



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 18 183 T2** 2005.07.28

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 157 136 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 18 183.6**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/KR99/00776**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 959 988.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 01/044518**

(86) PCT-Anmeldetag: **16.12.1999**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **21.06.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.11.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **16.06.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **28.07.2005**

(51) Int Cl.⁷: **C21B 13/00**
C22B 5/14

(73) Patentinhaber:

**Pohang Iron & Steel Co., Ltd., Pohang City, KR;
Research Institute of Industrial Science &
Technology, Pohang, Kyongsangbuk, KR;
Voest-Alpine Industrieanlagenbau GmbH, Linz, AT**

(74) Vertreter:

**Lindner Blaumeier & Kollegen Patent- und
Rechtsanwälte, 90402 Nürnberg**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, DE, GB, IT, LU, SE

(72) Erfinder:

**KANG, Heung-Won, Kyungsangbook-do 790-330,
KR; CHUNG, Uoo-Chang, Kyungsangbook-do
790-330, KR; KIM, Hang-Goo, Kyungsangbook-do
790-330, KR; JEONG, Sun-Kwang,
Kyungsangbook-do 790-330, KR; CHOI, Nag-Joon,
Kyungsangbook-do 790-330, KR; ZSCHETZSCHE,
A., A-4031 Linz, AT; GENNARI, Udo, A-4031 Linz,
AT; HAUZENBERGER, F., A-4031 Linz, AT**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Verringerung eines Schlammungsverlusts von feinen Eisenerzteilen in einem Reduktionsverfahren vom Wirbelschichttyp unter Verwendung einer Reduktionsvorrichtung vom Wirbelschichttyp**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents 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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Bereich der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Verringerung des Schlammungsverlusts von Feineisenerz in einem Reduktionsverfahren vom Wirbelschichttyp zur Reduzierung von feinem Eisenerz. Genauer bezieht sich die vorliegende Erfindung auf ein Verfahren zur Verringerung des Schlammungsverlusts eines feinen Eisenerzes in einem Reduktionsverfahren vom Wirbelschichttyp, wobei ein Zusatz zusammen mit dem feinen Eisenerz zugeführt wird oder das feine Eisenerz mit Schlamm umhüllt wird, bevor es einem Ofen vom Wirbelschichttyp zugeführt wird, wodurch der Schlammungsverlust des feinen Eisenerzes verringert wird.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Gegenwärtig weisen die Eisenerzablagerungen bei 80 % von ihnen eine Teilchengröße von weniger als 8 mm auf, und das Eisenherstellungsverfahren unter Verwendung eines Fließbetts zieht als Eisenherstellungsverfahren der nächsten Generation Aufmerksamkeit auf sich. Deshalb werden lebhaft Forschungsarbeiten und Entwicklungen zu diesem Verfahren in der ganzen Welt, einschließlich Europa, Amerika, Japan und Korea, durchgeführt.

[0003] Große Eisenerzteilchen können unter Verwendung des herkömmlichen Festbett-Ofens reduziert werden, aber im Fall von Feineisenerzteilchen kann, falls die Gasgeschwindigkeit, wie im Ofen vom Festbetttyp beobachtet, niedrig ist, das Reduktionsverfahren aufgrund eines Haftphänomens oder dergleichen zum Stillstand kommen. Deshalb wird notwendigerweise der Ofen vom Wirbelschichttyp gewählt, bei dem die Belüftung effizient gemacht werden kann, und die Gasgeschwindigkeit kann auf einen hohen Wert gebracht werden, um so den Fluss der festen Teilchen ruhig werden zu lassen.

[0004] Unterdessen umfasst das Einschmelz-Reduktionsverfahren: ein Vorreduktionsverfahren der Reduktion der festen Eisenerzteilchen unter Verwendung von $\text{CO} + \text{H}_2$ (wobei das erste aus dem Erdgas oder aus Kohle gewonnen wird); und ein Einschmelz-Reduktionsverfahren des Schmelzens des vorreduzierten Eisenerzes und schließlich seiner Reduktion.

[0005] Beim Vorreduktionsverfahren wird ein Eisenerz mit einer breiten Verteilung der Teilchengröße zu einem gesinterten Eisenerz oder einem Pellet-Eisenerz ausgebildet, und es wird direkt ohne eine Vorbehandlung wie im herkömmlichen Hochofen verwendet. Das Sinterverfahren ist jedoch beschwerlich, und deshalb wird das Auslassen des Sinterverfahrens gefordert.

[0006] Auf diese Weise kann die Begrenzung der Eigenschaften des Rohmaterials überwunden werden, und sowohl der Zwischenschritt der Agglomeration des Feineisenerzes als auch die Einrichtung zur Durchführung davon können weggelassen werden. So kann das Feineisenerz direkt verwendet werden, und so wird eine beträchtliche Kostenersparnis realisiert.

[0007] Bei diesem Reduktionsverfahren für feines Eisenerz unter Verwendung des Reduktionsgases sind eine gute Permeabilität und eine gleichmäßige Temperaturverteilung innerhalb des Ofens erforderlich, während die Kontaktbereiche der Teilchen groß gemacht werden müssen. Dafür ist der Ofen vom Wirbelschichttyp eine Notwendigkeit.

[0008] Als die typischen handelsüblichen Verfahren zur Reduktion des Eisenerzes unter Verwendung eines Fließbettes gibt es DIOS in Japan und HISMELT und FIOR in Australien.

[0009] Bei den oben erwähnten Verfahren tritt jedoch während der Reduktion das Verkleben von Teilchen auf, und eine Degradation tritt auf, die darin resultiert, dass die Feineisenerzteilchen weggeschwemmt werden und dass der Erholungsgrad für das reduzierte Eisen herabgesetzt wird, wobei dieses die anhängigen Probleme sind.

[0010] Ein Beispiel für den Reduktionsofen unter Verwendung der Wirbelschicht ist die offengelegte japanische Patentanmeldung Nr. Hei-6-306432. Dieser Ofen vom Wirbelschichttyp wird in [Fig. 1](#) dargestellt. Wie in [Fig. 1](#) gezeigt, besteht der Ofen **10** vom Wirbelschichttyp baulich aus einem zylindrischen Reduktionsofen **11** und Zyklonen **14** und **15**. Ein Reduktionsgas wird durch eine Gaszufuhröffnung **13** an der Unterseite des zylindrischen Reduktionsofens und durch einen Gasverteiler **16** zugeführt. Unterdessen wird der Ofen durch eine Eisenerzbeschicköffnung **12** mit einem feinen Eisenerz beschickt. Dann werden die Eisenerzteilchen mit dem

Hochtemperaturreduktionsgas zur Reaktion gebracht, damit das Eisenerz reduziert wird. Nachdem ein bestimmter Zeitabschnitt vergangen ist, wird das reduzierte Feineisenerz durch eine Eisenerzabförderöffnung 17 abgefordert.

