

(19)



Republik
Österreich
Patentamt

(11) Nummer:

AT 405 522 B

(12)

PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 876/96

(51) Int.Cl.⁶ : **C21B 13/00**
C21B 13/14

(22) Anmeldetag: 17. 5.1996

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 1.1999

(45) Ausgabetag: 27. 9.1999

(56) Entgegenhaltungen:

EP 0022098A1 EP 0571358A1 GB 1101199A

(73) Patentinhaber:

VOEST-ALPINE INDUSTRIEANLAGENBAU GMBH
A-4020 LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).
BRIFER INTERNATIONAL LTD.
BRIDGETOWN (BB).

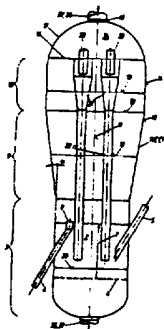
(72) Erfinder:

KEPPLINGER WERNER-LEOPOLD DIPL.ING. DR.
LEONDING, OBERÖSTERREICH (AT).
WALLNER FELIX DIPL.ING. DR.
LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).
SCHENK JOHANNES DIPL.ING. DR.
LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).
HAUZENBERGER FRANZ DIPL.ING.
LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).
WHIPP ROY HUBERT
WINDERMERE (US).

(54) VERFAHREN ZUM BEHANDELN TEILCHENFÖRMIGEN MATERIALS IM WIRBELSCHICHTVERFAHREN SOWIE GEFÄSS
UND ANLAGE ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS

(57) Bei einem Verfahren zum Behandeln teilchenförmigen Materials im Wirbelschichtverfahren wird das teilchenförmige Material durch ein von unten nach oben strömendes Behandlungsgas in einer Wirbelschicht (2) gehalten und dabei behandelt.

Zur Minimierung des Verbrauchs an Behandlungsgas und zur Verringerung des Mitreißens von Feinteilchen durch das Behandlungsgas wird das teilchenförmige Material mit einer breiten Kornverteilung und einem relativ hohen Feinanteil zur Behandlung eingesetzt und die Leerrohrgeschwindigkeit des Behandlungsgases in der Wirbelschicht (2) kleiner gehalten als die für eine Fluidisierung der größten Teilchen des teilchenförmigen Materials notwendige Geschwindigkeit.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Behandeln, vorzugsweise zum Reduzieren, teilchenförmigen Materials im Wirbelschichtverfahren, insbesondere zum Reduzieren von Feinerz, wobei das teilchenförmige Material durch ein Von unten nach oben strömendes Behandlungsgas in einer Wirbelschicht gehalten und dabei behandelt wird, sowie ein Gefäß zur Durchführung des Verfahrens.

5 Ein Verfahren dieser Art ist beispielsweise aus der US 2,909,423 A, der WO 92/02458 A1 und der EP 0 571 358 A1 bekannt. Hierbei wird oxidhaltiges Material, z.B. Feinerz, in einer von einem Reduktionsgas aufrecht erhaltenen Wirbelschicht innerhalb eines Wirbelschicht-Reduktionsreaktors reduziert, wobei das Reduktionsgas, das über einen Düsenrost in den Wirbelschicht-Reduktionsreaktor eingeleitet wird, den Reduktionsreaktor von unten nach oben durchströmt, wogegen das oxidhaltige Material den Reduktionsreaktor etwa im Querstrom zum Reduktionsgasstrom durchsetzt. Für das Aufrechterhalten der Wirbelschicht ist eine bestimmte Geschwindigkeit des Reduktionsgases innerhalb der Wirbelschichtzone erforderlich, die von der Teilchengröße des eingesetzten Materials abhängt.

Aufgrund der bei den bekannten Verfahren notwendigen relativ hohen Geschwindigkeit des Reduktionsgases kommt es zu einem starken Austragen von Feinstanteilen des oxidhaltigen Materials sowie bei fortgeschrittener Reduktion zu einem Austragen von bereits reduziertem oxidhaltigem Material, aus der 15 Wirbelschicht, wobei diese Feinstanteile dann im Reduktionsgas enthalten sind. Um diese Feinstanteile aus dem Reduktionsgas zu entfernen - einerseits um das teiloxydierte Reduktionsgas weiterverwenden zu können, beispielsweise für vorgeordnete Reduktionsreaktoren, bzw. zur Rückgewinnung des sonst in Verlust geratenen oxidhaltigen Materials bzw. bereits reduzierten Materials -, wird das die Feinstanteile enthaltende Reduktionsgas durch Staubabscheider, wie Zyklone geführt, und es wird der abgeschiedene Staub wieder 20 in die Wirbelschicht zurückgeführt. Die Staubabscheider bzw. Zyklone sind vorzugsweise innerhalb der Reaktoren angeordnet (vgl. US 2,909,423 A); sie können jedoch auch außerhalb der Reaktoren installiert sein.

