

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK
AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

PATENTSCHRIFT

151 768

Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

Int. Cl.³

(11)	151 768	(44)	04.11.81	3(51) C 21 B 13/00
(21)	AP C 21 B / 222 095	(22)	24.06.80	
(31)	67665	(32)	20.08.79	(33) US

(71) siehe (73)

(72) Martinez-Vera, Enrique R.; Berrun-Castanon, Jorge D., MX

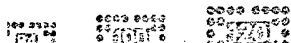
(73) Hylsa, S.A., Monterrey, MX

(74) Patentanwaltsbüro Berlin, 1130 Berlin, Frankfurter Allee 286

(54) Verfahren zum Reduzieren von Metallerzen

(57) Bei dem neuen Verfahren wird eine gewünschte Konzentration an Eisenkarbid im Eisenschwamm erzielt. Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß der reduzierte Eisenschwamm mit einem kohlenstoffhaltigen Gas gekühlt wird, das in einer Schleife einschließlich der Kühlzone des Reaktionsgefäßes zirkuliert, daß aus der Schleife Gas abgezogen wird, daß das spezifische Gewicht des zirkulierenden Gases gemessen wird und das gemessene spezifische Gewicht als Steuervariable verwendet wird, um effektiv das Zusetzen von kohlenstoffhaltigem zusätzlichem Gas zu der Kühlschleife zu regeln. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird diese Steuerung dadurch erreicht, daß kohlenstoffhaltiges zusätzliches Gas der Kühlschleife mit einer vorbestimmten konstanten Geschwindigkeit zugegeben wird und Gas aus der Schleife mit einer Geschwindigkeit in Abhängigkeit von Änderungen des spezifischen Gewichtes des zirkulierenden Gases entfernt wird, so daß indirekt der Interzonengasstrom zwischen der Reduktions- und Kühlzone reguliert wird. - Fig.1 -

28 Seiten



222 095

1
- 1 -

Verfahren zum Reduzieren von Metallerzen

Anwendungsgebiet der Erfindung:

Die Erfindung betrifft die gasförmige Reduktion von teilchenförmigen Metalloxiderzen zu Metallen in Teilchenform in einem Reaktionsgefäß mit sich bewegendem Bett und vertikalem Schaft und insbesondere ein Verfahren zum Herstellen von Eisenschwamm durch direkte Gasreduktion, der einen vorbestimmten gewünschten Aufkohlungsgrad aufweist.

Bei der nachfolgenden Beschreibung wird das Verfahren in Verbindung mit der Reduktion von Eisenerz zu Eisenschwamm erläutert. Jedoch sei hervorgehoben, daß dieses erfindungsgemäße Verfahren auch auf die Behandlung von anderen Erzen anwendbar ist.

222 095

2
- 6 -

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen:

Im allgemeinen umfaßt das Herstellen von Eisenschwamm in einem Reaktionsgefäß mit vertikalem Schaft und sich bewegendem Bett zwei Hauptstufen, nämlich die Reduktion des Erzes in einer Reduktionszone mit einem geeigneten heißen Reduktionsgas, normalerweise einem Gas, das größtenteils aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff zusammengesetzt ist, bei Temperaturen in dem Bereich von 850 bis 1100°C, vorzugsweise 900 bis 1000°C und das Abkühlen des sich ergebenden Eisenschwammes mit einem gasförmigen Kühlmittel auf eine Temperatur in dem Bereich von annähernd 100 bis 200°C, vorzugsweise unterhalb 100°C. Ein Verfahren dieser Art ist in der US-PS 3 765 872 erläutert, wobei ein vertikales Reaktionsgefäß verwendet wird, das eine Reduktionszone in seinem oberen Abschnitt und eine Kühlzone in seinem unteren Abschnitt aufweist. Das zu behandelnde Erz fließt abwärts durch die Reduktionszone, wo es mit einem aufwärtsströmenden heißen Reduktionsgas reduziert wird, wonach das reduzierte Erz durch eine Kühlzone fließt, wo es in Kontakt mit einem aufwärtsströmenden Kühlgas kommt. Der gekühlte Eisenschwamm wird am Boden des Reaktionsgefäßes entfernt.

Mit einem Verfahren nach der US-PS 3 765 872 hergestellter Eisenschwamm wird normalerweise als Eisenquelle bei der Her-

stellung von Stahl in einem Lichtbogenelektroofen verwendet. Ein solcher Eisenschwamm enthält einen gewissen Anteil von Eisenoxid, der so groß wie beispielsweise von 5 bis 15 Gew.% sein kann, weil es unwirtschaftlich ist zu versuchen, eine 100%ige Metallisierung des Erzes in dem Reaktionsgefäß für gasförmige Reduktion zu erzielen. Wenn der Reduktionsgrad des eisentragenden Materials sich 100%iger Metallisierung nähert, wird es zunehmend schwierig und erfordert eine übermäßig lange Verweilzeit in dem Reaktor, um den verbleibenden Sauerstoff aus dem Material zu entfernen. Während die Reduktionsreaktionsgeschwindigkeit zu einem gewissen Ausmaß durch Erhöhen der Temperatur vergrößert werden kann, ist eine solche Temperaturerhöhung durch die Tatsache begrenzt, daß die Arbeitstemperatur unterhalb der Sintertemperatur gehalten werden muß, wenn der Eisenschwamm leicht aus dem Reaktionsgefäß entfernbar bleiben soll.