[0011] Wenn jedoch die Teilchen in dem Fließbett innerhalb des Reduktionsofens in Bewegung gehalten werden, dann tritt eine Degradation aufgrund der Kollisionen zwischen den Teilchen und aufgrund der Reibung zwischen den Teilchen und der Ofenwand auf, wodurch die Teilchen noch weiter verkleinert werden. Während die Reaktion voranschreitet, wird das erwähnte Phänomen aufgrund der thermischen Zusammenstöße und der Variation der inneren Struktur ernster.

[0012] Gemäß den Experimenten von Sato et al. tritt, wenn die Feineisenerzteilchen bei einer hohen Temperatur innerhalb des Fließbetts reduziert werden, die erwähnte Pulverisierung auf, was zu dem Ergebnis führt, dass der Teilchendurchmesser auf einen kleinen Teil des ursprünglichen Durchmessers herabgesetzt wird. Auf diese Weise nehmen die Feineisenerzteilchen zu. Diese Feineisenerzteilchen werden mittels eines Zyklons recycelt oder durch eine Staubsammeleinrichtung aufgefangen, um in den Ofen vom Wirbelschichttyp in Umlauf gebracht zu werden und so reduziert zu werden. Unter dieser Bedingung können jedoch die außerordentlich feinen Teilchen nicht von dem Zyklon eingefangen werden, sondern werden weggeschwemmt, wodurch sie einen Schlammungsverlust verursachen. Gegenwärtig beläuft sich der Schlammungsverlust beim DIOS-Verfahren auf 10 – 20%, und deswegen wird, falls dieses Verfahren auf einen handelsüblichen Ofen angewendet wird, ein beträchtliches Problem auftreten. Unter Berücksichtigung der Produktivität des herkömmlichen Reduktionsofens liegt der Level des zulässigen Schlammungsverlustes bei ungefähr 5%.

[0013] Unterdessen wird, falls die Gasgeschwindigkeit innerhalb des Ofens zu hoch ist, die Auslaugungsmenge der feinen Teilchen angehoben und verringert so den Erholungsgrad. Auf der anderen Seite sondern sich die groben Teilchen, falls die Flussgeschwindigkeit zu niedrig ist, auf den Gasverteiler ab, wodurch sie den Fluss des Reduktionsgases behindern. Dies führt zu einer nicht gleichmäßigen Reduktion und zu einem Haftenbleiben, was darin resultiert, dass das Reduktionsverfahren zum Stillstand kommt. Diese Zusammenkleberscheinung ist ein ernstes Problem bei der Reduzierung der groben Eisenerzteilchen gewesen. Um dieses Problem zu überwinden werden die Eisenerzteilchen mit einem Zusatz oder Kohlenstoff beschichtet, aber in diesem Fall ist ein zusätzliches Verfahren erforderlich und erhöht so die Kosten.

[0014] JP-03-215621 schlägt ein Verfahren zur Behandlung von Eisenerz in einem Verfahren vom Wirbelschichttyp vor, das darauf zielt, das Haftproblem zu überwinden, ohne dass ein zusätzliches Verfahren erforderlich ist. Das Verfahren umfasst Schritte, um die Zufuhrate des Gases und eines nicht backenden Materials (z.B. Flussmittel) zu steuern, daran angepasst, wie sich die Temperatur zwischen drei Teilen der Fließbettvorrichtung verändert.

[0015] Dieses Verfahren umfasst jedoch keine Schritte, die darauf gerichtet sind, außergewöhnlich feine Teilchen einzufangen, und so bleibt der Schlammungsverlust unvermindert.

Zusammenfassung der Erfindung

[0016] Um die oben beschriebenen herkömmlichen Probleme zu lösen, führten die Erfinder Forschungsarbeiten und Experimente durch, und basierend auf den Ergebnissen der Forschungsarbeiten und Experimente kamen sie dazu, die vorliegende Erfindung vorzuschlagen.

[0017] Gemäß einem ersten Gesichtspunkt der Erfindung wird ein Verfahren zur Verringerung eines Schlammungsverlusts von feinen Eisenerzteilchen in einem Reduktionsverfahren vom Wirbelschichttyp unter Verwendung einer Reduktionsvorrichtung vom Wirbelschichttyp bereitgestellt, umfassend: einen Ofen vom Fließbetttyp zur Aufnahme von Feineisenerz und eines Reduktionsgases (aufgenommen durch seine Unterseite), um eine Wirbelschicht auszubilden, um so das feine Eisenerz zu reduzieren und ein reduziertes Feineisenerz abzufördern und ein Austrittsgas ausströmen zu lassen; und einen Zyklon zum Einfangen der feinen Eisenerzteilchen aus dem Austrittsgas, um das Austrittsgas nach seiner Trennung von den Feineisenerzteilchen abzuführen und die Feineisenerzteilchen zum Ofen vom Wirbelschichttyp im Kreislauf umzupumpen, wobei das Verfahren den folgenden Schritt umfasst: Beschicken des Ofens vom Wirbelschichttyp mit 3 – 6 Vol.-% Kalkstein (CaCO_3) oder Dolomit (CaCO_3 , MgCO_3) zusammen mit dem Feineisenerz.

[0018] Bevorzugterweise hat der Zusatz eine Teilchengröße von 0,15 mm oder weniger.

[0019] Deshalb ist es ein Vorteil der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Verringerung des Schlamm-

mungsverlusts von feinem Eisenerz in einem Reduktionsverfahren vom Wirbelschichttyp anzugeben, bei dem ein Zusatz zusammen mit dem Feineisenerz einem Ofen vom Wirbelschichttyp zugeführt wird, wodurch der Schlammungsverlust des Feineisenerzes verringert wird.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0020] Der oben stehende Gegenstand und andere Vorteile der Erfindung werden durch eine detaillierte Beschreibung des bevorzugten, nicht begrenzenden Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beigelegten Zeichnungen offensichtlich, wobei:

[0021] [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Aufrissansicht des herkömmlichen Feineisenerzreduktionsofens vom Wirbelschichttyp;

[0022] [Fig. 2](#) zeigt eine schematische Aufrissansicht des experimentellen Feineisenerzreduktionsofens vom Wirbelschichttyp gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0023] [Fig. 3](#) zeigt eine schematische Aufrissansicht eines anderen Ausführungsbeispiels des experimentellen Feineisenerzreduktionsofens vom Wirbelschichttyp gemäß der vorliegenden Erfindung; und

[0024] [Fig. 4](#) ist eine graphische Darstellung, die die Veränderung der Auslaugungsrate bezüglich der zugefügten Menge des Zusatzes darstellt.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele

[0025] Die vorliegende Erfindung stellt ein Verfahren zur Reduktion eines feinen Eisenerzes in einem Ofen vom Wirbelschichttyp mit einem Zyklon bereit. Tatsächlich kann die vorliegende Erfindung jedoch auf eine Mehrstufenreduktionsvorrichtung vom Fließbetttyp angewendet werden.

