



(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1249/94

(22) Anmeldetag: 23. 6.1994

(42) Beginn der Patentdauer: 15.12.1996

(45) Ausgabetag: 25. 8.1997

(51) Int.Cl.⁶ : **C21B 13/00**
C22B 5/14

(56) Entgegenhaltungen:

DE 3244652A1 EP 0571358A1 US 5082251A US 2752534A

(73) Patentinhaber:

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

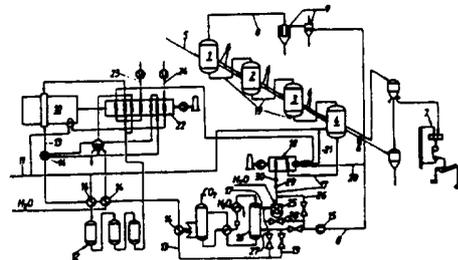
(72) Erfinder:

CIP GERHARD DIPL.ING.
LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).
MILIONIS KONSTANTIN DIPL.ING.
ST. GEORGEN A/D STIEFLING, STEIERMARK (AT).
GUSCHEH MORTEZA SADAT DIPL.ING.
LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).
WHIPP ROY HUBERT JR.
WINDERMERE (US).

(54) VERFAHREN ZUR DIREKTREDUKTION VON EISENOXIDHÄLTIGEM MATERIAL

(57) Bei einem Verfahren zur Direktreduktion von eisenhaltigem Material wird Synthesegas mit bei der Direktreduktion des eisenhaltigen Materials entstehendem Topgas vermischt und als Reduktionsgas zur Direktreduktion verwendet.

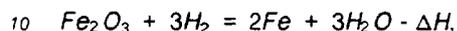
Zur Vermeidung von "metal dusting" trotz eines erhöhten CO-Gehaltes des Reduktionsgases bzw. zur Verminderung von "metal dusting", in einer verfahrenstechnisch bzw. konstruktiv einfachen kostengünstigen Art unter Minimierung des Energiebedarfes wird im Reduktionsgas ein H₂O-Gehalt zwischen 1 und 2 %, vorzugsweise im Bereich von etwa 1,5 %, eingestellt, indem ein Teilvolumen des Topgases vor der Verwendung als Reduktionsgas einer CO₂-Wäsche unterzogen wird, wobei das der CO₂-Wäsche unterzogene Topgas mit dem Synthesegas gemischt, auf eine vorbestimmte Temperatur durch Wasserberieselung direkt gebracht und dabei H₂O-gesättigt wird, nach der direkten Wasserberieselung durch Zumischen eines CO₂-ungewaschenen Topgases auf eine Temperatur über die Sättigungstemperatur erwärmt wird, und anschließend als Reduktionsgas eingesetzt wird.



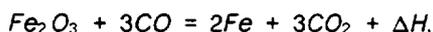
Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Direktreduktion von eisenhaltigem Material, wobei Synthesegas, vorzugsweise reformiertes Erdgas, mit bei der Direktreduktion des eisenhaltigen Materials entstehendem Topgas vermischt und als Reduktionsgas zur Direktreduktion verwendet wird, sowie eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens.

5 Ein Verfahren dieser Art ist beispielsweise aus der US-A - 2,752,234, der US-A - 5,082,251 und der EP-A - 0 571 358 bekannt.

Aus der EP-A - 0 571 358 ist es bekannt, die Reduktion von Feinerz nicht ausschließlich über die stark endotherme Reaktion mit H_2 gemäß



sondern zusätzlich über die Reaktion mit CO, gemäß



15

die exotherm ist, durchzuführen. Hierdurch gelingt es, die Betriebskosten, insbesondere die Energiekosten, beträchtlich zu senken.

20 Metallische Anlagenteile, die mit einem CO-hältigen Reduktionsgas in Kontakt gelangen, sind jedoch einer hohen Korrosionsbelastung ausgesetzt: Es kommt u.a. zu einer Metallzersetzung, die in der Fachliteratur als "metal dusting" bezeichnet ist. "Metal dusting" tritt verstärkt bei höheren Temperaturen auf, wodurch insbesondere Anlagenteile, die mit heißem CO-hältigem Reduktionsgas in Kontakt gelangen, gefährdet sind. Dies sind bei einer Anlage zur Durchführung des eingangs erwähnten Verfahrens insbesondere die der Direktreduktion dienenden Reaktoren und der das Reduktionsgas auf Reduktionstemperatur erheizende Gaserhitzer.

25 Schwierigkeiten können bei einem Verfahren gemäß dem Stand der Technik auftreten, wenn das Reduktionsgas einen zu hohen oder einen zu niedrigen Wassergehalt aufweist. Ist der Wassergehalt zu hoch, wird das Reduktionspotential des Reduktionsgases niedriger. Die Folge davon ist, daß mehr Reduktionsgas zur Direktreduktion benötigt wird, als entsprechend dem chemischen Potential des Reduktionsgases eigentlich notwendig wäre. Eine weitere Schwierigkeit stellt sich dann ein, wenn der Wassergehalt des Reduktionsgases zu niedrig ist, da ein zu trockenes Reduktionsgas in erhöhtem Maß zu "metal dusting" führt. Um die einen und die anderen Nachteile zu minimieren, ist es notwendig, den optimalen Wassergehalt mit großer Genauigkeit einzustellen.