Diese Temperaturbeschränkung trifft nicht für den Elektroofen zu, in dem eisentragendes Material in geschmolzener Form behandelt wird. Somit ist es theoretisch möglich, den Elektroofen mit Eisenschwamm von etwa 85% Metallisierung zu füllen und eine ausreichende Menge elementaren Kohlenstoffes der Ofencharge zuzusetzen, um den mit dem in dem Eisen-
erz verbleibenden Sauerstoff zur Reaktion zu bringen. Jedoch ist es schwierig, einen innigen Kontakt zwischen ele-

mentarem Kohlenstoff und den Eisenschwammpartikeln in dem Elektroofen zu bewirken, insbesondere deshalb, weil der Kohlenstoff eine wesentlich geringere Dichte als das Eisen hat und somit davon abgesondert werden kann.

Es ist bekannt, daß dieses Problem durch Aufkohlen des Eisenschwammes in dem Reduktionsreaktor umgangen werden kann. Somit kann das Reduktions-Reaktionsgefäß so betrieben werden, daß der darin hergestellte Eisenschwamm unter Ausbildung von Eisenkarbid aufgekohlt wird. Im allgemeinen fällt der gewünschte Kohlenstoffgehalt des Eisenschwammes in den meisten Fällen innerhalb des Bereiches von 1 bis 4 Gew.%. Ein solches Aufkohlen kann entweder in der Reduktionszone oder in der Kühlzone oder in beiden Zonen stattfinden. Ein Aufkohlen in der Reduktionszone ist beispielsweise in der US-PS 3 748 120 erläutert, in welcher der Aufkohlungsgrad durch Einstellen des Verhältnisses von Reduktions- und Oxidationsmittel des heißen Reduktionsgases variiert wird, welches zum Reduzieren des Eisenerzes verwendet wird. Diese Aufkohlungsmethode weist den Nachteil auf, daß die optimale Reduktionsgaszusammensetzung zum Aufkohlen und diejenige, die zum Reduzieren des Erzes erforderlich ist, normalerweise unterschiedlich ist und somit die beiden Ziele, die erreicht werden sollen, zu einem gewissen Maß unvereinbar sind. So hat es sich als vorteilhaft herausgestellt,

wenigstens die abschließende Aufkohlung in der Kühlzone zu bewirken, weil das Aufkohlen in der Kühlzone zufriedenstellender gesteuert werden kann.

Wie in der US-PS 3 765 872 erläutert ist, kann die Kühlzone des Reduktions-Reaktionsgefäßes in einer solchen Weise betrieben werden, daß die Eisenschwammartikel aufgekohlt werden, wenn sie gekühlt werden. Ein solches Aufkohlen kann durch Verwenden eines kohlenstoffhaltigen Gases, insbesondere eines Kohlenmonoxid enthaltenden Gases erreicht werden, das innerhalb des Temperaturbereiches von etwa 400 bis 700°C mit dem Eisenschwamm reagiert, um Eisenkarbid zu bilden, das größtenteils in den äußeren Bereichen der Eisenschwammartikel konzentriert ist. Ein Aufkohlen von Eisenschwamm mit einem kohlenstoffhaltigen Gas ist in der US-PS 3 136 624 und Kanadischen Patentschrift 508 951 erläutert.

Wie in der US-PS 3 765 872 hervorgehoben ist, sind sowohl die Aufkohlungsfunktion als auch die Kühlfunktion der Kühlzone wesentlich. Wenn der erzeugte Eisenschwamm nicht ausreichend gekühlt ist, bevor er der atmosphärischen Luft ausgesetzt wird, neigt er dazu, wieder zu oxidieren. Die Kühlgeschwindigkeit kann zweckmäßig durch Zirkulieren eines Kühlgases in einer Schleife variiert und gesteuert werden, welche die Kühlzone des Reaktionsgefäßes einschließt, und

durch Variieren der Wiederumlaufgeschwindigkeit und/oder -temperatur des Kühlgases, um den gewünschten Abkühlgrad zu erreichen. Der Aufkohlungsgrad kann durch Steuern der Gaszusammensetzung wirksam geregelt werden. Es ist erkennbar, daß wenn sowohl die Kühlgeschwindigkeit als auch der Aufkohlungsgrad in der Kühlzone optimal sein soll, zwei getrennte steuerbare Variablen geregelt werden müssen.

Gemäß der US-PS 3 765 872 wird diese unabhängige Steuerung durch Schaffen einer Kühlschleife erreicht, durch welche ein Kühlgas rezirkuliert, wobei Kühlgas zu der Schleife gegeben und Kühlgas aus dieser Schleife abgezogen wird. Eine vorbestimmte geregelte Kühlgasströmung mit vorbestimmter Zusammensetzung wird der Schleife zugegeben, und die gewünschte Steuerung wird auf zwei Wege erreicht. Gemäß einer Ausführungsform wird frisches Kühlgas der Schleife mit einer konstanten Geschwindigkeit zugegeben, und der Druckunterschied zwischen der Reduktions- und Kühlzone wird gemessen und als Steuervariable verwendet, um die Strömung des Abzugsgases aus der Kühlschleife zu steuern. Bei dieser Art der Steuerung wird der Gasstrom zwischen der Reduktions- und Kühlzone auf ein Minimum herabgesetzt, um zu verhindern, daß ein Zwischengasstrom die Zusammensetzung des zirkulierenden Kühlgases modifiziert. Gemäß einer zweiten Ausführungsform wird die Strömung des Abzugsgases in einer

solchen Weise gesteuert, daß das zusätzliche Gas, das der Schleife zugegeben wird, annähernd gleich dem Strom des Abzugsgases ist, das von der Kühlschleife entfernt wird.