[0026] Im Verfahren zur Reduktion eines feinen Eisenerzes unter Verwendung eines Ofens vom Fließbetttyp und eines Zyklons wird der Ofen vom Wirbelschichttyp mit feinem Eisenerz beschickt und durch den untersten Teil des Ofens wird ein Reduktionsgas zugeführt, um das feine Eisenerz zu reduzieren, während eine Wirbelschicht ausgebildet wird. Unter dieser Bedingung bewegen sich kleine Teilchen, die im Abführgas enthalten sind, zum Zyklon. Dann werden die feinen Teilchen durch den Zyklon vom Abführgas getrennt, um zum Wirbelschichttypofen zu zirkulieren, während ein Teil der feinen Teilchen zusammen mit großen Teilchen durch eine Abführöffnung zur Außenseite des Reduktionsofens abgeführt werden.

[0027] In dem Fall, in dem ein feines Eisenerz mit einer breiten Verteilung der Teilchengröße in dem Ofen vom Wirbelschichttyp reduziert wird, wird das Eisenerz in der ersten Reaktionsstufe vermindert, und deshalb belegen manchmal die neu hergestellten feinen Teilchen den größeren Teil. Demgemäß nehmen die zirkulierenden feinen Teilchen im Zeitverlauf mehr und mehr zu. Als Folge wird, falls die Kapazität des Zyklons kleiner ist als die zirkulierende Menge der feinen Teilchen, die Leistung des Zyklons deutlich erniedrigt. Weiterhin wird in diesem Fall die Menge des Schlammungsverlustes größer als die Menge der feinen Teilchen, die zum Reduktionsofen zurückkehren. Deshalb kann sich das Zirkulationsrohr zusetzen, mit dem Ergebnis, dass die gesamte Menge der zirkulierenden feinen Teilchen zur Außenseite abgeführt wird.

[0028] Dieses wiederum verursacht ein Sekundärproblem am Reduktionsofen, an der Gasaufbereitungseinheit und am Wasseraufbereitungssystem, wodurch es zu einem Anhalten des Reduktionsverfahrens kommt.

[0029] Um die oben angegebenen Probleme zu lösen, wird die vorliegende Erfindung auf eine solche Weise durchgeführt, dass Kalksteinteilchen oder Dolomiteilchen von 0,15 mm als ein Zusatz zusammen mit dem feinen Eisenerz in den Ofen vom Wirbelschichttyp zugeführt werden, wodurch sie den Schlammungsverlust der feinen Eisenerzteilchen verhindern und das Degradationsphänomen verhindern.

[0030] Die vorliegende Erfindung wird detaillierter beschrieben.

[0031] Das heißt, die feinen Zusatzteilchen, die zusammen mit den feinen Eisenerzteilchen in den Reduktionsofen zugeführt werden, haben eine kleinere Dichte, und deshalb verlassen alle von ihnen das Fließbett, und kommen dann zusammen mit den feinen Eisenerzteilchen am Zyklon an. Dann wechselwirken die feinen Zusatzteilchen, die so am Zyklon angekommen sind, mit den feinen Eisenerzteilchen, so dass die feinen Eisenerzteilchen mit den Zusatzteilchen beschichtet werden. In der Folge nehmen die Pseudoteilchengrößen zu,

und diese Eisenerzteilehen mit Pseudoteilehengrößen werden im Kreislauf zum Reduktionsofen umgepumpt. So wird durch eine Beschickung des Ofens vom Fließbetttyp mit feinen Zusatzteilchen die Menge der feinen Eisenerzteilehen, die den Zyklon durchlaufen, auf einer bestimmten Stufe stabilisiert, wodurch der Zyklon auf einer hohen Leistungsfähigkeit gehalten wird.

[0032] Bei der vorliegenden Erfindung sollte die Beschickungsmenge der feinen Zusatzteilchen bevorzugter Weise auf 3 – 6% begrenzt sein. Der Grund ist der folgende. Das heißt, falls die Beschickungsmenge weniger als 3% beträgt, ist die Hinzufügungswirkung unzureichend, während, falls sie 6% überschreitet, dann die innere Temperatur des Ofens auf Grund der Wärmeabsorptionszersetzungsreaktion des Zusatzes mit dem Reduktionsgas verlässlich erniedrigt wird.

[0033] Die Teilchengröße des Zusatzes sollte bevorzugterweise 0,15 mm betragen, und das ist so, weil die Zusatzteilchen bei dieser Teilchengröße leicht vom Zyklon eingefangen werden können.

[0034] Unterdessen nimmt, nach der Pulverisierung der Feineisenerzteilehen, der Anteil der Teilchen von 0,1 mm oder weniger auf ungefähr 30% zu, wobei dies die allgemein bekannte Tatsache ist. Unter der Annahme, dass dies richtig ist, müssen 10 – 20% des Zusatzes relativ zur Gesamtmenge der Eisenerzteilehen von 0,1 mm oder weniger hinzugefügt werden. Es wurde durch die Experimente der Erfinder bestätigt, dass dieser Bereich der Hinzufügung in Anbetracht der Abnahme des Flugverlustes der feinen Eisenerzteilehen zu bevorzugen ist.

[0035] Bei einem anderen Verfahren, das kein Teil der Erfindung ist, wird Schlamm zum feinen Eisenerz in einer Menge von 0,2 – 5,0% hinzugefügt, und ein Mischen findet statt, um die feinen Eisenerzteilehen mit dem Schlamm zu bedecken. Dann wird eine Trocknung bei einer Temperatur von 105 – 800°C für 1 – 24 Stunden durchgeführt. Dann werden die feinen Eisenerzteilehen mit dem darauf aufgetragenen Schlamm dem Ofen vom Wirbelschichttyp zugeführt, wodurch sie den Auslaugungsverlust der feinen Eisenerzteilehen verhindern und das Degradationsphänomen verhindern.