30 Die Erfindung bezweckt die Vermeidung dieser Nachteile und Schwierigkeiten und stellt sich die Aufgabe, ein Verfahren der eingangs beschriebenen Art und eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen, welche in einfacher Art und Weise das Auftreten von "metal dusting" trotz eines erhöhten CO-Gehaltes des Reduktionsgases minimieren oder verhindern, insbesondere in einer verfahrenstechnisch bzw. konstruktiv einfachen und kostengünstigen Art, so daß die Lebensdauer metallischer Anlagenteile beträchtlich erhöht wird, wobei jedoch das chemische Reduktionspotential des Reduktionsgases optimal ausgeschöpft werden kann. Hierdurch soll der Energiebedarf, insbesondere der Bedarf an Reduktionsgas, 40 minimiert werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß im Reduktionsgas ein H_2O -Gehalt zwischen 1 und 2 %, vorzugsweise im Bereich von etwa 1,5 %, eingestellt wird, indem ein Teilvolumen des Topgases vor der Verwendung als Reduktionsgas einer CO_2 -Wäsche unterzogen wird, wobei das der CO_2 -Wäsche unterzogene Topgas mit dem Synthesegas gemischt, auf eine vorbestimmte Temperatur durch Wasserberieselung direkt gebracht und dabei H_2O -gesättigt wird, nach der direkten Wasserberieselung durch 45 Zumischen eines CO_2 -ungewaschenen Topgases auf eine Temperatur über die Sättigungstemperatur erwärmt wird, und anschließend als Reduktionsgas eingesetzt wird.

Durch die direkte Kühlung bzw. direkte Erwärmung durch Wasserberieselung des der CO_2 -Wäsche unterzogenen Topgases und des zugemischten Synthesegases auf eine vorbestimmte Temperatur gelingt es, diese Gasmischung mit Wasser zu sättigen, wobei die Temperatur entsprechend dem gewünschten Wassergehalt gewählt wird. Durch die Einstellung einer bestimmten Temperatur des Reduktionsgases - was sich regelungstechnisch sehr einfach und ohne großen Aufwand mit großer Genauigkeit verwirklichen läßt - 50 gelingt es, den Wassergehalt im Reduktionsgas mit sehr großer Genauigkeit einzustellen, u.z.w. mit wesentlich größerer Genauigkeit als beispielsweise durch Dampfendüsung oder andere Maßnahmen.

55 Um eine Kondensatbildung des im gesättigten Zustand den direkten Kühler verlassenden Reduktionsgases zu vermeiden - eine solche Kondensatbildung würde zur Bildung einer schwefeligen Säure in den gasführenden Rohren führen, was einen Lochfraß ergäbe -, wird die Temperatur des Reduktionsgases auf eine Temperatur über der Sättigungstemperatur erhöht, u.z.w. knapp darüber.

Zwar ist es aus dem einleitend erwähnten Stand der Technik bekannt, daß Reduktionsgase einen H₂O-Gehalt von etwa 1,5 % aufweisen. Die Einstellung eines H₂O-Gehaltes auf einen bestimmten Weil mit großer Genauigkeit ist im Stand der Technik ebensowenig angesprochen wie die Art und Weise, wie ein bestimmter H₂O-Gehalt im Reduktionsgas erzielt werden kann.

5 Vorzugsweise wird als Synthesegas reformiertes Erdgas eingesetzt und werden sowohl das reformierte Erdgas als auch das Topgas vor der Verwendung als Reduktionsgas einer CO₂-Wäsche unterzogen, wobei ein Teilvolumen des reformierten Erdgases unter Umgehung der CO₂-Wäsche gemeinsam mit dem der CO₂-Wäsche unterzogenen Topgas der direkten Wasserberieselung unterworfen wird.

10 Zweckmäßig wird ein Teilvolumen des Topgases unter Umgehung der CO₂-Wäsche gemeinsam mit dem der CO₂-Wäsche unterzogenen Topgas der direkten Wasserberieselung unterworfen.

Durch die beiden zuletzt beschriebenen Maßnahmen gelingt es, einen bestimmten CO₂-Gehalt im Reduktionsgas bzw. ein bestimmtes CO/CO₂-Verhältnis im Reduktionsgas sicherzustellen, wodurch eine weitere Minimierung der Gefahr von "metal dusting" erzielt werden kann.

15 Eine bevorzugte Ausführungsform zur Direktreduktion von eisenhaltigem Material, wobei Synthesegas, vorzugsweise reformiertes Erdgas, mit bei der Direktreduktion des eisenhaltigen Materials entstehendem Topgas vermischt und als Reduktionsgas zur Direktreduktion verwendet wird, ist dadurch gekennzeichnet, daß im Reduktionsgas ein H₂O-Gehalt zwischen 1 und 2 %, vorzugsweise im Bereich von etwa 1,5 %, eingestellt wird, indem das der CO₂-Wäsche unterzogene Topgas mit dem Synthesegas gemischt, auf eine vorbestimmte Temperatur direkt gebracht und dabei H₂O-gesättigt wird, anschließend einer Tropfenab-

20 scheidung unterworfen wird und schließlich als Reduktionsgas eingesetzt wird. Hierbei wird zur Vermeidung einer Bildung von schwefeliger Säure der Wasserberieselung eine Tropfenabscheidung nachgeordnet, so daß sich bildendes Kondensat aus dem Reduktionsgas entfernt wird.