In der Praxis hat sich gezeigt, daß teilreduzierte bzw. ausreduzierte feinkörnige Teilchen des oxidhaltigen Materials dazu neigen, aneinander und/oder an den Wänden der Reaktoren bzw. Zykline und Verbindungsleitungen bzw. Förderleitungen festzukleben bzw. anzubacken. Dieses Phänomen wird als "sticking" bzw. "fouling" bezeichnet. Das "sticking" respektive "fouling" ist abhängig von der Temperatur und dem Reduktionsgrad des oxidhaltigen Materials. Durch das Festkleben bzw. Anlegen des teil- oder ausreduzierten oxidhaltigen Materials an den Wänden der Reduktionsreaktoren bzw. anderen Anlagenteilen 30 kann es zu Störungen kommen, so daß es nicht möglich die Anlage ohne Abstellen kontinuierlich über einen längeren Zeitraum zu betreiben. Es hat sich gezeigt, daß ein kontinuierlicher Betrieb über ein Jahr hinaus nur schwer möglich ist.

Das Entfernen der Anlegungen bzw. Anbackungen ist sehr arbeitsintensiv und verursacht hohe Kosten, u.zw. Arbeitskosten sowie Kosten, die durch den Produktionsausfall der Anlage bedingt sind. Oftmals 35 kommt es zu einem selbsttätigen Ablösen der Anlegungen, wodurch diese entweder in die Wirbelschicht fallen und so zu einer Störung des Reduktionsprozesses führen, oder - wenn die Anlegungen sich vom Zyklon lösen - eine Verlegung der vom Zyklon zur Wirbelschicht führenden Staubrückführkanäle bewirken, so daß eine weitere Staubabscheidung aus dem Reduktionsgas gänzlich unmöglich ist.

Ein Nachteil der bekannten Wirbelschichtverfahren liegt in der Praxis in der Unflexibilität und Schwierigkeit bei der Aufteilung und Einspeisung des Behandlungsgasstromes, d.h. bei den oben beschriebenen 40 Verfahren nach dem Stand der Technik bei der Aufteilung und Einspeisung des Reduktionsgasstromes. Es ist weiters beim Stand der Technik nachteilig, daß bei jeder Prozeßstufe, also der Vorwärmung, Vorreduktion und Endreduktion, meist zwei oder mehrere Produktströme aus den Prozeßstufen zugeordneten Apparaten ausgeschleust werden müssen, was einen erheblichen Aufwand an Förder- und Schleuseneinrichtungen bedeutet. Zudem müssen bei jeder Prozeßstufe zwei Gasversorgungssysteme geregelt was bei 45 heißen staubhaltigen Gasen in der Praxis große Schwierigkeiten bereitet.

Hierzu kommt, daß infolge der relativ hohen Geschwindigkeit des Reduktionsgases ein erheblicher Verbrauch an Reduktionsgas vorliegt. Es wird wesentlich mehr Reduktionsgas verbraucht, als für den eigentlichen Reduktionsvorgang notwendig wäre, wobei der Mehrverbrauch lediglich dazu dient, die Wirbelschicht aufrecht zu erhalten. 50

Ein Verfahren zur Reduktion von Metallerzen mittels eines Wirbelschichtverfahrens ist auch aus der GB 1 101 199 A bekannt. Hierbei sind die Verfahrensbedingungen so gewählt, daß es bei der Reduktion zu einem Zusammenbacken des Materials kommt, wodurch Agglomerate gebildet werden, die aufgrund ihrer Größe nicht fluidisiert werden. Dadurch gelingt eine Trennung des fertigreduzierten Materials, das nach unten aus dem Wirbelschichtreaktor ausgetragen wird, vom nicht fertigreduzierten Material, das fluidisiert bleibt. Kleinere Produktteilchen werden am oberen Ende der Wirbelschicht abgezogen. Bei diesem Verfahren fallen also ebenfalls zwei Produktströme an, wodurch ein entsprechender apparativer Aufwand erforderlich ist.

Die Erfindung bezweckt die Vermeidung dieser Nachteile und Schwierigkeiten und stellt sich die Aufgabe, ein Verfahren der eingangs beschriebenen Art sowie ein Gefäß zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen, welche ein Behandeln von teilchenförmigem oxidhaltigem Material bei minimalem Verbrauch von Behandlungsgas über einen sehr langen Zeitraum ohne die Gefahr von durch "sticking" bzw. "fouling" verursachten Betriebsunterbrechungen ermöglichen. Insbesondere soll die zur Aufrechterhaltung der Wirbelschicht erforderliche Menge an Behandlungsgas sowie dessen Strömungsgeschwindigkeit stark herabgesetzt werden können, so daß nur ein minimaler Austrag von Feinteilchen stattfindet.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß teilchenförmiges Material mit einer breiten Kornverteilung mit einem relativ hohen Feinanteil und einem Anteil an größeren Teilchen zur Behandlung eingesetzt wird und daß die Leerrohrgeschwindigkeit des Behandlungsgases in der Wirbelschicht kleiner gehalten wird als die für eine Fluidisierung des Anteiles an größeren Teilchen des teilchenförmigen Materials notwendige Geschwindigkeit, wobei sämtliche größeren Teilchen gemeinsam mit dem Feinanteil nach oben bewegt und aus dem oberen Bereich der Wirbelschicht ausgetragen werden.

Es hat sich gezeigt, daß bei einer breiten gleichmäßigen Kornverteilung die Leerrohrgeschwindigkeit in der Wirbelschicht in einem Bereich von 0,25 bis 0,75 der für eine Fluidisierung der größten Teilchen des teilchenförmigen Materials notwendigen Geschwindigkeit aufrecht erhalten werden kann.