Während die Steuersysteme nach der US-PS 3 765 872 einen größeren Grad der Steuerung des Kühlens und des Aufkohlens als bisher möglich schaffen, lassen sie noch etwas Wünschenswertes offen. Wie oben erwähnt ist, hängt der Grad, zu welchem der Eisenschwamm aufgekohlt wird, wesentlich von der Zusammensetzung des Kühlgases ab. Somit sollte die Steuervariable, welche eingesetzt wird, wünschenswerterweise enger auf die Kühlgaszusammensetzung bezogen sein, als sie es in den bislang verwendeten Steuersystemen war.

Ziel der Erfindung:

Demzufolge ist ein Gegenstand der Erfindung ein Verfahren zum Steuern des Aufkohlens von Eisenschwamm in einem Reaktionsgefäß mit sich bewegendem Bett. Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein genaueres Verfahren zum Erzielen einer gewünschten Konzentration an Eisenkarbid im Eisenschwamm, der in einem solchen Reaktionsgefäß produziert wird. Andere Gegenstände ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung.

Darlegung des Wesens der Erfindung:

Die Gegenstände gemäß Erfindung werden im allgemeinen dadurch erreicht, daß der reduzierte Eisenschwamm mit einem kohlenstoffhaltigen Gas gekühlt wird, das in einer Schleife einschließlich der Kühlzone des Reaktionsgefäßes zirkuliert, daß aus der Schleife Gas abgezogen wird, daß das spezifische Gewicht des zirkulierenden Gases gemessen wird und das gemessene spezifische Gewicht als Steuervariable verwendet wird, um effektiv das Zusetzen von kohlenstoffhaltigem zusätzlichen Gas zu der Kühlschleife zu regeln. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird diese Steuerung dadurch erreicht, daß kohlenstoffhaltiges zusätzliches Gas der Kühlschleife mit einer vorbestimmten konstanten Geschwindigkeit zugegeben wird und Gas aus der Schleife mit einer Geschwindigkeit in Ansprechen auf Änderungen des spezifischen Gewichtes des zirkulierenden Gases entfernt wird, so daß indirekt der Interzonengasstrom zwischen der Reduktions- und Kühlzone reguliert wird.

Wie unten ausgeführt ist, wurde es gefunden, daß das spezifische Gewicht des aufkohlenden Gases, das in der Kühlzone verwendet wird, funktionell in Beziehung zu dem Aufkohlungsgrad bezogen ist, der erzielt wird, wenn sich der Eisenschwamm durch diese Zone bewegt; somit kann das spezifi-

sche Gewicht des Gases wirksam als Steuervariable zum Steuern der Aufkohlung des hergestellten Eisenschwammes verwendet werden.

Ausführungsbeispiel:

Die Erfindung wird nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel anhand der beigegeführten Zeichnung näher erläutert.

In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 ein Gasreduktionssystem mit vertikalem Schaft und sich bewegendem Bett,

Fig. 2 eine Modifizierung des Systems nach der Fig. 1, bei welchem das Abzugsgas aus der Kühlschleife in einem Punkt abgezogen wird, nachdem zusätzliches Reduktionsgas der Schleife zugegeben ist,

Fig. 3 ein Diagramm, in welchem die Beziehung zwischen spezifischem Gewicht und prozentualer Aufkohlung für das System nach Fig. 1 dargestellt ist.

Unter Bezugnahme auf die Zeichnung und insbesondere auf Fig. 1 ist ein Reduktions-Reaktionsgefäß 10 mit vertikalem

Schaft gezeigt, welches eine Reduktionszone 12 in seinem oberen Abschnitt und eine Kühlzone 14 in einem unteren Abschnitt aufweist. Zu reduzierendes Erz tritt in das Reaktionsgefäß durch eine Einlaß-Verbindung 16 an der Oberseite des Reaktionsgefäßes ein, und Eisenschwamm verläßt das Reaktionsgefäß in der Nähe dessen Bodens durch eine Entleerungsverbindung 18.

Das Erz wird in der Reduktionszone 12 des Reaktionsgefäßes mittels eines heißen Reaktionsgases reduziert, das größtenteils aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff zusammengesetzt ist. Dieses Reduktionsgas kann aus einer geeigneten Quelle erhalten werden. Beispielsweise kann es ein umgewandeltes Gas sein, das durch katalytische Umformung eines Gemisches aus Dampf und Naturgas in einer bekannten Weise zubereitet ist, oder es kann ein Koksofengas verwendet werden.

Unter Bezugnahme auf den linken Teil der Fig. 1 tritt Reduktionsgas in das System durch ein Rohr 20 ein und strömt durch eine Zweigleitung 22, welche einen Durchflußregler 24 enthält, zu der Reduktionsgasschleife des Systemes. Insbesondere strömt das Reduktionsgas aus dem Rohr 22 durch ein Rohr 26 zu einem Schlangenerhitzer 28, der gasgefeuert oder auf andere Weise erhitzt werden kann, um die Temperatur des Reduktionsgases auf dem Bereich von 850 bis 950°C anzuheben.

Das heiße Gas aus dem Erhitzer 28 wird dem Reaktionsgefäß durch ein Rohr 30 zugeführt und strömt in eine ringförmige Kammer 34, die von einem inneren zylindrischen Ablenkblech 36 und der Wand des Reaktionsgefäßes begrenzt ist. Das heiße Reduktionsgas strömt aufwärts durch das Erzbett in die Reduktionszone 12 und aus dem Reaktionsgefäß durch ein Rohr 38. Innerhalb der Reduktionszone wird das Eisenerz größtenteils zu Eisenschwamm reduziert.

Das Abgas des Reaktionsgefäßes strömt durch ein Rohr 38 zu einem Kühler 40, in dem es durch direkten Kontakt mit Kühlwasser gekühlt und entwässert wird. Aus dem Kühler 40 strömt das gekühlte Gas durch ein Rohr 42 zu der Saugseite einer Pumpe 44 und dann in ein Rohr 26, um die Reduktionsgasschleife zu vervollständigen. Die Menge des durch die Reduktionsgasschleife mittels der Pumpe 44 zirkulierenden Gases wird gesteuert, indem eine Bypaß-Leitung 46 um die Pumpe geschaffen ist, welche einen Durchflußregler 48 enthält.