25 Eine weitere bevorzugte Ausführungsform zur Direktreduktion von eisenhaltigem Material, wobei Synthesegas, vorzugsweise reformiertes Erdgas, mit bei der Direktreduktion des eisenhaltigen Materials entstehendem Topgas vermischt und als Reduktionsgas zur Direktreduktion verwendet wird, ist dadurch gekennzeichnet, daß im Reduktionsgas ein H₂O-Gehalt von 1 bis 2 %, vorzugsweise von etwa 1,5 %, eingestellt wird, indem das Topgas vor der Verwendung als Reduktionsgas einer CO₂-Wäsche unterzogen wird, wobei der gewünschte H₂O-Gehalt des Reduktionsgases durch eine Temperaturführung des CO₂-Wäschers eingestellt wird. Hierbei wird die Abhängigkeit des H₂O-Gehaltes des den CO₂-Wäscher verlas-

30 senden Gases von der Arbeitstemperatur des CO₂-Wäschers ausgenützt. Anstelle von reformiertem Erdgas kann eines oder können mehrere der folgenden Gase als Synthesegas eingesetzt werden:

- LD-Abgas
- EAF-Abgas
- 35 • Gichtgas aus Hochofenanlagen
- Gichtgas aus Corexanlagen
- Kohlegas
- Corexgas aus dem Corexvergaser
- Chemiegase

40 Eine Anlage zur Durchführung eines Verfahrens mit mindestens einem Direktreduktionsreaktor zur Aufnahme des eisenoxidhaltigen Materials und Reduktion desselben, einer Reduktionsgaszuleitung zu diesem Direktreduktionsreaktor und einer das sich bei der Direktreduktion bildende Topgas vom Direktreduktionsreaktor abführenden Topgas-Ableitung, wobei die Topgas-Ableitung in einen CO₂-Wäscher mündet und das aus Synthesegas und Topgas gebildete Reduktionsgas über die Reduktionsgaszuleitung in den

45 Direktreduktionsreaktor gelangt und die Reduktionsgaszuleitung vom CO₂-Wäscher über einen Gaserhitzer zum Direktreduktionsreaktor führt, ist dadurch gekennzeichnet, daß die Reduktionsgaszuleitung in einen Direkt-Kühler mündet und von diesem weiter zum Gaserhitzer geführt ist und daß die Topgas-Ableitung unter Umgehung des CO₂-Wäschers mittels einer Bypass-Leitung mit der Reduktionsgaszuleitung vor deren Einmündung in den Gaserhitzer leitungsmäßig verbunden ist.

50 Vorteilhaft sind hierbei zur Herstellung des Synthesegases ein Reformier zur Reformierung von Erdgas und eine vom Reformier ausgehende Reformgasleitung, die mit der Topgas-Ableitung zusammenmündet, vorgesehen, wobei sowohl die Reformgasleitung als auch die Topgas-Ableitung in den CO₂-Wäscher münden.

55 Zur Einstellung eines bevorzugten CO₂-Gehaltes bzw. eines bestimmten CO/CO₂-Verhältnisses im Reduktionsgas ist vorteilhaft die Reformgasleitung mittels einer den CO₂-Wäscher umgebenden Bypass-Leitung mit der Reduktionsgaszuleitung vor deren Einmündung in den Direkt-Kühler leitungsmäßig verbunden.

Zur Einstellung eines bevorzugten CO_2 -Gehaltes im Reduktionsgas ist es weiters vorteilhaft, wenn die Topgas-Ableitung mittels einer den CO_2 -Wäscher umgebenden Bypass-Leitung mit der Reduktionsgaszuleitung vor deren Einmündung in den Direkt-Kühler leitungsmäßig verbunden ist.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Anlage zur Durchführung des Verfahrens, mit mindestens
 5 einem Direktreduktionsreaktor zur Aufnahme des eisenoxidhaltigen Materials und Reduktion desselben, einer Reduktionsgaszuleitung zu diesem Direktreduktionsreaktor und einer das sich bei der Direktreduktion bildende Topgas vom Direktreduktionsreaktor abführenden Topgas-Ableitung, wobei die Topgas-Ableitung in einen CO_2 -Wäscher mündet und das aus Synthesegas und Topgas gebildete Reduktionsgas über die
 10 Reduktionsgaszuleitung in den Direktreduktionsreaktor gelangt und die Reduktionsgaszuleitung vom CO_2 -Wäscher über einen Gaserhitzer zum Direktreduktionsreaktor führt, ist dadurch gekennzeichnet, daß die Reduktionsgaszuleitung in einen Direkt-Kühler mündet und von diesem vor Einmündung in den Gaserhitzer über einen Tropfenabscheider geführt ist.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand der Fig. 1 und 2 der Zeichnung, die jeweils ein Verfahrensschema nach einer bevorzugten Ausführungsform zeigen, näher erläutert.