Vorzugsweise wird ein teilchenförmiges Material mit einem Korn eingesetzt, von dem der mittlere Korndurchmesser des Kornbandes 0,02 bis 0,15, vorzugsweise 0,05 bis 0,10, des größten Korndurchmessers des teilchenförmigen Materials beträgt.

Hierbei wird zweckmäßig für das Behandlungsgas oberhalb der Wirbelschicht eine Leerrohrgeschwindigkeit bezogen auf den größten Querschnitt eines die Wirbelschicht aufnehmenden Gefäßes für ein theoretisches Grenzkorn von 50 bis 150 μm , vorzugsweise 60 bis 100 μm , eingestellt, wobei vorteilhaft für das Reduzieren von "Run of Mine" Feinerzen eine Leerrohrgeschwindigkeit in der Wirbelschicht zwischen 0,3 m/s und 2,0 m/s eingestellt wird.

Bei einem Verfahren zur Direktreduktion von teilchenförmigem eisenoxidhaltigem Material im Wirbelschichtverfahren gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird reformiertes Gas mit bei der Direktreduktion des eisenoxidhaltigen Material entstehendem Topgas vermischt und als Reduktionsgas einer Wirbelschicht-Reduktionszone zugeführt und werden sowohl das Topgas als auch das reformierte Gas einer CO_2 -Wäsche unterzogen und wird das durch Mischen von Topgas und reformiertem Gas gebildete Reduktionsgas auf einen bestimmten H_2 -Gehalt und einen CO -Gehalt eingestellt.

Ein Gefäß zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist durch die Kombination folgender Merkmale gekennzeichnet:

- einen zylindrischen unteren, die Wirbelschicht aufnehmenden Wirbelschichtteil mit einem Gasverteilungsboden, einer Zuleitung für das Behandlungsgas und eine Zuführung und Abführung für teilchenförmiges Material oberhalb des Gasverteilungsbodens,
- einen oberhalb des Wirbelschichtteiles angeordneten und an diesen anschließenden, sich nach oben konisch erweiternden Konusteil, wobei die Neigung der Wand des Konusteiles zur Reaktormittelachse 6 bis 15°, vorzugsweise 8 bis 10°, beträgt,
- einen an den Konusteil anschließenden, zumindest teilweise zylindrischen Beruhigungsteil, der oben geschlossen ist und von dem eine Behandlungsgas-Ableitung ausgeht, wobei
- das Verhältnis der Querschnittsfläche des Beruhigungsteiles im zylindrischen Bereich zur Querschnittsfläche des Wirbelschichtteiles ≥ 2 ist.

Ein Gefäß zur Durchführung eines Erzreduktionsverfahrens in einer Wirbelschicht, das zwei zylindrische Teile unterschiedlichen Durchmessers und einen sehr kurzen und stark konischen Teil zwischen den zylindrischen Teilen aufweist, ist beispielsweise aus der EP 0 022 098 A1 bekannt. Bei diesem Gefäß sind jedoch zwei Gaszuführungen vorgesehen, und zwar eine unterhalb des unteren zylindrischen Teils und eine im konischen Teil. Das fertigreduzierte Erz wird aus diesem Wirbelschichtreaktor nach unten ausgetragen.

Vorzugsweise ist erfindungsgemäß die Querschnittsfläche des Beruhigungsraumes im zylindrischen Bereich so groß, daß sich in diesem Bereich eine Leerrohrgeschwindigkeit einstellt, die zum Abscheiden eines Kornes größer 50 μm aus dem Gas ausreichen würde.

Eine Anlage zur Direktreduktion von teilchenförmigem eisenoxidhaltigem Material im Wirbelschichtverfahren mit mindestens einem gemäß dem erfindungsgemäßen Gefäß gestalteten Wirbelschichtreaktor zur Aufnahme des eisenoxidhaltigen Materials, einer Reduktionsgas-Zuleitung zu diesem Wirbelschichtreaktor und einer das sich bei der Reduktion bildende Topgas vom Wirbelschichtreaktor abführenden Topgas-Ableitung, mit einem Reformier, einer vom Reformier ausgehenden Reformgasleitung, die mit der Topgasleitung zusammenmündet, wobei das aus reformiertem Gas und Topgas gebildete Reduktionsgas über die Reduktionsgas-Zuleitung in den Wirbelschichtreaktor gelangt, und mit einem CO_2 -Wäscher, ist dadurch gekennzeichnet, daß sowohl die Reformgasleitung als auch die Topgas-Ableitung in den CO_2 -Wäscher

münden und die Reduktionsgas-Zuleitung vom CO₂-Wäscher zum Wirbelschichtreaktor führt.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert, wobei Fig. 1 ein erfindungsgemäßes Gefäß im Schnitt und Fig. 2 ein Verfahrensschema zur Reduktion von Eisenerz zeigen, bei dem erfindungsgemäße Gefäße zur Anwendung kommen können. Fig. 3 veranschaulicht in Form eines Diagrammes Korngrößenverteilungen erfindungsgemäß zu behandelnder Eisenerze.