[0036] Der bei dem zuvor erwähnten Verfahren, das kein Teil der Erfindung bildet, verwendbare Schlamm, ist zunächst der Schmelzofenschlamm, der dadurch erhalten wird, dass die Stäube des Abfördergases, das von einem Schmelzofen abgefordert wird, mit Wasser aufgefangen werden. Zweitens ist es der Schlamm, der erhalten wird, indem die Stäube des Abfördergases, das von einem Ofen vom Fließbetttyp abgefordert wird, durch Wasser aufgefangen werden. Das typische Herstellungsverfahren für geschmolzenes Eisen umfasst das COREX-Verfahren und das FINEX-Verfahren.

[0037] Die vorzuziehende Zusammensetzung des Schlammes umfasst: 5 – 50% T.Fe, 2 – 20% SiO₂, 3 – 30% CaO, 2 – 11,5% Al₂O₃, 1 – 3,5% MgO, 2 – 9 % C, 1% oder weniger TiO₂, 1% oder weniger P₂O₅, 1,5% oder weniger K₂O, 0,1% oder weniger Na₂O und 1% oder weniger S.

[0038] Unter den oben stehenden Bestandteilen verhindern CaO, MgO, Al₂O₃ und C das Wachsen des zellulären Eisens und in der Folge das Aneinanderhaften zwischen den Teilchen. Weiterhin verhindern CaO und MgO das Ausschlüpfen der feinen Eisenerzteilehen, wodurch sie den Eisenerholungsgrad verbessern.

[0039] Obwohl CaO, MgO und Al₂O₃ beim Verhindern der Erscheinung des Aneinanderhaftens wirksam sind, wird, falls ihr Gehalt unangemessen hoch ist, dann das Ansehen des schließlich reduzierten Eisens verringert, und deshalb sollte ihr Gehalt angemessen angepasst werden.

[0040] Weiterhin ist C ein starkes Mittel, um Haftung zu verhindern, und je höher sein Gehalt ist, desto wirksamer ist es. Weiterhin produziert es ein Reduktionsgas ($C + CO_2 = 2CO$), um die Reduktionstauglichkeit zu erhöhen, während es auch als eine Wärmequelle wirkt und als ein Reduktionsgas im Schmelzofen, um es so möglich zu machen, die Verwendung von Kohle herabzusetzen.

[0041] Unterdessen ist S ein Bestandteil, der das Zusammenkleben antreibt, und deshalb sollte es auf 1% oder weniger beschränkt sein.

[0042] Unterdessen sollte der auf die Feineisenerzteilehen aufgetragene Schlamm bevorzugterweise 0,2 – 5,0 Gew.% der Gesamtmenge der Feineisenerzteilehen belegen. Falls die Menge des Schlammes bei weniger als 0,2% liegt, wird die Wirkung zur Verhinderung des Aneinanderhaftens und der Degradation unzureichend. Auf der anderen Seite wird, falls die Menge des Schlammes 5,0% überschreitet, der getrocknete Schlamm derart verschlechtert, dass er zur Außenseite des Reaktionsbehälters geführt wird, wodurch er möglicherweise

einen Stillstand oder eine Störung des Verfahrens verursacht.

[0043] Bei dem zuvor erwähnten Verfahren, das kein Teil der Erfindung ist, wird unter Verwendung einer Drehofen-Vorrichtung oder dergleichen die oben erwähnte Menge einer Schlamm-Suspensionsflüssigkeit mit einem feinen Roheisenerz vermischt. So werden die feinen Eisenerzteilchen mit dem Schlamm umhüllt, und dann wird eine Trocknung durchgeführt, bevor der Reduktionsofen mit den umhüllten Feineisenerzteilchen beschickt wird.

[0044] Beim zuvor erwähnten Verfahren, das keinen Teil der Erfindung bildet, wird die oben erwähnte Trocknung bei einer Temperatur von 105 – 800°C für 1 – 24 Stunden durchgeführt.

[0045] Falls die Trocknungstemperatur zu niedrig liegt und/oder falls die Trocknungszeit zu kurz ist, kann keine ausreichende Trocknung realisiert werden. Deshalb werden dann, falls die umhüllten Teilchen dem Ofen zugeführt werden, die umhüllten Teilchen agglomeriert, woraus sich ergibt, dass sich die Rohre zusetzen und dass die Verwirbelung der Teilchen in dem Ofen vom Wirbelschichttyp nicht wirksam ist, wodurch möglicherweise ein Stillstand des Verfahrens herbeigeführt wird.

[0046] Wie oben beschrieben kann durch die Umhüllung der feinen Eisenerzteilchen mit dem Schlamm eine Degradation der Eisenerzteilchen aufgrund mechanischer oder thermischer Stöße verhindert werden. Weiterhin kann das Aneinanderhaften, das über dem Gasverteiler auftritt, wirksam verhindert werden, und der Produktivitätsverlust aufgrund des Schlammungsverlusts der feinen Eisenerzteilchen kann durchgreifend verringert werden. Das heißt, falls die feinen Eisenerzteilchen dem Ofen vom Wirbelschichttyp zugeführt werden, nachdem sie gemäß dem zuvor erwähnten Verfahren, das keinen Teil der Erfindung bildet, mit dem Schlamm umhüllt wurden, können dann die Pulverisierung der Eisenerzteilchen und der daraus folgende Auslaugungsverlust und die Erscheinung des Aneinanderhaftens dank der Gegenwart von Kohlenstoff (C), Kalkstein (CaO) und Aluminiumoxid (Al₂O₃) verhindert werden. Weiterhin wird dank der Erzeugung des Reduktionsgases (C + CO₂ → 2CO), verursacht durch C, die Reaktion der festen Feineisenerzteilchen gefördert. Weiterhin ist C die Wärmequelle und deshalb kann der Kohlenverbrauch herabgesetzt werden, wodurch sich die Wirtschaftlichkeit verbessert.

[0047] Unterdessen kann bei der vorliegenden Erfindung der Abbau in der ersten Stufe der Reduktion wirksam in Angriff genommen werden, indem ein Zusatz zusammen mit dem feinen Eisenerz einem ersten Reduktionsofen zugeführt wird (z.B. einem ersten Vorheiz- oder Vorreduktionsofen in einer dreistufigen Reduktionsvorrichtung vom Wirbelschichttyp).

[0048] Nun werden sowohl die vorliegende Erfindung als auch andere Verfahren, die keinen Teil der Erfindung bilden, spezifischer auf Basis tatsächlicher Beispiele beschrieben.

