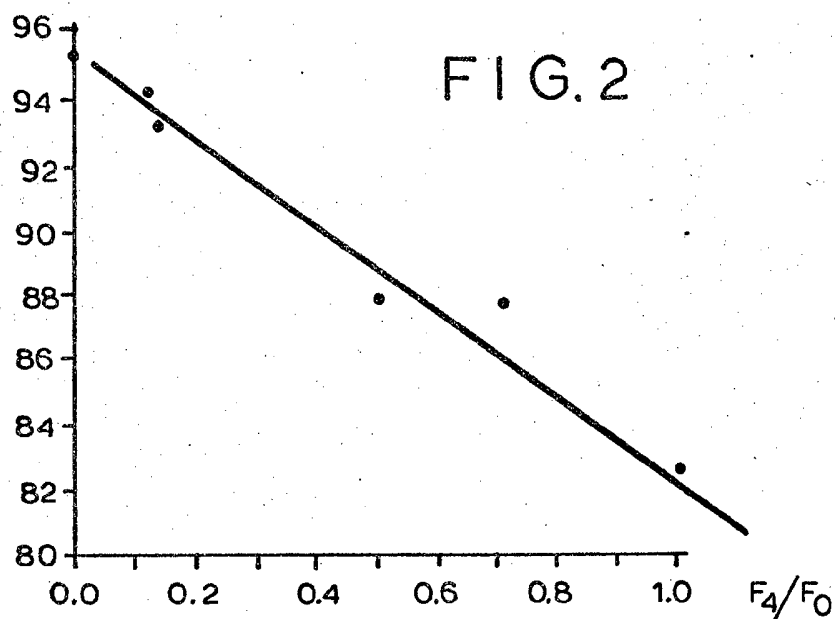
Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

Abstract

The purpose of this study was to determine whether there were differences in the prevalence of risk factors for coronary artery disease between two groups of men who had been exposed to asbestos during their working lives. The subjects were divided into two groups based on the duration of exposure to asbestos. The first group consisted of men who had been exposed to asbestos for less than 10 years, and the second group consisted of men who had been exposed to asbestos for 10 years or more. The results showed that the prevalence of risk factors for coronary artery disease was significantly higher in the second group compared to the first group.

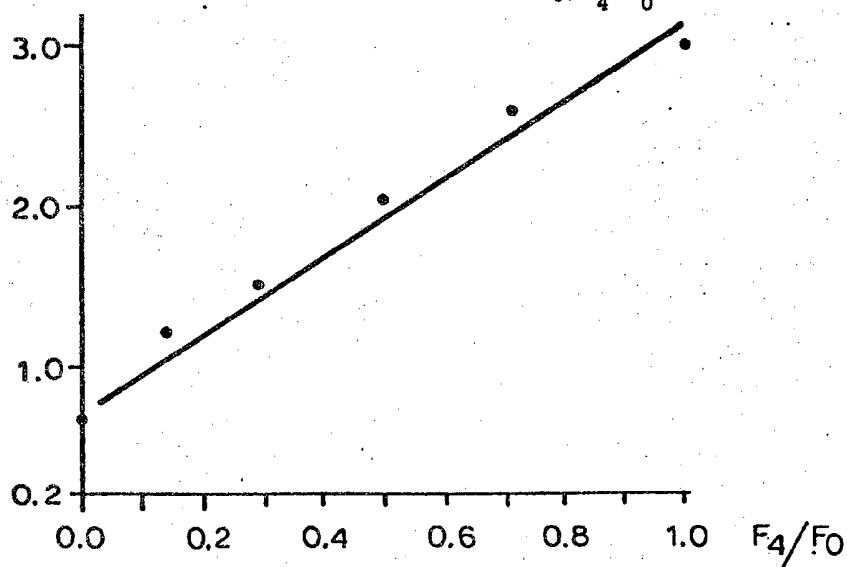


% METALLIZATION---Metallisierung



% METALLIZATION--VS-- F_4/F_0 RATIO
Metallisierung/ F_4/F_0 -Verhältnis

% CARBON Kohlenstoff



% CARBON--VS-- F_4/F_0 RATIO
Kohlenstoff/ F_4/F_0 -Verhältnis

FIG.3

FIG. 4