Das in Fig. 1 dargestellte Gefäß 1, das einen Wirbelschichtreaktor, insbesondere einen Reduktionsreaktor, darstellt, weist einen zylindrischen unteren, eine Wirbelschicht 2 aufnehmenden Wirbelschichtteil 3 auf, der in einer bestimmten Höhe mit einem als Düsenrost 4 ausgebildeten Gasverteilerboden zur Zuführung und gleichmäßigen Verteilung des Reduktionsgases versehen ist. Das Reduktionsgas durchströmt den Reduktionsreaktor ausgehend vom Düsenrost 4 von unten nach oben. Oberhalb des Düsenrostes 4 und noch innerhalb des zylindrischen Wirbelschichtteiles 3 münden Förderleitungen 5, 6, u.zw. Zu- und Abführungen für das Feinerz. Die Wirbelschicht 2 weist eine Schichthöhe 7 vom Düsenrost 4 bis zur Höhe der Abführung 6 für das Feinerz, d.h. deren Öffnung 8, auf.

An den zylindrischen Wirbelschichtteil 3 schließt ein sich nach oben konisch erweiternder Konusteil 9 an, wobei die Neigung der Wand 10 dieses Konusteiles 9 zur Reaktormittelachse 11 maximal 6 bis 15°, vorzugsweise 8 bis 10°, beträgt. In diesem Bereich kommt es durch die kontinuierliche Vergrößerung des Querschnittes 12 des Konusteiles 9 zu einer stetig und kontinuierlich zunehmenden Herabsetzung der Leerrohrgeschwindigkeit des nach oben strömenden Reduktionsgases.

Durch die nur geringe Neigung der Wand 10 des Konusteiles 9 gelingt es, trotz der Erweiterung des Querschnittes 12 in diesem Konusteil 9 eine Strömung ohne Wirbelbildung und Abreißen von der Wand 10 zu erzielen. Hierdurch werden Wirbelbildungen, die eine örtliche Erhöhung der Geschwindigkeit des Reduktionsgases hervorrufen würden, vermieden. Dadurch ist eine gleichmäßige und kontinuierliche Herabsetzung der Leerrohrgeschwindigkeit des Reduktionsgases über den Querschnitt 12 über die gesamte Höhe des Konusteiles 9, d.h. in jeder Höhe desselben, gewährleistet.

Am oberen Ende 13 des Konusteiles 9 schließt ein mit einer zylindrischen Wand 14 versehener Beruhigungsteil 15 an, der oben mit einer ebenen (oder einer teil-kugelförmig gestalteten) Decke 16 geschlossen ist. In der oberhalb der Decke 16 angeordneten Reaktordecke 17 ist zentral eine Öffnung 18 zur Ableitung des Reduktionsgases angeordnet. Die Vergrößerung des Querschnittsraumes des Konusteiles 9 ist derart ausgeführt, daß das Verhältnis der Querschnittsfläche 19 des Beruhigungsteiles 15 zur Querschnittsfläche 20 des Wirbelschichtteiles 3 ≥ 2 ist.

Im Inneren des Reduktionsreaktors 1 sind der Staubabscheidung für das Reduktionsgas dienende Zykclone 21 vorgesehen, die im zylindrischen Abschnitt des Beruhigungsteiles 15 angeordnet sind. Von den Zyklonen 21 ausgehende Staubrückführleitungen 22 sind vertikal nach unten gerichtet und münden in die Wirbelschicht. Die Gasableitungen 23 der Zykclone 21 münden in den zwischen der Decke 16 und der Reaktordecke 17 liegenden Raum 24.

Erfindungsgemäß wird in dem Reduktionsreaktor 1 Feinerz mit einer breiten gleichmäßigen Kornverteilung mit einem relativ hohen Feinanteil verarbeitet. Eine Kornverteilung dieser Art wäre etwa die folgende:

	Massenanteile
bis 4 mm	100 %
bis 1 mm	72 %
bis 0,5 mm	55 %
bis 0,125 mm	33 %

Es wurde herausgefunden, daß ein Feinerz mit etwa dieser Kornverteilung fluidisierbar ist, ohne daß eine Segregation in der Wirbelschicht 2 auftritt, wobei, und dies ist erfindungswesentlich, die Leerrohrgeschwindigkeit v_{leer} stets kleiner ist als die minimale Fluidisierungsgeschwindigkeit für die größten Teilchen des Feinerzes.

Als optimaler Betriebsbereich für v_{leer} wurde folgende Beziehung gefunden:

$$v_{\text{leer}} = 0,25 \text{ bis } 0,75 \cdot v_{\text{min}}(d_{\text{max}})$$

v_{leer} - Leerrohrgeschwindigkeit in der Wirbelschicht 2 oberhalb des Verteilerbodens 4
 $v_{\text{min}}(d_{\text{max}})$ - minimale Fluidisierungsgeschwindigkeit des größten Teilchens der eingesetzten Fraktion
 Für die Erfindung ist, wie bereits oben erwähnt, eine breite Kornverteilung des Feinerzes wesentlich. Eine solche Kornverteilung ist bei "Run of Mine" Feinerzen gegeben, also bei Feinerzen gegeben, die nach

Zerkleinerung keiner Klassierung unterworfen werden. Einige Beispiele von Kornverteilungen von "Run of Mine" Eisenerzen sind in Fig. 3 enthalten. Bei diesen Kornverteilungen von "Run of Mine" Eisenerzen ist stets ein größerer Anteil einer Feinfraktion vorhanden, die so klein ist, daß sie nicht im Wirbelbett bleibt, sondern mit dem Gas ausgetragen wird und über die Zykclone wieder rückgeführt wird. Die Feinfraktion ist notwendig, um die Fluidisierung der sehr großen Teilchen bei nur relativ geringer Leerrohrgeschwindigkeit des Behandlungsgases zu gewährleisten.