15 Die erfindungsgemäße Anlage gemäß Fig. 1 weist vier in Serie hintereinander geschaltete Wirbelschichtreaktoren 1 bis 4 auf, wobei eisenoxidhaltiges Material, wie Feinerz, über eine Erzzuleitung 5 dem ersten Wirbelschichtreaktor 1, in dem die Aufheizung auf Reduktionstemperatur (bzw. eine Vorreduktion) stattfindet, zugeleitet und anschließend von Wirbelschichtreaktor zu Wirbelschichtreaktor über Förderleitungen 6 geleitet wird. Das fertig reduzierte Material (Eisenschwamm) wird in einer Brikettieranlage 7 heißbrikettiert
 20 Erforderlichenfalls wird das reduzierte Eisen während der Brikettierung vor einer Reoxidation durch ein nicht dargestelltes Inertgas-System geschützt.

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

25 Reduktionsgas wird im Gegenstrom zum Erzdurchfluß von Wirbelschichtreaktor 4 zu Wirbelschichtreaktor 3 bis 1 geführt und als Topgas über eine Topgas-Ableitung 8 aus dem in Gasströmungsrichtung letzten Wirbelschichtreaktor 1 abgeleitet und in einem Naßwäscher 9 gekühlt und gewaschen.

Die Herstellung des Reduktionsgases erfolgt durch Reformieren von über die Leitung 11 zugeführtem und in einer Entschwefelungsanlage 12 entschwefeltem Erdgas in einem Reformier 10. Das aus Erdgas und Dampf gebildete, den Reformier 10 verlassende Gas besteht im wesentlichen aus H_2 , CO , CH_4 , H_2O und
 30 CO_2 . Dieses reformierte Erdgas wird über die Reformgasleitung 13 mehreren Wärmetauschern 14 zugeleitet, in denen es auf 80 bis 150 °C abgekühlt wird, wodurch Wasser aus dem Gas auskondensiert wird.

Die Reformgasleitung 13 mündet in die Topgas-Ableitung 8, nachdem das Topgas mittels eines Kompressors 15 verdichtet wurde. Das sich so bildende Mischgas wird durch einen CO_2 -Wäscher 16 hindurchgeschickt und von CO_2 sowie von H_2S befreit. Es steht nunmehr als Reduktionsgas zur Verfügung.
 35 Dieses Reduktionsgas wird über eine Reduktionsgaszuleitung 17 in einem dem CO_2 -Wäscher 16 nachgeordneten Gaserhitzer 18 auf eine Reduktionsgastemperatur von etwa 800 °C erhitzt und dem in Gasdurchflußrichtung ersten Wirbelschichtreaktor 4 zugeführt, wo es mit den Feinerzen zur Erzeugung von direktreduziertem Eisen reagiert. Die Wirbelschichtreaktoren 4 bis 1 sind in Serie geschaltet; das Reduktionsgas gelangt über die Verbindungsleitungen 19 von Wirbelschichtreaktor zu Wirbelschichtreaktor.

40 Ein Teil des Topgases wird aus dem Gas-Kreislauf 8, 17, 19 ausgeschleust, um eine Anreicherung von Inertgasen, wie N_2 , zu vermeiden. Das ausgeschleuste Topgas wird über eine Zweigleitung 20 dem Gaserhitzer 18 zur Erwärmung des Reduktionsgases zugeführt und dort verbrannt. Eventuell fehlende Energie wird durch Erdgas, welches über die Zuleitung 21 zugeführt wird, ergänzt.

Die fühlbare Wärme des aus dem Reformier 10 austretenden reformierten Erdgases sowie der Reformerrrauchgase wird in einem Rekuperator 22 genutzt, um das Erdgas nach Durchlauf durch die
 45 Entschwefelungsanlage 12 vorzuwärmen, den für die Reformierung benötigten Dampf zu erzeugen sowie die dem Gaserhitzer 18 über die Leitung 23 zugeführte Verbrennungsluft sowie gegebenenfalls auch das Reduktionsgas vorzuwärmen. Die dem Reformier 10 über die Leitung 24 zugeführte Verbrennungsluft wird ebenfalls vorgewärmt.

50 Zur Einstellung eines bestimmten H_2O -Gehaltes im Reduktionsgas wird das Reduktionsgas in einem Direkt-Kühler 25 einer Direktkühlung bzw. Direkterwärmung, bei der das Reduktionsgas mit kälterem oder heißerem Wasser direkt in Kontakt gelangt, d.h. einer Kühlung bzw. Erwärmung durch Wasserberieselung, unterzogen. Hierbei sinkt bzw. steigt der H_2O -Gehalt im Reduktionsgas bis auf den Sättigungspunkt. Um
 55 eine bei der Weiterleitung des H_2O -gesättigten Reduktionsgases zum Gaserhitzer 18 stattfindende Kondensation zu vermeiden, wird über eine Bypass-Leitung 26, die von der Topgas-Ableitung 8 ausgeht und in die Reduktionsgaszuleitung 17 vor deren Einmündung in den Gaserhitzer 18 mündet, wärmeres und ungewaschenes Topgas dem Reduktionsgas zugeführt. Hierdurch wird beispielsweise die im Direkt-Kühler 25 auf eine Temperatur von 70 °C eingestellte Temperatur des Reduktionsgases auf beispielsweise 75 °C erhöht.

Das aus dem Gaserhitzer 18 austretende Reduktionsgas weist dann den der Sättigungstemperatur (d.h. der im Direkt-Kühler 25 erzielten Temperatur des Reduktionsgases) entsprechenden Wassergehalt auf, gemäß dem das Reduktionspotential des Reduktionsgases noch optimal ausgeschöpft werden kann und trotzdem die Gefahr des Auftretens von "metal dusting" minimiert ist.