Eine bestimmte Menge des verbrauchten Abgases aus der Reduktionszone des Reaktionsgefäßes wird aus der Reduktionsgasschleife durch ein Rohr 50 entfernt, welches ein Absperrventil 52 und einen Rückdruckregler 54 enthält. Das das System durch das Rohr 50 verlassende Gas kann als Brennstoff verwendet werden, beispielsweise in dem Erhitzer 28 oder zwecks

Speicherung oder für andere geeignete Zwecke transportiert werden.

Die Kühlzone 14 des Reaktionsgefäßes bildet ebenfalls einen Teil der Gasstromschleife, und ein kohlenstoffhaltiges Kühlgas zirkuliert dadurch, um ein Aufkohlen des metallhaltigen Materials in der Kühlzone zu bewirken. Das kohlenstoffhaltige Gas, das zum Aufkohlen des metallhaltigen Materials in der Kühlzone verwendet wird, kann die gleiche Zusammensetzung wie das Reduktionsgas aufweisen, das in der Reduktionszone verwendet wird. Wie in Fig. 1 gezeigt ist, kann insbesondere ein Teil des Reduktionsgases, welches in das System durch das Rohr 20 eintritt, durch ein Rohr 56, das einen Durchflußregler 58 enthält, zu einem Rohr 60 der Kühlgas-schleife strömen.

Durch das Rohr 60 strömendes Gas wird dem Boden der Kühlzone des Reaktionsgefäßes zugeführt. Insbesondere weist das Reaktionsgefäß ein kegelstumpfförmiges Ablenkblech 62 auf, das mit der Wand des Reaktionsgefäßes zusammenwirkt, um einen ringförmigen Raum 64 zu begrenzen, dem das zirkulierende Kühlgas aus dem Rohr 60 zugeführt wird. Das Kühlgas strömt aufwärts durch das Bett des reduzierten Erzes in der Kühlzone 14 zu einem ringförmigen Raum 66, der von der Wand des Reaktionsgefäßes und einem anderen ringförmigen, kegelstumpf-

förmigen Ablenkblech 68 begrenzt ist. Wenn das kohlenstoffhaltige Gas aufwärts durch die Kühlzone 14 strömt, reagiert es mit dem Eisenschwamm und kohlt ihn auf und kühlt ebenfalls den Eisenschwamm ab.

Aus dem ringförmigen Raum 66 verläßt das Gas das Reaktionsgefäß durch ein Rohr 70 und strömt durch einen Kühler 72, wo es durch direkten Kontakt mit Kühlwasser gekühlt und entwässert wird. Gekühltes Abgas aus dem Kühler 72 strömt durch ein Rohr 74 zu der Saugseite einer Pumpe 76 und dann zu dem Rohr 60, um die Kühlschleife zu vervollständigen. Das Wiederumlaufen von Gas durch die Schleife mittels der Pumpe 76 wird gesteuert, indem eine Bypaßleitung 78 um die Pumpe vorgesehen ist, welche einen Durchflußregler 80 enthält.

Wie oben erwähnt ist, basiert die vorliegende Erfindung auf der Erkenntnis, daß der Aufkohlungsgrad, der in der Kühlzone des Reaktionsgefäßes eintritt, durch Messen und Steuern des spezifischen Gewichtes des zirkulierenden Gases wirksam gesteuert werden kann. Der gemessene Wert des spezifischen Gewichtes kann auf verschiedene Weise verwendet werden, um wirksam die Zugabe von kohlenstoffhaltigem Gas zu der Kühlschleife zu regeln. Gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens nach Figur 1 wird ein vorbestimmter konstanter Strom frischen kohlenstoffhaltigen Zu-

satzgases zu der Kühlschleife durch das Rohr 56 zugeführt, und die Zusammensetzung des Gases innerhalb der Kühlschleife wird durch Änderungen des Zwischenzonenstromes zwischen der Reduktionszone und der Kühlzone variiert. Da ein solcher Zwischenzonenstrom nicht leicht gemessen oder direkt gesteuert werden kann, ist zum Regulieren dieses Stromes ein indirektes Verfahren erforderlich. Insbesondere wird bei dem System nach Fig. 1 das spezifische Gewicht des durch das Rohr 60 strömenden Gases mit Hilfe einer herkömmlichen Vorrichtung 82 zum Messen des spezifischen Gewichtes gemessen, oder es kann aus der Zusammensetzung des Gases in einer bekannten Weise bestimmt werden. Der gemessene Wert des spezifischen Gewichtes wird verwendet, um ein Ventil 84 in einem Rohr 88 zu regeln, durch welches Gas aus der Kühlschleife abgezogen wird. Somit wird durch Regulieren des Abgasstromes aus der Kühlschleife mittels des Ventils 84 der Interzonengasstrom indirekt gesteuert.

Wie in Fig. 1 gezeigt ist, wird das frische kohlenstoffhaltige Zusatzgas, das dem System zugegeben wird, sowohl als Reduktionsgas in der Reduktionszone 12 als auch als Kühlgas in der Kühlzone 14 verwendet. Somit hat das Gas, das aus der Kühlschleife durch das Rohr 88 abgezogen wird, wesentlich reduzierenden Charakter und wird vorteilhaft zu der Reduktionsgasschleife durch Verbindung des Rohres 88 mit dem Rohr

26 der Reduktionsschleife überführt, wie dies gezeigt ist.