Erfindungsgemäß wird der Effekt genutzt, daß es bei einer breiten Kornverteilung zu einer Impulsübertragung des Impulses der kleinen Teilchen auf die größeren Teilchen kommt. Hierdurch gelingt die Fluidisierung großer Teilchen, auch wenn die Leerrohrgeschwindigkeit des Reduktionsgases unterhalb der für die großen Teilchen erforderlichen Leerrohrgeschwindigkeit liegt. Erfindungsgemäß kann Feinerz mit natürlicher Kornverteilung (Run of Mine) ohne vorherige Klassierung mit d_{\max} vorzugsweise bis 12 mm, maximal bis 16 mm, eingesetzt werden.

Durch den Einsatz des Reduktionsreaktors der nach den oben genannten Kriterien ausgelegt ist, und den Einsatz von Feinerz mit einem relativ hohen Feinanteil ergeben sich folgende Vorteile für das Fluidisierungsverhalten:

- Flexibles System im Hinblick auf Änderung der Feststoffdichte und Korngrößenverteilung bei wechselndem Rohstoffeinsatz
- Unempfindlich gegenüber Kornzerfall und damit Änderung des Feinanteiles zwischen Einsatz- und Produktstrom.

Das Gefäß 1 kann auch mit gleichen Vorteilen als Vorwärmgefäß sowie als Vor- und End-Reduktionsgefäß eingesetzt werden.

Eine Anlage, bei der ein oben beschriebenes, erfindungsgemäß ausgestaltetes Gefäß 1 mit Vorteil zum Einsatz gelangt, ist nachfolgend anhand der schematischen Fig. 2 näher beschrieben:

Eine Anlage zum Herstellen von Roheisen oder Stahlvorprodukten weist in etwa gleicher Bauart gestaltete und drei in Serie hintereinander geschaltete Wirbelschichtreaktoren 1, 1', 1'', 1''' auf, die die Merkmale des oben beschriebenen Gefäßes 1 aufweisen. Eisenoxidhaltiges Material, wie "Run of Mine" Feinerz, wird über eine Erzzuleitung 5 dem ersten Wirbelschichtreaktor 1, in dem in einer Vorwärmstufe eine Vorwärmung des Feinerzes und eventuell eine Vorreduktion stattfindet, zugeleitet und anschließend von Wirbelschichtreaktor 1 zu Wirbelschichtreaktor 1' bzw. von 1' zu 1'' über Förderleitungen 5, 6 geleitet. In dem zweiten Wirbelschichtreaktor 1' erfolgt in einer Vor-Reduktionsstufe eine Vorreduktion und im nachgeordneten Wirbelschichtreaktor 1'' eine weitergehende Reduktion sowie in einem letztangeordneten Wirbelschichtreaktor 1''' in einer End-Reduktionsstufe eine End-Reduktion des Feinerzes zu Eisenschwamm.

Das fertig reduzierte Material, also der Eisenschwamm, wird in einer Brikettieranlage 25 heiß- oder kaltbrikettiert. Erforderlichenfalls wird das reduzierte Eisen vor Reoxidation während der Brikettierung durch ein nicht dargestelltes Inertgas-System geschützt.

Vor Einleitung des Feinerzes in den ersten Wirbelschichtreaktor 1 wird es einer Erzvorbereitung, wie einer Trocknung und einem Sieben, unterzogen, die nicht näher dargestellt ist.

Reduktionsgas wird im Gegenstrom zum Erzdurchfluß von Wirbelschichtreaktor 1 zu Wirbelschichtreaktor 1' bis 1''' geführt und als Topgas über eine Topgas-Ableitung 26 aus dem in Gasströmungsrichtung letzten Wirbelschichtreaktor 1 abgeleitet und in einem Naßwäscher 27 gekühlt und gewaschen. Die Herstellung des Reduktionsgases erfolgt durch Reformieren von über die Leitung 28 zugeführtem und in einer Entschwefelungsanlage 29 entschwefeltem Erdgas in einem Reformer 30. Das aus Erdgas und Dampf gebildete reformierte Gas besteht im wesentlichen aus H_2 , CO, CH_4 , H_2O und CO_2 . Dieses reformierte Gas wird über die Reformgasleitung 31 mehreren Wärmetauschern 32 zugeleitet, in denen es auf Umgebungstemperatur abgekühlt wird, wodurch Wasser aus dem Gas auskondensiert wird.