5 Zur weiteren Minimierung von "metal dusting" ist vorteilhaft das CO/CO₂-Verhältnis des Reduktionsgases auf einen bestimmten Wert einstellbar, was zweckmäßig dadurch erfolgt, daß beispielsweise reformiertes Gas über eine Bypass-Leitung unter Umgehung des CO₂-Wäschers direkt in die Reduktionsgaszuleitung 17 vor deren Einmündung in den Direkt-Kühler 25 eingespeist wird. Hierbei kann es noch zweckmäßig sein, ein Teilvolumen des Toppgases ebenfalls mittels einer Bypass-Leitung 28 (strichliert dargestellt) direkt in das
10 den CO₂-Wäscher 16 verlassende Reduktionsgas, also im ungewaschenen Zustand, einzuleiten.

Sämtliche Bypass-Leitungen 26, 27, 28 sind mit Stell- bzw. Regelventilen ausgestattet, die aufgrund einer Messung des CO/CO₂-Verhältnisses des Reduktionsgases mittels einer Meßstation 29 eingestellt bzw. geregelt werden.

Das gewünschte CO/CO₂-Verhältnis im Reduktionsgas kann auch dadurch eingestellt werden, daß zwar
15 das gesamte Toppgas und das gesamte reformierte Gas durch den CO₂-Wäscher 16 hindurchgeleitet werden, dieser jedoch auf einen Auswaschungsgrad eingestellt wird, bei dem ein Teil des CO₂ (und damit auch ein Teil des vom Toppgas aus dem Erz bei dessen Erhitzung aufgenommenen H₂S) im aus dem CO₂-Wäscher 16 austretenden Gas verbleibt. Dies hat den Vorteil, daß keine Nebeneinrichtungen, wie Bypass-Leitungen mit Ventilen vorgesehen werden müssen, bedingt allerdings, daß die gesamte Gasmenge, also
20 das gesamte Toppgas und das gesamte reformierte Gas, durch den CO₂-Wäscher 16 hindurchgeleitet werden müssen, so daß dieser auf diese Menge bemessen sein muß.

Das den Wirbelschichtreaktor 1 verlassende Toppgas weist - in Abhängigkeit vom Schwefelgehalt des Erzes - einen H₂S-Gehalt von 40 bis 140 ppmV auf. Das H₂S-Gas bildet sich - wie oben erwähnt - während der Erhitzung des Feinerzes auf Reduktionstemperatur bzw. während der Vorreduktion des Feinerzes.

Da ein erhöhter H₂S-Gehalt im Reduktionsgas ebenfalls die Bildung von "metal dusting" vermindert, ist
25 es besonders vorteilhaft, wenn H₂S nicht mehr zur Gänze mittels des CO₂-Wäschers aus dem Toppgas ausgewaschen wird, sondern dafür Sorge getragen wird, daß der für das Reduktionsgas gewünschte Prozentsatz von H₂S aus dem Toppgas dem Reduktionsgas zugeführt wird. Dies kann im vorliegenden Fall mittels der den CO₂-Wäscher 16 umgehenden Bypass-Leitungen 26, 28 verwirklicht werden, die von der
30 Topgasableitung 8 ausgehen und in die Reduktionsgaszuleitung 17 münden. Die in den Bypass-Leitungen 26 und 28 vorgesehenen Regelventile sind derart einstellbar, daß ein H₂S-Gehalt in der Größe von 20 bis 40 ppmV, vorzugsweise in der Größe von etwa 25 ppmV, im Reduktionsgas vorhanden ist. Die Regelventile werden in diesem Fall vorzugsweise über eine H₂S-Meßeinrichtung 30 aktiviert

Gemäß der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform der Anlage zur Direktreduktion wird die Bildung von
35 schwefeliger Säure durch Kondensation des aus dem Direkt-Kühler 25 gesättigt austretenden Reduktionsgases dadurch verhindert, daß das Reduktionsgas vor Einleiten in den Gaserhitzer 18 durch einen Tropfenabscheider 31 hindurchgeleitet wird.

Die oben beschriebenen Maßnahmen zur Einstellung des gewünschten H₂O-Gehaltes, CO/CO₂-Verhältnisses und H₂S-Gehaltes im Reduktionsgas können einzeln oder auch zu mehreren sowie auch alle
40 gemeinsam ergriffen werden, so daß die für die jeweiligen Betriebsverhältnisse und in Abhängigkeit der Zusammensetzung des Erzes etc. günstigste Verfahrensvariante zur Verfügung steht.

Anhand nachstehenden Beispiels ist die Einstellung eines H₂O-Gehaltes von 1,5 % im Reduktionsgas erläutert:

In einer gemäß Fig. 1 ausgestalteten Anlage zur Direktreduktion von Feinerz, die auf eine Erzeugung
45 von 70 t/h von Eisenschwamm ausgelegt ist, werden 100 t/h getrocknetes Feinerz eingebracht. Die Analyse des Feinerzes ist folgende:

Hämatit	94,2 %
Gangart	2,2 %
Schwefel	0,02 %

50

Von dem bei der Direktreduktion entstehenden Toppgas werden 78.000 Nm³/h mit 48.000 Nm³/h reformiertem kaltem Erdgas gemischt und über den CO₂-Wäscher 16 geleitet, in dem das gemischte Gas
55 von CO₂ und vom größten Anteil des Schwefels befreit wird.