Zur Erläuterung der Erfindung sind beispielsweise Gaszusammensetzungen in Mol.-% auf einer Trockenbasis, die in verschiedenen Abschnitten des Systemes nach Fig. 1 erwartet werden können, in Tabelle I wiedergegeben. Entsprechende spezifische Gewichte sind ebenfalls angegeben. In der Tabelle ist A die Zusammensetzung im Rohr 56 nach Fig. 1, B die Zusammensetzung im Rohr 60 und C die Zusammensetzung im Rohr 70 sowie D die Zusammensetzung im Rohr 30.

Tabelle I

	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>D</u>
H ₂	73	71	71	45
CO	13	7	6	26
CO ₂	8	4	3	20
CH ₄	6	18	20	9
S.G.	0,33	0,277	0,263	0,635

Gaszusammensetzungen und spezifische Gewichte, wie sie in Tabelle I wiedergegeben sind, können in einem System nach Fig. 1 eine Eisenschwamm-Aufkohlung in der Größenordnung von ungefähr 2% ergeben.

Es wurde im allgemeinen gefunden, daß die prozentuale Aufkohlung des Eisenschwammes direkt mit dem spezifischen Gewicht des kohlenstoffhaltigen Gases variiert, welches durch die Kühlzone strömt, und daß die Beziehung zwischen spezifischem Gewicht und Aufkohlung druckabhängig ist. Unter Bezugnahme auf Fig. 3 ist ein Diagramm dargestellt, welches die Beziehung zwischen dem spezifischen Gewicht und der Eisenschwammaufkohlung in einem System nach Fig. 1 zeigt, wenn es bei einem Druck von 2 kg/cm^2 betrieben wird. Da die Beziehung zwischen Aufkohlung und spezifischem Gewicht durch eine Anzahl von Verfahrensvariablen beeinflusst wird, sollte sie wünschenswert experimentell für jedes System und für die Betriebsbedingungen vorbestimmt werden, für die das erfindungsgemäße Verfahren verwendet werden soll.

Aus den in Tabelle I wiedergegebenen Werten ist erkennbar, daß das durch die Kühlschleife strömende Gas annähernd 70% Wasserstoff zusammen mit Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Methan in einer Gesamtmenge von ungefähr 30% enthält. Da kohlenstoffhaltige Gase während der Abkohlung verbraucht werden, neigt das spezifische Gewicht des Gases dazu, abzufallen, wenn die Aufkohlungsreaktion fortschreitet. Um somit Beharrungszustände beizubehalten, muß ein Gas mit relativ hohem Anteil an kohlenstoffhaltigen Komponenten und

einem entsprechend hohen spezifischen Gewicht der Kühlschleife zugegeben werden. Während es möglich ist, die erforderlichen zusätzlichen Kohlenmonoxid- und andere kohlenstoffhaltigen Gase durch Zugeben von zusätzlichem frischen Reduktionsgas aus einer, außenliegenden Quelle in die Kühlschleife zuzugeben, wurde es gefunden, daß ein wirksamerer Betrieb erreicht werden kann, wenn für wenigstens einen Teil der Ersatzanforderung verwendet wird, das die Zusammensetzung des Zuführungsgases zu der Reduktionszone aufweist. Wie in Tabelle I gezeigt ist, hat das Gas, welches dem Boden der Reduktionszone zugegeben wird, einen Gehalt an Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Methan, der wesentlich höher als der Wert der gleichen Komponenten in dem Zusatz-Reduktionsgas ist. Somit ist das Gas innerhalb der Reduktionszone ein wirksameres Mittel als das zusätzliche Reduktionsgas zum Erhöhen des spezifischen Gewichtes und der Aufkohlungswirksamkeit des Gases, das durch die Kühlschleife strömt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des in Fig. 1 gezeigten Systemes und wie oben erläutert ist, werden der Strom des frischen Zusatzgases zu der Kühlschleife und der Gasstrom, welcher die Kühlschleife verläßt, so eingestellt, daß eine gewisse Gasmenge aus der Reduktionszone des Reaktionsgefäßes abwärts in die Kühlzone strömt. Zu diesem Zweck wird

die Strömung des frischen zusätzlichen Reduktionsgases durch das Rohr 56 im wesentlichen konstant gehalten, und der Abgasstrom durch das Rohr 88 ist so geregelt, daß ein Gas mit relativ hohem spezifischem Gewicht aus der Reduktionszone abwärts in die Kühlzone strömt. Durch Messen des spezifischen Gewichtes des durch die Kühlzone strömenden Gases und durch Verwenden des gemessenen spezifischen Gewichtes als Steuergröße zum Einstellen der Strömung des Abgases aus der Kühlschleife wird die Strömung des Gases mit höherem spezifischem Gewicht aus der Reduktionszone in die Kühlzone indirekt geregelt, um das spezifische Gewicht des Gases innerhalb der Kühlzone auf einem Wert zu halten, der erforderlich ist, um einen gewünschten Aufkohlungsgrad des Eisenschwammes zu bewirken, der sich dadurch bewegt.

Es ist verständlich, daß Gas aus der Kühlschleife wirksam entfernt wird auf Grund a) Aufkohlung des Eisenschwammes gemäß der Gleichung $2\text{CO} \rightarrow \text{C} + \text{CO}_2$, b) Kondensation von Wasserdampf im Kühler 72 und c) Ausströmen von Gas durch das Rohr 88. Unter bestimmten Umständen kann die Summe von a), b) und c) geringer sein als das Zusatzgas, das durch das Rohr 56 in die Schleife eintritt. Somit ist es möglich, daß sowohl eine aufwärts als auch abwärts gerichtete Zwischenzonenströmung zwischen der Reduktions- und der Kühlzone vorhanden sind.