Die Reformgasleitung 31 mündet in die Topgas-Ableitung 26, nachdem das Topgas mittels eines Kompressors 33 verdichtet wurde. Das so sich bildende Mischgas wird durch einen CO_2 -Wäscher 34 hindurchgeschickt und von CO_2 befreit, und es steht nunmehr als Reduktionsgas zur Verfügung. Dieses Reduktionsgas wird über die Reduktionsgas-Zuleitung 35 in einem dem CO_2 -Wäscher 34 nachgeordneten Gaserhitzer 36 auf eine Reduktionsgas-Temperatur von etwa $800^\circ C$ erhitzt und dem in Gas-Durchflußrichtung ersten Wirbelschichtreaktor 1''' zugeführt, wo es mit den Feinerzen zur Erzeugung von direkt reduziertem Eisen reagiert. Die Wirbelschichtreaktoren 1''' bis 1 sind in Serie geschaltet, das Reduktionsgas gelangt über die Verbindungsleitungen 37 von Wirbelschichtreaktor 1''' zur Wirbelschichtreaktor 1'' etc..

Ein Teil des Topgases wird aus dem Gas-Kreislauf 26, 35, 37 ausgeschleust, um eine Anreicherung von Inertgasen, wie N_2 , zu vermeiden. Das ausgeschleuste Topgas wird über eine Zweigleitung 38 dem Gaserhitzer 36 zur Erwärmung des Reduktionsgases zugeführt und dort verbrannt. Eventuell fehlende Energie wird durch Erdgas, welches über die Zuleitung 39 zugeführt wird, ergänzt.

Die fühlbare Wärme des aus dem Reformer 30 austretenden reformierten Gases sowie der Reformerrauchgase wird in einem Rekuperator 40 genutzt, um das Erdgas nach Durchlauf durch die Entschwefungsanlage 29 vorzuwärmen, den für die Reformierung benötigten Dampf zu erzeugen sowie die dem Gaserhitzer 36 über die Leitung 41 zugeführte Verbrennungsluft sowie gegebenenfalls auch das Reduktionsgas vorzuwärmen. Die dem Reformer über die Leitung 42 zugeführte Verbrennungsluft wird ebenfalls vorgewärmt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Behandeln, vorzugsweise zum Reduzieren, teilchenförmigen Materials im Wirbelschichtverfahren, insbesondere zum Reduzieren von Feinerz, wobei das teilchenförmige Material durch ein von unten nach oben strömendes Behandlungsgas in einer Wirbelschicht (2) gehalten und dabei behandelt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß teilchenförmiges Material mit einer breiten Kornverteilung mit einem relativ hohen Feinanteil und einem Anteil an größeren Teilchen zur Behandlung eingesetzt wird und daß die Leerrohrgeschwindigkeit des Behandlungsgases in der Wirbelschicht (2) kleiner gehalten wird als die für eine Fluidisierung des Anteiles an größeren Teilchen des teilchenförmigen Materials notwendige Geschwindigkeit, wobei sämtliche größeren Teilchen gemeinsam mit dem Feinanteil nach oben bewegt und aus dem oberen Bereich der Wirbelschicht ausgetragen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Leerrohrgeschwindigkeit in der Wirbelschicht (2) in einem Bereich von 0,25 bis 0,75 der für eine Fluidisierung der größten Teilchen des teilchenförmigen Materials notwendigen Geschwindigkeit aufrecht erhalten wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein teilchenförmiges Material mit einem Korn eingesetzt wird, von dem der mittlere Korndurchmesser des Kornbandes 0,02 bis 0,15, vorzugsweise 0,05 bis 0,10, des größten Korndurchmessers des teilchenförmigen Materials beträgt.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß für das Behandlungsgas oberhalb der Wirbelschicht (2) eine Leerrohrgeschwindigkeit bezogen auf den größten Querschnitt eines die Wirbelschicht (2) aufnehmenden Gefäßes für ein theoretisches Grenzkorn von 50 bis 150 μm , vorzugsweise 60 bis 100 μm , eingestellt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß für das Reduzieren von "Run of Mine" Feinerzen eine Leerrohrgeschwindigkeit in der Wirbelschicht (2) zwischen 0,3 m/s und 2,0 m/s eingestellt wird.
6. Verfahren zur Direktreduktion von teilchenförmigem eisenoxidhaltigem Material im Wirbelschichtverfahren unter Einsatz des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, wobei reformiertes Gas mit bei der Direktreduktion des eisenoxidhaltigen Materials entstehendem Topgas vermischt und als Reduktionsgas einer Wirbelschicht-Reduktionszone zugeführt wird und sowohl das Topgas als auch das reformierte Gas einer CO_2 -Wäsche unterzogen werden und das durch Mischen von Topgas und reformiertem Gas gebildete Reduktionsgas auf einen bestimmten H_2 -Gehalt und einen CO-Gehalt eingestellt wird.
7. Gefäß zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet durch die Kombination folgender Merkmale:
 - einen zylindrischen unteren, die Wirbelschicht (2) aufnehmenden Wirbelschichtteil (3) mit einem Gasverteilungsboden (4), einer Zuleitung (35, 37) für das Behandlungsgas und eine Zuführung und Abführung für teilchenförmiges Material oberhalb des Gasverteilungsbodens (4),
 - einen oberhalb des Wirbelschichtteiles (3) angeordneten und an diesen anschließenden, sich nach oben konisch erweiternden Konusteil (9), wobei die Neigung der Wand (10) des Konusteiles (9) zur Reaktormittelachse (11) 6 bis 15°, vorzugsweise 8 bis 10°, beträgt,
 - einen an den Konusteil (9) anschließenden, zumindest teilweise zylindrischen Beruhigungsteil (15), der oben geschlossen ist und von dem eine Behandlungsgas-Ableitung (26, 37) ausgeht, wobei
 - das Verhältnis der Querschnittsfläche (19) des Beruhigungsteiles (15) im zylindrischen Bereich zur Querschnittsfläche (20) des Wirbelschichtteiles (3) ≥ 2 ist.