Das reformierte Erdgas und das Toppgas weisen die in der nachstehenden Tabelle angegebene chemische Zusammensetzung auf:

AT 402 733 B

	Reformiertes Erdgas	Topgas
CH ₄	2,80	30,60
CO	4,80	5,80
CO ₂	14,50	5,30
H ₂	64,40	53,00
H ₂ O	13,50	0,70
N ₂	0,0	4,60
H ₂ S	0,0	60,0 ppmV

Die Temperatur des reformierten Erdgases beträgt 120 °C, die des Topgases 100 °C. Das aus dem CO₂-Wäscher 16 austretende Gasgemisch wird dem Direkt-Kühler 25 zugeführt und auf eine Temperatur von 68 °C gekühlt. Die chemische Zusammensetzung des gekühlten Gasgemisches ist wie folgt:

CH ₄	20,70
CO	6,10
CO ₂	2,50
H ₂	65,90
H ₂ O	1,90
N ₂	2,90
H ₂ S	2 ppmV

Dieses Gasgemisch wird mit 78.000 Nm³/h des Topgases, das nicht durch den CO₂-Wäscher 16 hindurchgeleitet wurde, sondern über die Bypass-Leitung 26 in die Reduktionsgaszuleitung 17 zugeleitet wird, gemischt. Durch dieses Mischen wird das dem Gaserhitzer 18 und nachfolgend den Wirbelschichtreaktoren 1 bis 4 zugeführte Reduktionsgas gebildet, das eine Temperatur von 75 °C und folgende chemische Zusammensetzung aufweist:

Reduktionsgas	
CH ₄	24,5
CO	6,0
CO ₂	3,6
H ₂	60,9
H ₂ O	1,5
N ₂	3,5
H ₂ S	25 ppmV

Der Metallisierungsgrad ($F_{e,met}/F_{e,ges}$) des Eisenschwammes beträgt 92 %.

Die Erfindung beschränkt sich nicht auf das oben beschriebene Beispiel, sondern ist auch für andere Direktreduktionsverfahren, z.B. solche, bei denen anstelle der Wirbelschichtreaktoren 1 bis 4 Schachtöfen für Stückerz eingesetzt werden, anwendbar. Anstelle des reformierten Erdgases können auch andere in der Hauptsache CO und H₂ enthaltende reduzierende Gase, wie

- LD-Abgas
- EAF-Abgas
- Gichtgas aus Hochofenanlagen
- Gichtgas aus Corexanlagen

- Kohlegas
- Corexgas aus dem Corexvergaser
- Chemiegase

zur Anwendung gelangen.

5

Patentansprüche

1. Verfahren zur Direktreduktion von eisenhaltigem Material, wobei Synthesegas, vorzugsweise reformiertes Erdgas, mit bei der Direktreduktion des eisenhaltigen Materials entstehendem Topgas vermischt und als Reduktionsgas zur Direktreduktion verwendet wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Reduktionsgas ein H₂O-Gehalt zwischen 1 und 2 %, vorzugsweise im Bereich von etwa 1,5 %, eingestellt wird, indem ein Teilvolumen des Topgases vor der Verwendung als Reduktionsgas einer CO₂-Wäsche unterzogen wird, wobei das der CO₂-Wäsche unterzogene Topgas mit dem Synthesegas gemischt, auf eine vorbestimmte Temperatur durch Wasserberieselung direkt gebracht und dabei H₂O-gesättigt wird, nach der direkten Wasserberieselung durch Zumischen eines CO₂-ungewaschenen Topgases auf eine Temperatur über die Sättigungstemperatur erwärmt wird, und anschließend als Reduktionsgas eingesetzt wird.

10
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Synthesegas reformiertes Erdgas eingesetzt wird und daß sowohl das reformierte Erdgas als auch das Topgas vor der Verwendung als Reduktionsgas einer CO₂-Wäsche unterzogen werden, wobei ein Teilvolumen des reformierten Erdgases unter Umgehung der CO₂-Wäsche gemeinsam mit dem der CO₂-Wäsche unterzogenen Topgas der direkten Wasserberieselung unterworfen wird.

20
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Teilvolumen des Topgases unter Umgehung der CO₂-Wäsche gemeinsam mit dem der CO₂-Wäsche unterzogenen Topgas der direkten Wasserberieselung unterworfen wird.

25
4. Verfahren zur Direktreduktion von eisenhaltigem Material, wobei Synthesegas, vorzugsweise reformiertes Erdgas, mit bei der Direktreduktion des eisenhaltigen Materials entstehendem Topgas vermischt und als Reduktionsgas zur Direktreduktion verwendet wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Reduktionsgas ein H₂O-Gehalt zwischen 1 und 2 %, vorzugsweise im Bereich von etwa 1,5 %, eingestellt wird, indem das der CO₂-Wäsche unterzogene Topgas mit dem Synthesegas gemischt, auf eine vorbestimmte Temperatur direkt gebracht und dabei H₂O-gesättigt wird, anschließend einer Tropfenabscheidung unterworfen wird und schließlich als Reduktionsgas eingesetzt wird.