Unter Bezugnahme auf Fig. 2 ist ein System gezeigt, das im allgemeinen ähnlich dem nach Fig. 1 ist. Das Reaktionsgefäß 110 ist mit einer Reduktionszone 112 in dem oberen Abschnitt und einer Kühlzone 114 in dem unteren Abschnitt versehen. Reduktionsgas tritt in das System durch ein Rohr 120 ein und strömt durch ein Rohr 164 zu der Saugseite einer Pumpe 170, von welcher es durch das Rohr 172 zu dem Boden der Kühlzone gepumpt wird. Das Kühlgas strömt aufwärts durch die Kühlzone 114 und dann aus dem Reaktionsgefäß durch das Rohr 182 zum Kühler 184, von wo es durch das Rohr 186 zurück zur Pumpe 170 zurückgeführt wird. Die Vorrichtung 188 zum Messen des spezifischen Gewichtes ähnlich der entsprechenden Vorrichtung 88 nach Fig. 1 mißt das spezifische Gewicht des zwischen der Pumpenabgasseite und dem Reaktionsgefäß strömenden Gases. Jedoch ist bei dem System nach Fig. 2 die fixierte Zusatzgas-Zuführung mit der Saugseite der Pumpe 170 anstatt mit deren Abgabeseite verbunden.

Gas wird kontinuierlich aus der Kühlschleife durch ein Rohr 190 abgezogen, welches ein Regelventil 192 enthält, und der Ausgang der Vorrichtung 188 wird verwendet, um die Stellung des Ventils 182 zu regeln. Somit wird wie bei dem System nach Fig. 1 das gemessene spezifische Gewicht des zirkulierenden Gases verwendet, um die Strömung des Abzugsgases aus der Kühlschleife zu regeln und somit das Einströmen des Ga-

ses in die Schleife indirekt zu steuern, welches relativ reich an aufkohlenden Bestandteilen ist.

Es sei selbstverständlich hervorgehoben, daß die obige Erläuterung als Beispiel zu werten ist und verschiedene Modifikationen und Änderungen möglich sind, ohne sich jedoch dabei vom Kern der Erfindung zu entfernen. Wie oben erwähnt ist, beruht die Erfindung auf der Erkenntnis, daß der Aufkohlungsgrad von Eisenschwamm in der Kühlzone des Reaktionsgefäßes vorteilhaft durch Messen des spezifischen Gewichtes des zirkulierenden Gases und durch Verwenden des gemessenen spezifischen Gewichtes als eine Regelgröße gesteuert werden kann, um wirksam die Zugabegeschwindigkeit von kohlenstoffhaltigen Gasen zu dem Kühlgas innerhalb der Schleife zu regeln. Gemäß der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird diese Steuerung indirekt erreicht, indem der Wert des gemessenen spezifischen Gewichtes verwendet wird, um den Strom von Abgas aus der Schleife zu regeln. Jedoch ist es verständlich, daß alternativ der Abgasstrom aus der Schleife konstant gehalten werden könnte und der Ausgang der Vorrichtung zum Messen des spezifischen Gewichtes verwendet werden könnte, um die Strömung des frischen Zusatzgases oder das Verhältnis von frischem Zusatzgas zu Abgasstrom zu regeln, wenn dies gewünscht ist. In diesem Fall kann ebenfalls eine zwischenzonenförmige Strömung von Reduktions-

gas durch das Reaktionsgefäß durch zweckmäßige Einstellungen der Strömungen des frischen Zusatzgases und des Abgases erreicht werden.

Ansprüche

1. Verfahren zum Reduzieren von teilchenförmigen Metallerzen zu Metallpartikeln mit einem gewünschten Aufkohlungsgrad in einem Reaktionsgefäß mit vertikalem Schaft und sich bewegendem Bett, wobei eine Reduktionszone zum Reduzieren des teilchenförmigen Metallerzes in dem oberen Abschnitt des Bettes und eine Kühlzone zum Kühlen der reduzierten Metallpartikel in dem unteren Abschnitt des Bettes aufgebaut und beibehalten werden, wobei ein heißes Reduktionsgas zu einem Punkt in der Reduktionszone geführt wird, das durch das partikelförmige Erz in der Reduktionszone zu einem zweiten in Abstand liegenden Punkt in der Reduktionszone strömt, um das Erz zu reduzieren, wobei verbrauchtes Reduktionsgas aus dem Reaktionsgefäß an dem zweiten Punkt in der Reduktionszone entfernt wird, ein kohlenstoffhaltiges Kühlgas in einer

Schleife zirkuliert, welche die Kühlzone und eine Leitung außerhalb des Reaktionsgefäßes einschließt, die einen Kühler zum Kühlen und eine Pumpe zum Zirkulieren des Kühlgases enthält, und wobei kohlenstoffhaltiges Zusatzgas zu der Schleife zugegeben wird und die Zusatzgeschwindigkeit des kohlenstoffhaltigen Zusatzgases zu der Schleife wirksam geregelt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das spezifische Gewicht bzw. die Wichte des Kühlgases bestimmt wird und die effektive Zugabegeschwindigkeit des Zusatzes in Abhängigkeit von Änderungen in dem so bestimmten spezifischen Gewicht reguliert wird, um das spezifische Gewicht des durch die Kühlzone strömenden Gases und somit den darin auftretenden Aufkohlungsbeitrag auf einem gewünschten Wert zu halten.

2. Verfahren nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß die wirksame Zusatzgeschwindigkeit des kohlenstoffhaltigen Gases zu der Kühlschleife durch Zugeben von zusätzlichem kohlenstoffhaltigem Gas zu der Schleife mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit, durch Abziehen von Gas aus der Schleife und durch Regeln der Geschwindigkeit der Gasentfernung in Ansprechen auf Änderungen in dem gemessenen spezifischen Gewicht des zirkulierenden Kühlgases geregelt wird.