8. Gefäß nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Querschnittsfläche (19) des Beruhigungs-
raumes (15) im zylindrischen Bereich so groß ist, daß sich in diesem Bereich eine Leerrohrgeschwin-
digkeit einstellt, die zum Abscheiden eines Kornes größer 50 μm aus dem Gas ausreichen würde.
- 5 9. Anlage zur Direktreduktion von teilchenförmigem eisenoxidhaltigem Material im Wirbelschichtverfahren
nach Anspruch 6, mit mindestens einem als Wirbelschichtreaktor (1 bis 1'') ausgebildeten Gefäß nach
Anspruch 7 oder 8 zur Aufnahme des eisenoxidhaltigen Materials, einer Reduktionsgas-Zuleitung (35,
37) zu diesem Wirbelschichtreaktor (1 bis 1'') und einer das sich bei der Reduktion bildende Topgas
vom Wirbelschichtreaktor (1) abführenden Topgas-Ableitung (26), mit einem Reformier (30), einer vom
10 Reformier (30) ausgehenden Reformgasleitung (31), die mit der Topgasleitung (26) zusammenmündet,
wobei das aus reformiertem Gas und Topgas gebildete Reduktionsgas über die Reduktionsgas-
Zuleitung (35, 37) in den Wirbelschichtreaktor (1 bis 1'') gelangt, und mit einer CO₂-Eliminierungsanla-
ge (34), wobei sowohl die Reformgasleitung (31) als auch die Topgas-Ableitung (26) in die CO₂-
Eliminierungsanlage (34) münden und die Reduktionsgas-Zuleitung (35, 37) von der CO₂-Eliminierungs-
15 anlage (34) zum Wirbelschichtreaktor (1 bis 1'') führt.