30
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Synthesegas reformiertes Erdgas eingesetzt wird und daß sowohl das reformierte Erdgas als auch das Topgas vor der Verwendung als Reduktionsgas einer CO₂-Wäsche unterzogen werden, wobei ein Teilvolumen des reformierten Erdgases unter Umgehung der CO₂-Wäsche gemeinsam mit dem der CO₂-Wäsche unterzogenen Topgas der direkten Wasserberieselung unterworfen wird.

40
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Teilvolumen des Topgases unter Umgehung der CO₂-Wäsche gemeinsam mit dem der CO₂-Wäsche unterzogenen Topgas der direkten Wasserberieselung unterworfen wird.

45
7. Verfahren zur Direktreduktion von eisenhaltigem Material, wobei Synthesegas, vorzugsweise reformiertes Erdgas, mit bei der Direktreduktion des eisenhaltigen Materials entstehendem Topgas vermischt und als Reduktionsgas zur Direktreduktion verwendet wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Reduktionsgas ein H₂O-Gehalt von 1 bis 2 %, vorzugsweise von etwa 1,5 %, eingestellt wird, indem das Topgas vor der Verwendung als Reduktionsgas einer CO₂-Wäsche unterzogen wird, wobei der gewünschte H₂O-Gehalt des Reduktionsgases durch eine Temperaturführung des CO₂-Wäschers (16) eingestellt wird.

50
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Synthesegas reformiertes Erdgas eingesetzt wird und daß sowohl das reformierte Erdgas als auch das Topgas vor der Verwendung als Reduktionsgas einer CO₂-Wäsche unterzogen werden, wobei ein Teilvolumen des reformierten Erdgases unter Umgehung der CO₂-Wäsche dem der CO₂-Wäsche unterzogenen Topgas zugemischt wird.

55

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Teilvolumen des Toppgases unter Umgehung der CO₂-Wäsche dem der CO₂-Wäsche unterzogenen Toppgas zugemischt wird.
10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß das der CO₂-Wäsche unterzogene Toppgas mit einem oder mehreren der folgenden Gase:
- LD-Abgas
 - EAF-Abgas
 - Gichtgas aus Hochofenanlagen
 - Gichtgas aus Corexanlagen
 - Kohlegas
 - Corexgas aus dem Corexvergaser
 - Chemiegase
- als Synthesegas gemischt wird.
11. Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, mit mindestens einem Direktreduktionsreaktor (1 bis 4) zur Aufnahme des eisenoxidhaltigen Materials und Reduktion desselben, einer Reduktionsgaszuleitung (17) zu diesem Direktreduktionsreaktor (1 bis 4) und einer das sich bei der Direktreduktion bildende Toppgas vom Direktreduktionsreaktor (1) abführenden Toppgas-Ableitung (8), wobei die Toppgas-Ableitung (8) in einen CO₂-Wäscher (16) mündet und das aus Synthesegas und Toppgas gebildete Reduktionsgas über die Reduktionsgaszuleitung (17) in den Direktreduktionsreaktor (1 bis 4) gelangt und die Reduktionsgaszuleitung (17) vom CO₂-Wäscher (16) über einen Gaserhitzer (18) zum Direktreduktionsreaktor (1 bis 4) führt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Reduktionsgaszuleitung in einen Direkt-Kühler (25) mündet und von diesem weiter zum Gaserhitzer (18) geführt ist und daß die Toppgas-Ableitung (8) unter Umgehung des CO₂-Wäschers (16) mittels einer Bypass-Leitung (26) mit der Reduktionsgaszuleitung (17) vor deren Einmündung in den Gaserhitzer leitungsmäßig verbunden ist (Fig. 1).
12. Anlage nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Herstellung des Synthesegases ein Reformier (10) zur Reformierung von Erdgas und eine vom Reformier (10) ausgehende Reformgasleitung (13), die mit der Toppgas-Ableitung (8) zusammenmündet, vorgesehen sind, wobei sowohl die Reformgasleitung (13) als auch die Toppgas-Ableitung (8) in den CO₂-Wäscher (16) münden.
13. Anlage nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Reformgasleitung (13) mittels einer den CO₂-Wäscher (16) umgehenden Bypass-Leitung (27) mit der Reduktionsgaszuleitung (17) vor deren Einmündung in den Direkt-Kühler (25) leitungsmäßig verbunden ist.
14. Anlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Toppgas-Ableitung (8) mittels einer den CO₂-Wäscher (16) umgehenden Bypass-Leitung (28) mit der Reduktionsgaszuleitung (17) vor deren Einmündung in den Direkt-Kühler (25) leitungsmäßig verbunden ist.
15. Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 4 bis 6, mit mindestens einem Direktreduktionsreaktor (1 bis 4) zur Aufnahme des eisenoxidhaltigen Materials und Reduktion desselben, einer Reduktionsgaszuleitung (17) zu diesem Direktreduktionsreaktor (1 bis 4) und einer das sich bei der Direktreduktion bildende Toppgas vom Direktreduktionsreaktor (1) abführenden Toppgas-Ableitung (8), wobei die Toppgas-Ableitung (8) in einen CO₂-Wäscher (16) mündet und das aus Synthesegas und Toppgas gebildete Reduktionsgas über die Reduktionsgaszuleitung (17) in den Direktreduktionsreaktor (1 bis 4) gelangt und die Reduktionsgaszuleitung (17) vom CO₂-Wäscher (16) über einen Gaserhitzer (18) zum Direktreduktionsreaktor (1 bis 4) führt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Reduktionsgaszuleitung (17) in einen Direkt-Kühler (25) mündet und von diesem vor Einmündung in den Gaserhitzer (18) über einen Tropfenabscheider (31) geführt ist (Fig. 2).
16. Anlage nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Herstellung des Synthesegases ein Reformier (10) zur Reformierung von Erdgas und eine vom Reformier (10) ausgehende Reformgasleitung (15), die mit der Toppgas-Ableitung (8) zusammenmündet, vorgesehen sind, wobei sowohl die Reformgasleitung (13) als auch die Toppgas-Ableitung (8) in den CO₂-Wäscher (16) münden.