<Beispiel 1: ein Verfahren gemäß der Erfindung>

[0049] Eine Reduktionsvorrichtung wie in [Fig. 2](#) dargestellt und mit einer Größe, wie sie in Tabelle 1 angegeben ist, wurde verwendet, um eine Reduktion unter Bedingungen, wie sie in den Tabellen 1 – 6 angegeben sind, durchzuführen. In dieser Situation wurde ein Ofen **21** vom Wirbelschichttyp durch einen Beschickungstrichter **23** mit Feineisenerz beschickt, während der Zusatz dem Ofen **21** vom Wirbelschichttyp durch einen Zusatzbeschickungstrichter **24** zugeführt wurde. Der Zusatz wurde in der Vorreduktionsstufe zugeführt, während seine Menge zwischen 1 Gew.% und 10 Gew.% variierte.

[0050] Dann wurde das vorreduzierte Eisen dem Feineisenerzbeschickungstrichter **23** erneut zugeführt, wobei ein beweglicher Behälter **25** verwendet wurde, und wodurch die endgültige Reduktion durchgeführt wurde. Unter Bezugnahme auf [Fig. 2](#) steht das Bezugszeichen **22** für einen Zyklonen, **28** bezeichnet einen Gasverteiler und **29** bezeichnet ein Zirkulationsrohr.

[0051] Nachdem die Vorreduktion und die Endreduktion in der oben angegebenen Weise durchgeführt wurden, wurde die Veränderung der Schlammungsrate in Abhängigkeit der Hinzufügungsmenge des Zusatzes überprüft, und die überprüften Ergebnisse werden in Tabelle 4 unten angezeigt.

<Tabelle 1> Höhe und Innendurchmesser des Reduktionsofens vom Wirbelschichttyp

Durchmesser des Gasverteilers:	0,3 m
Höhe des Reduktionsofens:	6 m (über Gasverteiler)

<Tabelle 2> Zusammensetzung und Größenverteilung der feinen Roheisenerzteilchen

Chemische Zusammensetzung (Gew.%):	T.Fe: 62,17, FeO: 0,51, SiO ₂ : 5,5, TiO ₂ : 0,11, Mn: 0,05, S: 0,012, P: 0,65, Kristallwasser: 2,32
Verteilung der Teilchengröße (Gew.%):	-0,05 mm: 4,6, 0,05 – 0,15 mm: 5,4, 0,15 – 0,5 mm: 16,8 0,5 – 4,75 mm: 59,4, 4,75 – 8 mm: 13,8

<Tabelle 3> Zusammensetzung und Größenverteilung von Kalkstein

Chemische Zusammensetzung (Gew.%):	SiO ₂ : 2,27, Al ₂ O ₃ : 0,58, CaO: 53,28, MgO: 0,71, Zn: 0,12, Na ₂ O ₃ : 0,01, Kristallwasser: 2,63
Verteilung der Teilchengröße:	-0,05 mm: 60, 0,05 – 0,15 mm: 40

<Tabelle 4> Zusammensetzung und Größenverteilung von Dolomit

chemische Zusammensetzung (Gew.%):	SiO ₂ : 1,20, Al ₂ O ₃ : 0,34, CaO: 32,01, MgO: 18,38, FeO: 1,46, K ₂ O: 0,048, Na ₂ O: 0,010, Kristallwasser: 3,0
Verteilung der Teilchengröße:	-0,05 mm: 47, 0,05 – 0,15 mm: 53

<Tabelle 5> Zusammensetzung, Temperatur und Druck des Reduktionsgases

1. Gaszusammensetzung (Vol.-%):
Vorreduktion: CO: 40, H ₂ : 20, CO ₂ : 35, N ₂ : 5
Endreduktion: CO: 65, H ₂ : 25, CO ₂ : 5, N ₂ : 5
2. Reaktionszeit:
Vorheizen/Vorreduktion: 20 Minuten
Endreduktion: 30 Minuten
3. Temperatur:
Vorreduktion: 800° C
Endreduktion: 850° C
4. Druck:
Vorreduktion: 1,8 Kgf/cm ²
Endreduktion: 2,0 Kgf/cm ²

<Tabelle 6> Gasgeschwindigkeit innerhalb des Wirbelschichttyp-Ofens

Gasgeschwindigkeit: Geschwindigkeit am Gasverteiler: 2,0 mm

[0052] Wie oben in Tabelle 3 gezeigt, war die Auslaugungsrate, wenn die Menge des Zusatzes zu klein war, zu hoch. In dem Fall, in dem die Hinzufügung des Zusatzes dem Bereich der vorliegenden Erfindung entsprach, war die Ausschlämmungsrate sehr niedrig. Weiterhin war, falls die Hinzufügemenge des Zusatzes zu hoch war, die Auslaugungsrate vergleichsweise hoch. Unterdessen konnte in dem Fall, in dem kein Zusatz hinzugefügt wurde, ein Schlammungsverlust von ungefähr 40 % beobachtet werden.

[0053] Unterdessen sind die Anwesenheit und Abwesenheit des Aneinanderhaftens vor und nach der Hinzufügung des Zusatzes zusammen mit der durchschnittlichen Reduktionsrate in Tabelle 7 unten gezeigt. Wie in Tabelle 7 gezeigt, traten in dem Fall, in dem kein Zusatz hinzugefügt wurde, Teilchenagglomerationen innerhalb einer Stunde nach dem Beginn des Reduktionsexperiments auf, und deshalb konnte aufgrund der nicht gleichmäßigen Teilchenverwirbelung kein stabiles Verfahren durchgeführt werden, und aufgrund ernster Druckschwankungen. Auf der anderen Seite trat in dem Fall, in dem der Zusatz hinzugefügt wurde, aufgrund der ruhigen Verwirbelung der Teilchen keine Teilchenagglomeration auf, wodurch es ermöglicht wurde, ein stabiles Verfahren durchzuführen. Es wurde jedoch beobachtet, dass in dem Fall, in dem der Zusatz hinzugefügt wurde, die durchschnittliche Reduktionsrate etwas erniedrigt wurde. Wie oben beschrieben, kann dies dem Abfall der Temperatur durch die Hinzufügung des Zusatzes zugeschrieben werden.