3. Verfahren nach Punkt 2, dadurch gekennzeichnet, daß das aus der Kühlschleife entfernte Gas erhitzt und mit dem Reduk-

tionsgas kombiniert wird, das der Reduktionszone zugeführt wird.

4. Verfahren nach Punkt 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Gas aus der äußeren Leitung an einem Punkt in der Kühlschleife zwischen dem Kühler und dem Punkt abgezogen wird, an welchem frisches zusätzliches Reduktionsgas der äußeren Leitung zugegeben wird.

5. Verfahren nach Punkt 2, dadurch gekennzeichnet, daß das kohlenstoffhaltige zusätzliche Gas aus einer äußeren Quelle der äußeren Leitung zwischen dem Kühler und der Pumpe zugegeben wird.

6. Verfahren nach Punkt 2 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Gas von einem Punkt in der Kühlschleife zwischen der Pumpe und der Kühlzone abgezogen wird.

7. Verfahren nach einem der Punkte 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Gas, welches aus der Köhlscheife abgezogen ist, aus der äußeren Leitung abgezogen wird, nachdem dieses Gas gekühlt worden ist.

8. Verfahren nach einem der Punkte 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das zusätzliche kohlenstoffhaltige Gas, wel-

ches der Kühlzone zugegeben wird, sowohl frisches Reduktionsgas und auch kohlenstoffhaltiges Gas aus der Reduktionszone umfaßt.

9. Verfahren nach einem der Punkte 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das frische Reduktionsgas der Kühlschleife mit einer vorbestimmten geregelten Geschwindigkeit zugegeben wird und das Gas aus der Kühlschleife mit einer Strömungsgeschwindigkeit abgezogen wird, die verursacht, daß kohlenstoffhaltiges Gas von der Reduktionszone zu der Kühlzone abwärts strömt.

10. Verfahren nach einem der Punkte 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß frisches zusätzliches Gas der Kühlschleife mit einer vorbestimmten geregelten Geschwindigkeit zugegeben wird und das Gas aus der Kühlschleife mit einer geregelten Geschwindigkeit abgezogen wird, so daß kohlenstoffhaltiges Gas von der Kühlzone aufwärts zu der Reduktionszone strömt.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Punkte, dadurch gekennzeichnet, daß das spezifische Gewicht des zirkulierenden Gases in der äußeren Leitung gemessen wird, nachdem das Gas abgekühlt worden ist.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen.