Hiezu 3 Blatt Zeichnungen

20

25

30

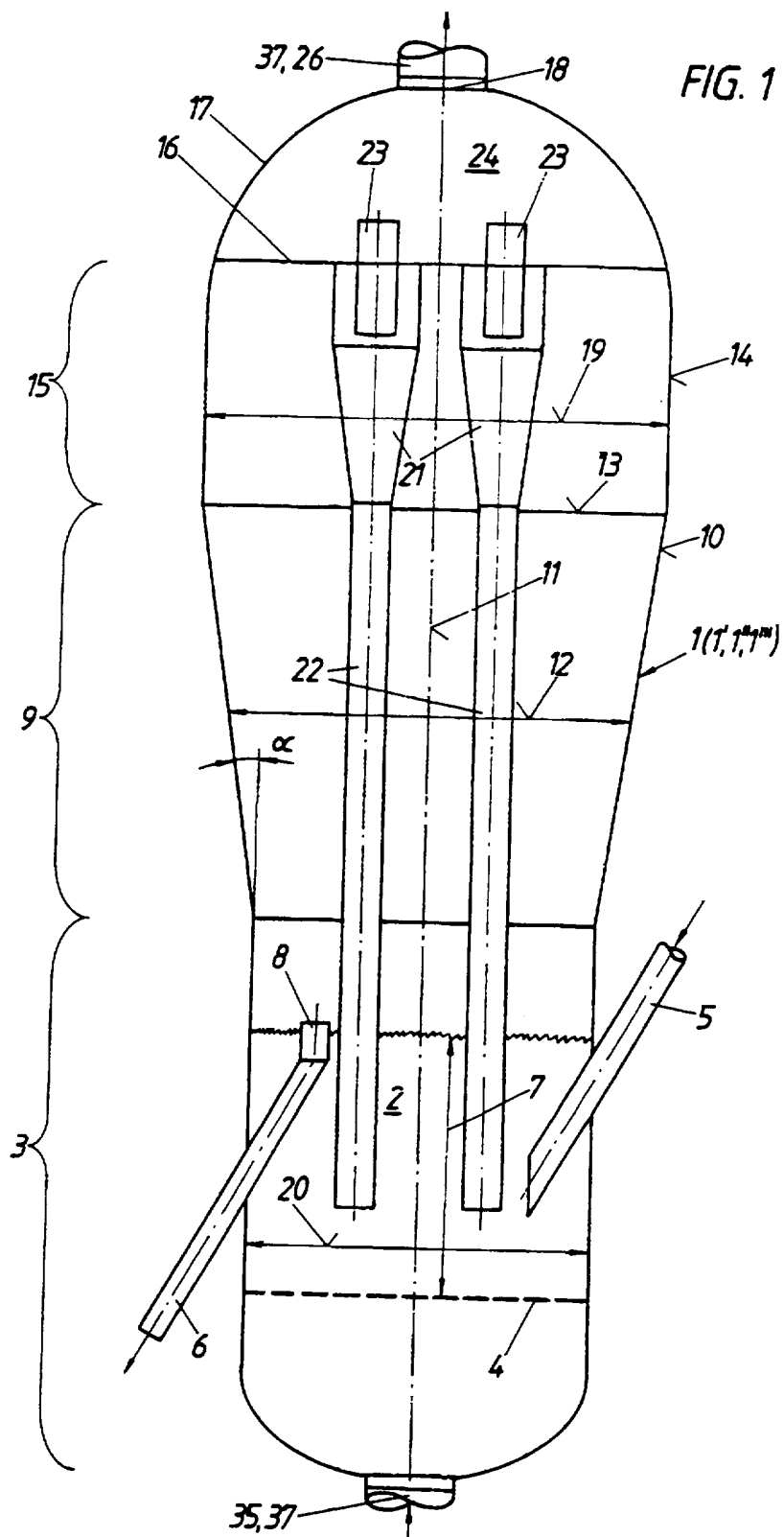
35

40

45

50

55



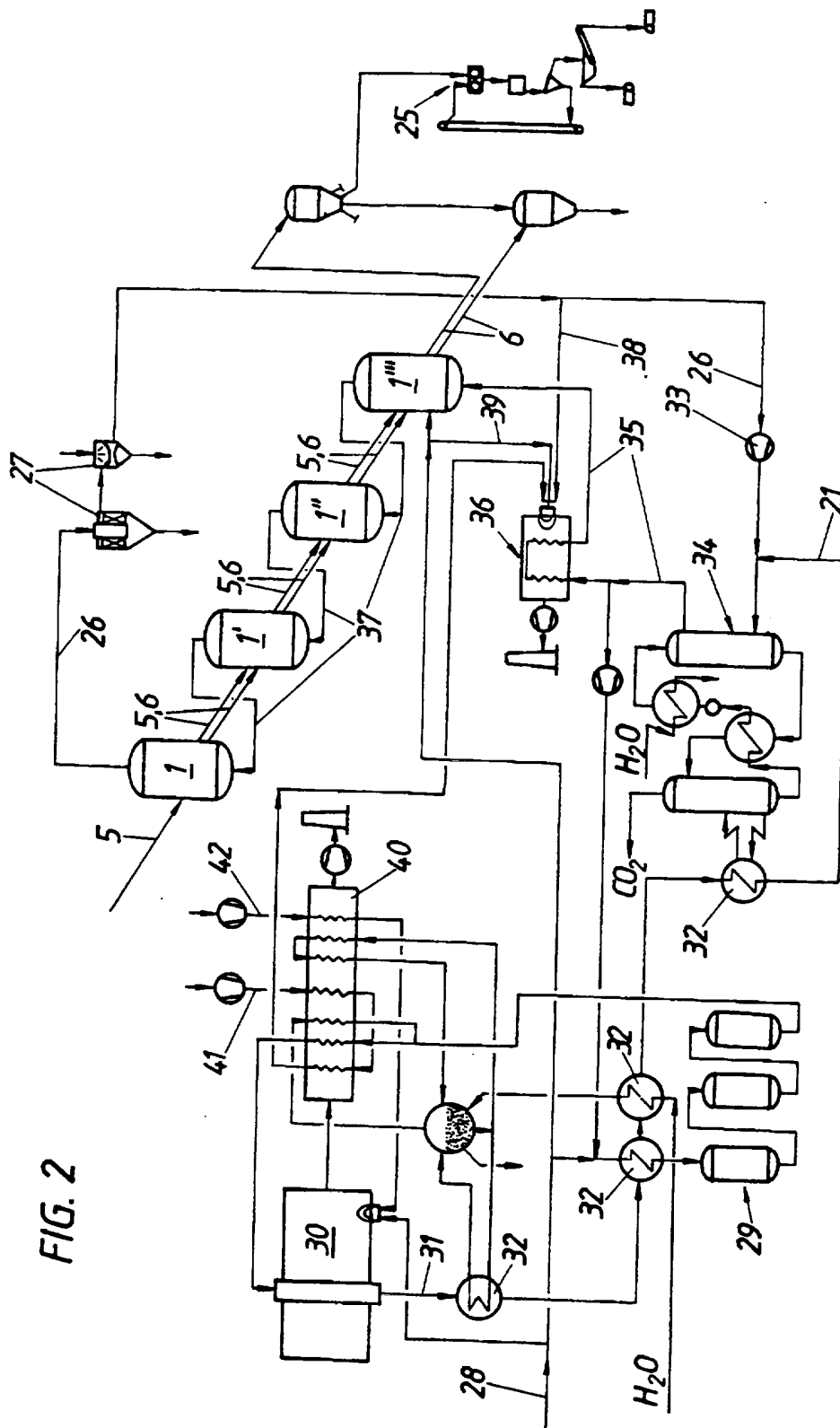


FIG. 2

FIG. 3
Korngrößenverteilung von Feineisenerzen