<Tabelle 7> Anwesenheit und Abwesenheit des Haftens vor und nach der Hinzufügung des Zusatzes und Veränderung der durchschnittlichen Reduktionsrate

	Zusatz	Haften			Reduktionsrate (%)	
		0,5 Std.	1 Std.	3 Std.	Vor-Reduktion	End-Reduktion
Kein Zusatz		kein	ja	ja	24 – 28	81 - 87
Zusatz hinzugefügt	Kalkstein	kein	kein	kein	22 – 26	78 - 85
	Dolomite	kein	kein	kein	22 – 26	77 - 85

<Beispiel 2: Ein anderes Verfahren, das keinen Teil der Erfindung bildet>

[0054] Die Reduktionsvorrichtung **30** der [Fig. 3](#) wurde verwendet, und ein Schlamm und ein rohes Feiseisenerz wurden innerhalb eines Drehofens **36** vermischt, um die feinen Eisenerzteilchen mit dem Schlamm zu umhüllen. Dann wurde eine Trocknung durchgeführt, und der Ofen **31** vom Wirbelschichttyp wurde mit den getrockneten, umhüllten Teilchen durch den Beschickungstrichter **33** beschickt. Dann wurden die zugeführten Eisenerzteilchen vorreduziert, während sie eine Wirbelschicht aus Blasen und die Teilchen ausbilden. Unter dieser Voraussetzung betrug die vermischte Menge des Schlammes 2,5 % des gesamten Eisenerzes, und die Trocknungstemperatur innerhalb des Drehofens **36** betrug 550°C.

[0055] Das vorreduzierte Eisenerz wurde dem Beschickungstrichter **33** für das feine Eisenerz unter Verwendung eines beweglichen Behälters **35** wieder zugeführt, wodurch eine Endreduktion durchgeführt wurde. Die Reduktionsvorrichtung der [Fig. 3](#) war grundsätzlich dieselbe wie die der [Fig. 2](#), mit der Ausnahme der Tatsache, dass dort der Drehofen **36** verwendet wurde.

[0056] Die Zusammensetzungen des Schlammes und des feinen Eisenerzes, die in dem Beispiel verwendet wurden, sind wie in den Tabellen 8 und 9 unten angegeben. Im Übrigen waren die Reduktions- und Verfahrensbedingungen die gleichen wie in den Tabellen 1, 2, 5 und 6.

<Tabelle 8>

Schlammzusammensetzung
T.Fe: 25,3%, SiO ₂ : 8,7 %, CaO: 8,4 %, Al ₂ O ₃ : 5,5 %, MgO: 4,1 %, C: 43,2 %, TiO ₂ : 0,4 %, P ₂ O ₅ : 0,3 %, K ₂ O: 0,9 % Na ₂ O: 0,5 %, S: 0,7 %, andere: 2 %

<Tabelle 9>

Chemische Zusammensetzung des feinen Roheisenerzes
T.Fe: 63,49 %, FeO: 0,49 %, SiO ₂ : 4,32 %, TiO ₂ : 0,112 %, Mn: 0,05 %, P: 0,65 %, Kristallwasser: 3,96 %

[0057] Nach der Durchführung des Experiments mit der oben angegebenen Vorrichtung und bei den oben angegebenen Verfahrensbedingungen, wurde die Teilchengrößenverteilung der Teilchen, die durch den Zyklon **32** eingefangen wurden, gemessen, und die Ergebnisse sind in der Tabelle 10 unten dargestellt.

[0058] Weiterhin wurden die Schlämmungsverluste und die Ausschlämmungsraten vor und nach der Umhüllung mit Schlamm gemessen, und die gemessenen Ergebnisse sind in Tabelle 10 unten gezeigt.

[0059] Weiterhin wurden vor und nach der Umhüllung mit Schlamm Messungen bezüglich des Vorhandenseins des Aneinanderhaftens, der durchschnittlichen Reduktionsrate und des Kohlenstoffgehalts des endgültig reduzierten Eisens durchgeführt. Die Ergebnisse sind unten in Tabelle 11 gezeigt.

[0060] Wie aus Tabelle 10 ersichtlich war, lag, wenn die Auslaugungsrate am Zyklon **32** gemessen wurde, der Bereich der Teilchengröße der Teilchen, die vom Ofen hinausgeführt worden waren und am Zyklon detektiert wurden bei 0,005 mm oder weniger. Bezüglich der Menge der Teilchen, die zur Außenseite weggeflogen waren, zeigte sich jedoch in dem Fall, in dem der Schlamm nicht zugemischt wurde, ein Schlämmungsverlust von 40 – 45 %. Im Gegensatz dazu war in dem Fall, in dem der Schlamm zugemischt wurde, der Flugverlust so niedrig wie 10 – 15%.

[0061] Unterdessen traten, wie in Tabelle 11 gezeigt, in dem Fall, in dem der Schlamm nicht zugemischt war, innerhalb einer Stunde nach dem Start des Reduktionsexperiments Teilchenagglomerationen auf und deshalb konnte aufgrund des nicht gleichmäßigen Fließbettes und aufgrund einer ernsthaften Schwankung des Drucks kein stabiles Verfahren durchgeführt werden. Im Gegensatz dazu traten in dem Fall, in dem der Schlamm zugemischt wurde, keine Teilchenagglomerationen auf und deshalb konnte Dank der ruhigen Verwirbelung des Teilchen-Fließbetts ein stabiles Verfahren durchgeführt werden. Entsprechend wurden die Reduktionsraten in den entsprechenden Stufen zu einem merklichen Grad verbessert.

[0062] Nach dem Experiment wurde der Kohlenstoffgehalt des endgültig reduzierten Eisens gemessen, und die Ergebnisse waren wie folgt. Das heißt, in dem Fall, in dem der Schlamm zugemischt wurde, wurde der Kohlenstoffgehalt um das 30 –40 -Fache im Vergleich mit dem Fall, in dem der Schlamm nicht zugemischt wurde, erhöht. Dies führt zu dem Vorteil, dass die Kohlenstoffeingabe während der Beschickung mit dem feinen Eisenerz gesichert werden kann.

<Tabelle 10> Degradationsrate und Schlämmungsrate bezüglich der Verteilung der Teilchengröße vor und nach der Umhüllung mit Schlamm

Teilchengröße	Größenverteilung des Erzes (akkumulierte Gew.%)	Größenverteilung ohne Schlamm nach dem Experiment (akkumulierte Gew.%)	Größenverteilung mit Schlamm nach dem Experiment (akkumulierte Gew.%)
0,005 mm oder weniger	4,6	6,9	6,0
0,15 mm oder weniger	10,0	51,6	41,3
0,6 mm oder weniger	26,8	85,6	69,8
4,75 mm oder weniger	86,2	95,6	91,8
8 mm oder weniger	100	100	100
Schlämmungs- verlust (%)		40 - 45	10 - 15

<Tabelle 11 > Auftreten des Aneinanderhaftens, durchschnittliche Reduktionsrate und Schwankung des Kohlenstoffgehalts vor und nach der Umhüllung mit Schlamm