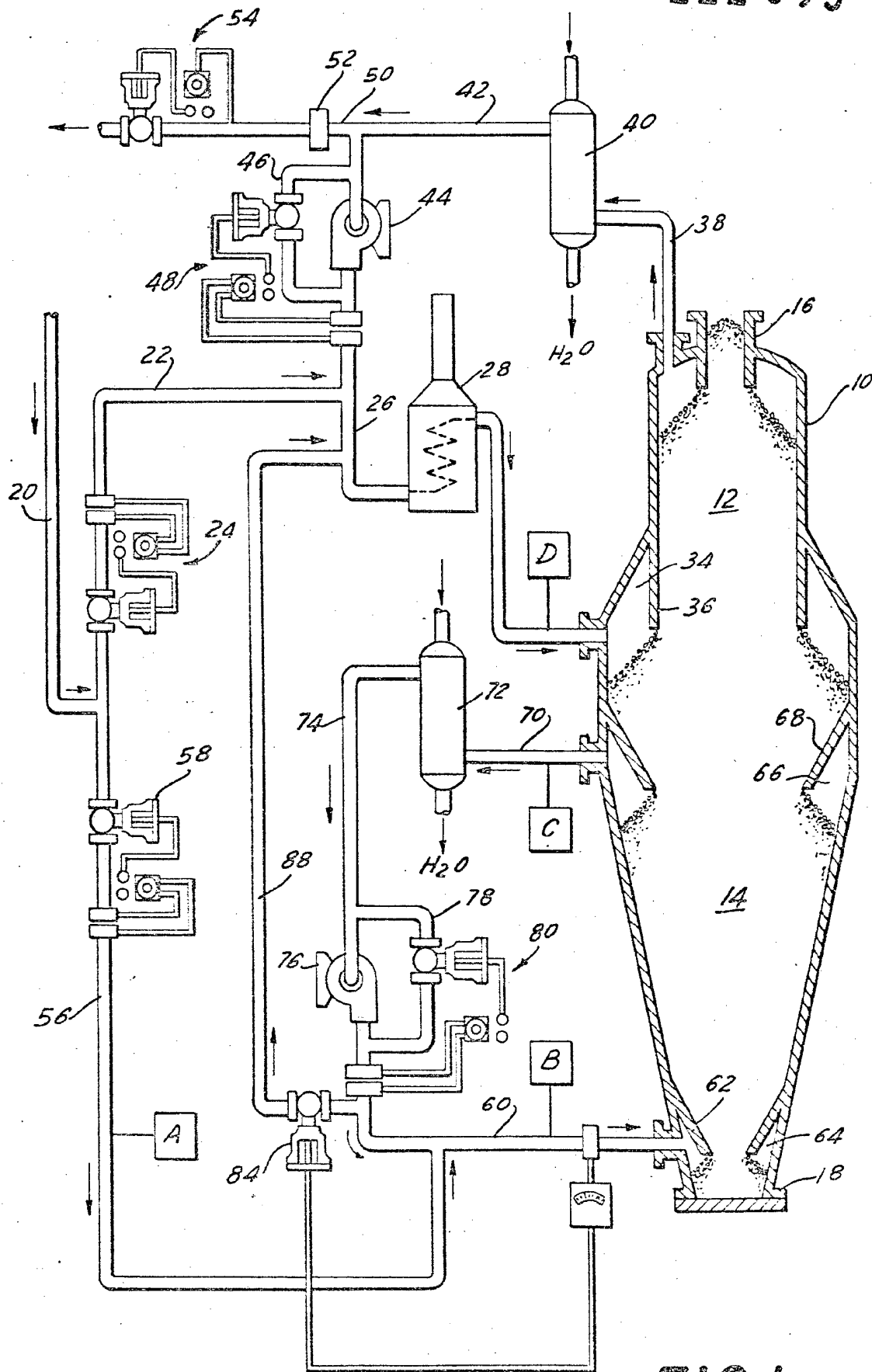


FIG. 1

FIG. 2

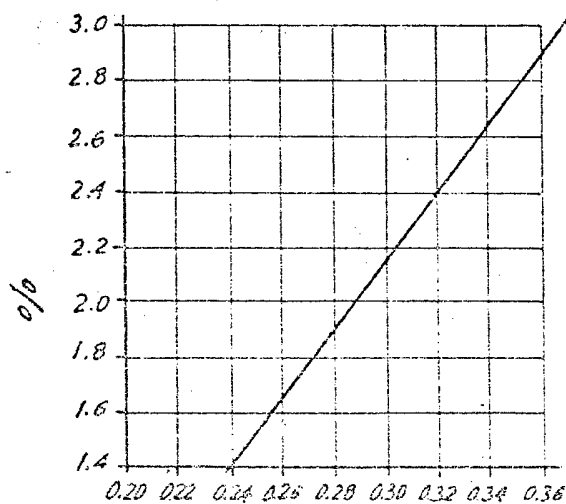
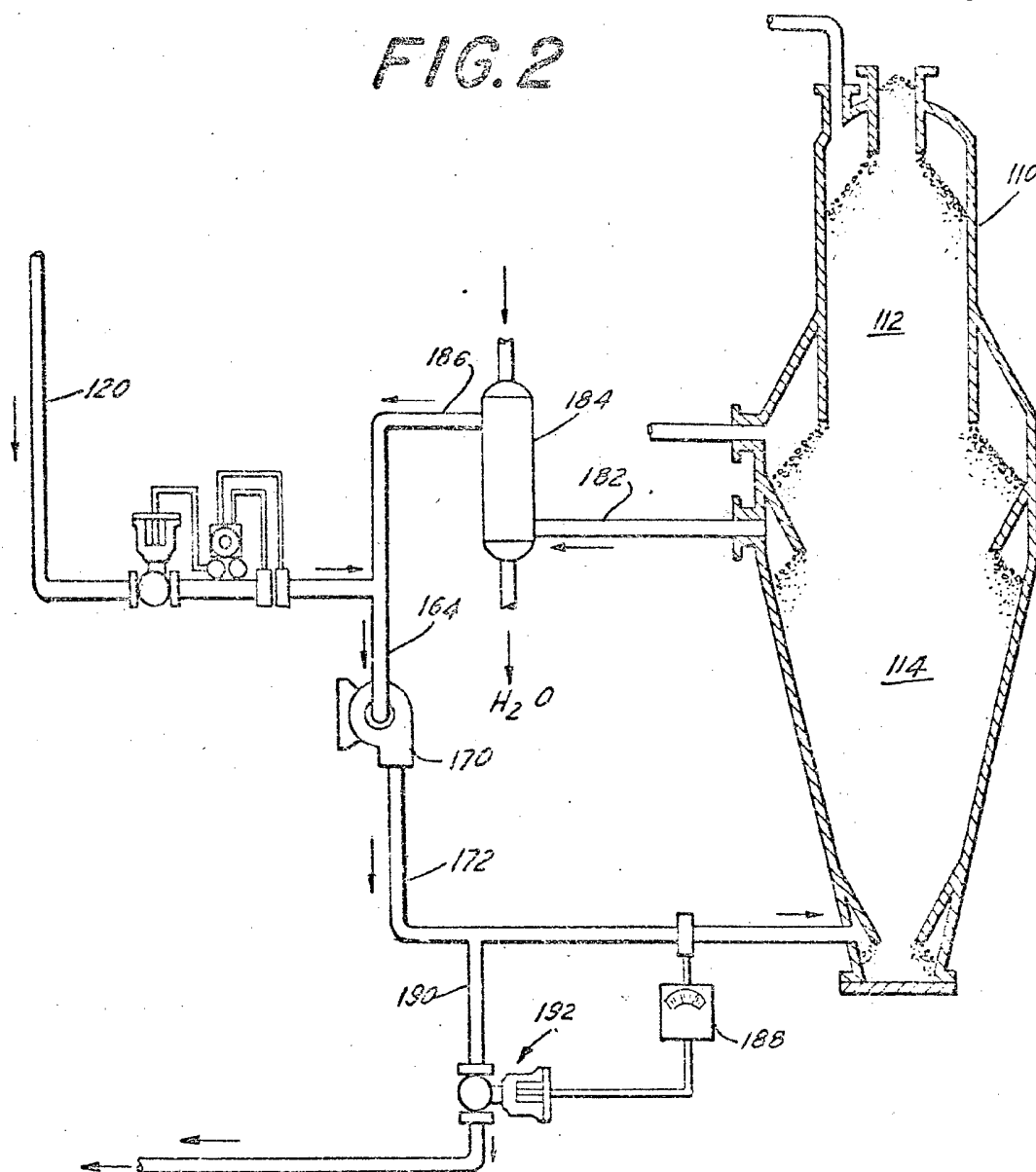


FIG. 3