	Aneinanderhaften			Reduktionsrate (%)		Kohlenstoff- gehalt im reduzierten Eisen
	0,5 Std.	1 Std.	3 Std..	Vor- reduktion	End- reduktion	
Ohne Schlamm	kein	ja	ja	24 – 28	81 – 87	0,1 – 0,4
Mit zugemischtem Schlamm	kein	kein	kein	30 – 35	92 - 96	3 – 6

[0063] Gemäß der vorliegenden Erfindung wie oben beschrieben wird ein Zusatz zusammen mit dem Feineisenerz zugeführt, wodurch der Auslaugungsverlust des Feineisenerzes verringert wird. Auf diese Weise werden die Degradation und das Aneinanderhaften der Eisenerzteilechen verhindert, und der Schlämungsverlust der Feineisenerzteilechen wird verringert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verringerung eines Schlämungsverlusts von feinen Eisenerzteilechen in einem Reduktionsverfahren von Wirbelschichttyp unter Verwendung einer Reduktionsvorrichtung vom Wirbelschichttyp, umfassend: einen Ofen vom Wirbelschichttyp zur Aufnahme eines feinen Eisenerzes und eines Reduktionsgases, aufgenommen durch seine Unterseite, um eine Wirbelschicht auszubilden, um so das feine Eisenerz zu reduzieren und so ein reduziertes feines Eisenerz abzuführen und ein Austrittsgas ausströmen zu lassen; und einen Zyklon zum Einfangen der feinen Eisenerzteilechen aus dem Austrittsgas, um das Austrittsgas nach seiner Trennung von den feinen Eisenerzteilechen abzuführen und die feinen Eisenerzteilechen nach ihrer Trennung vom Austrittsgas im Kreislauf zum genannten Ofen vom Wirbelschichttyp zurückzuführen, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren den folgenden Schritt umfasst:

Beschicken des genannten Ofens vom Wirbelschichttyp mit 3 – 6 Vol% Kalkstein (CaCO_3) oder Dolomit (CaCO_3 , MgCO_3) zusammen mit dem feinen Eisenerz.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Zuschlag eine Teilchengröße von 0,15 mm oder weniger hat.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

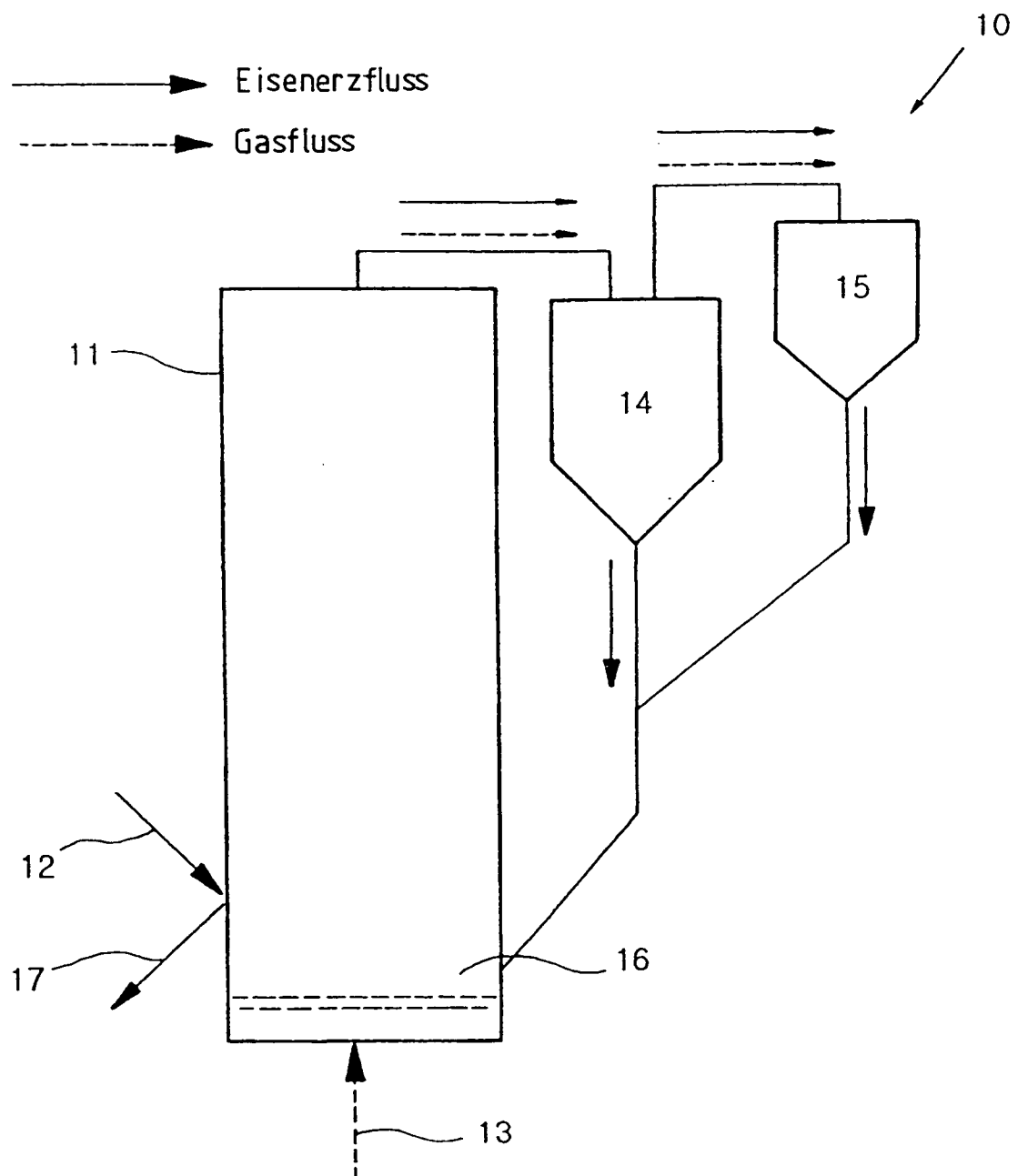


FIG. 2

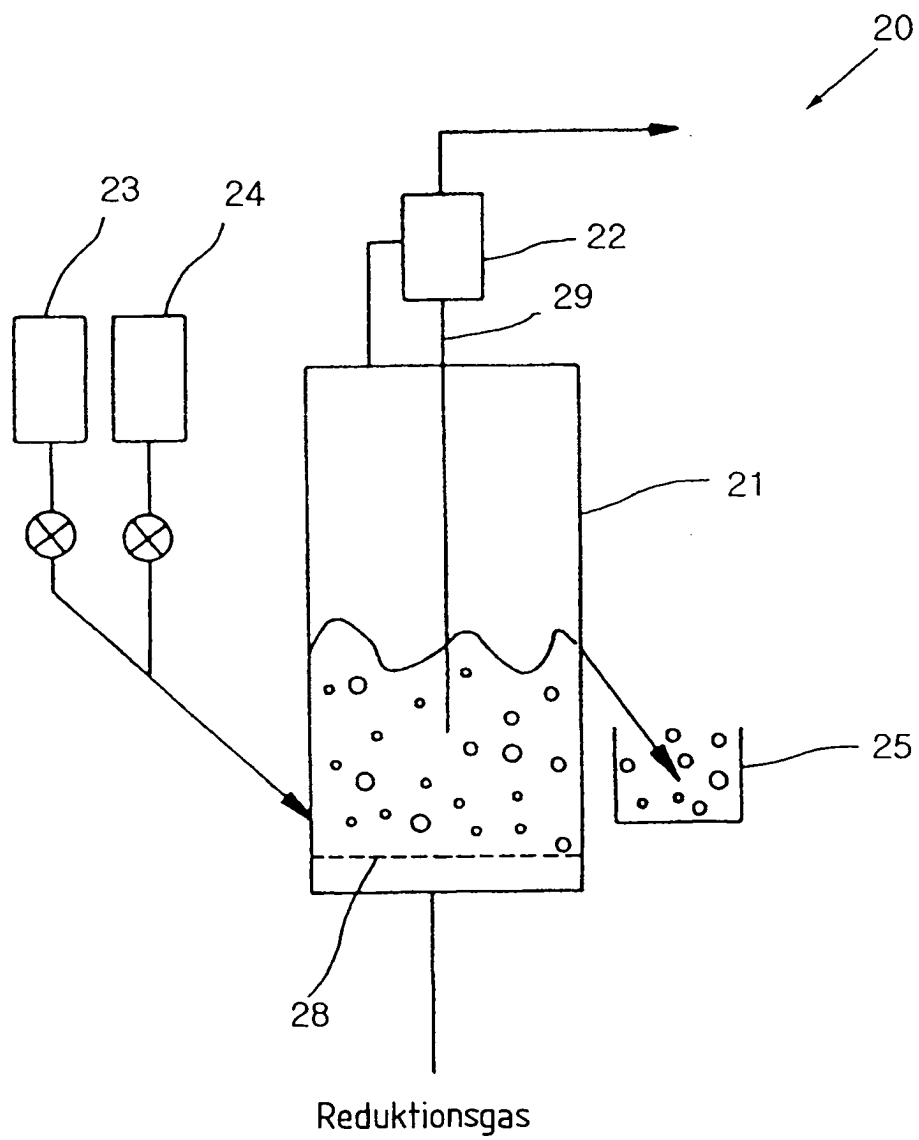


FIG. 3

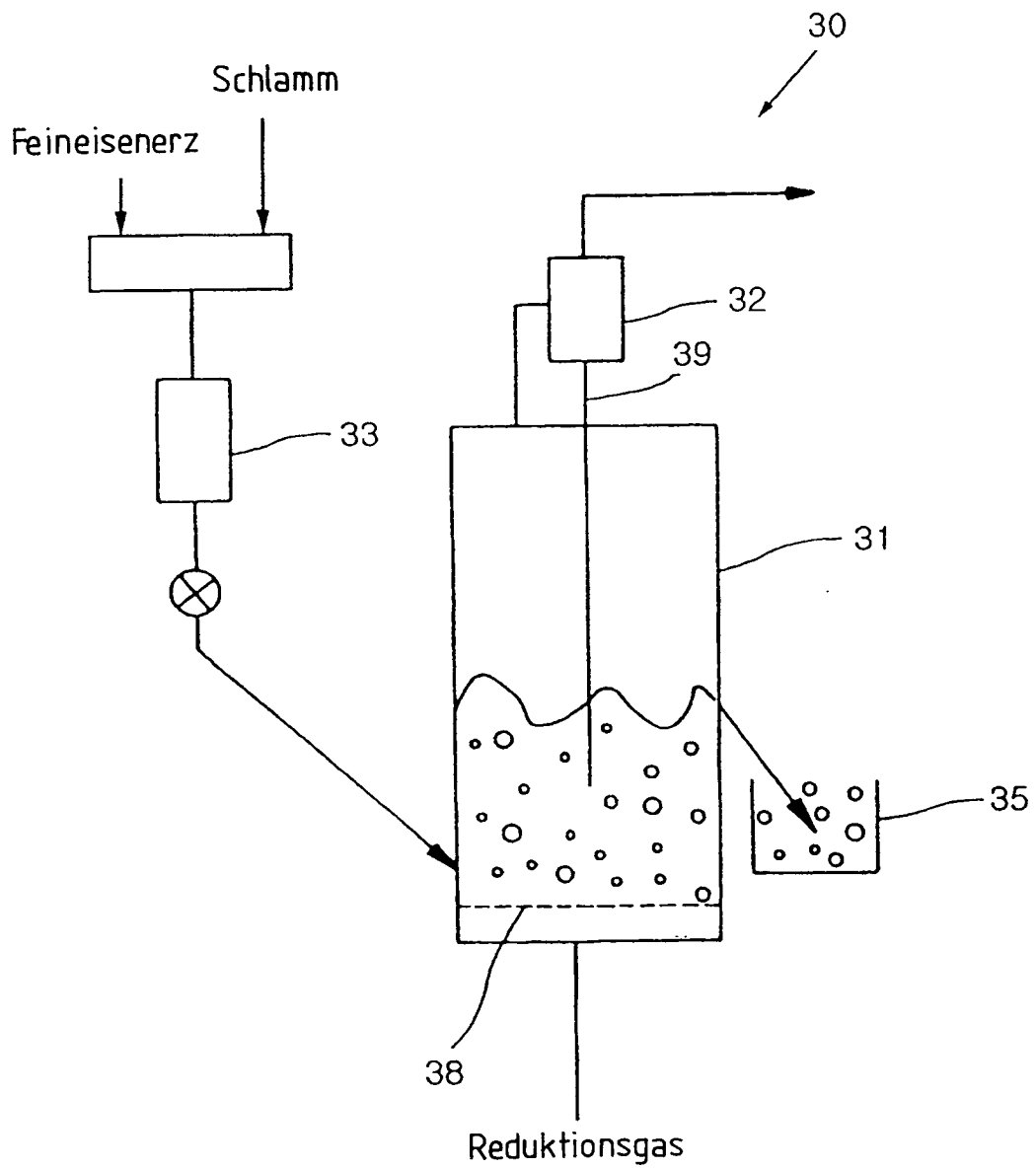


FIG. 4