AT 402 733 B

17. Anlage nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Reformgasleitung (13) mittels einer den CO₂-Wäscher (16) umgehenden Bypass-Leitung (27) mit der Reduktionsgaszuleitung (17) vor deren Einmündung in den Direkt-Kühler (25) leitungsmäßig verbunden ist.
- 5 18. Anlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 15 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Topgas-Ableitung (8) mittels einer den CO₂-Wäscher (16) umgehenden Bypass-Leitung (28) mit der Reduktionsgaszuleitung (17) vor deren Einmündung in den Direkt-Kühler (25) leitungsmäßig verbunden ist.

10

Hiezu 2 Blatt Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

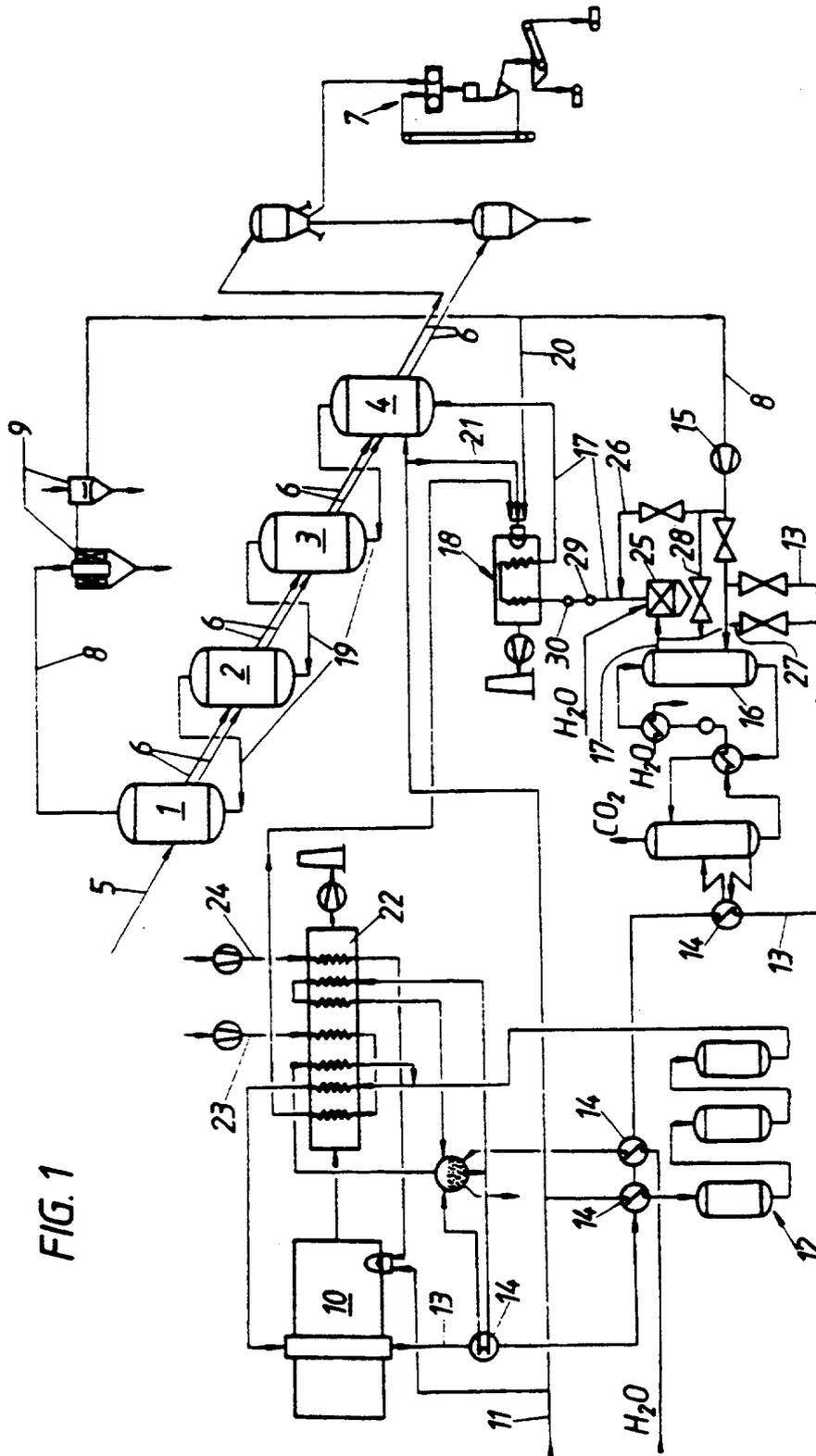


FIG. 1

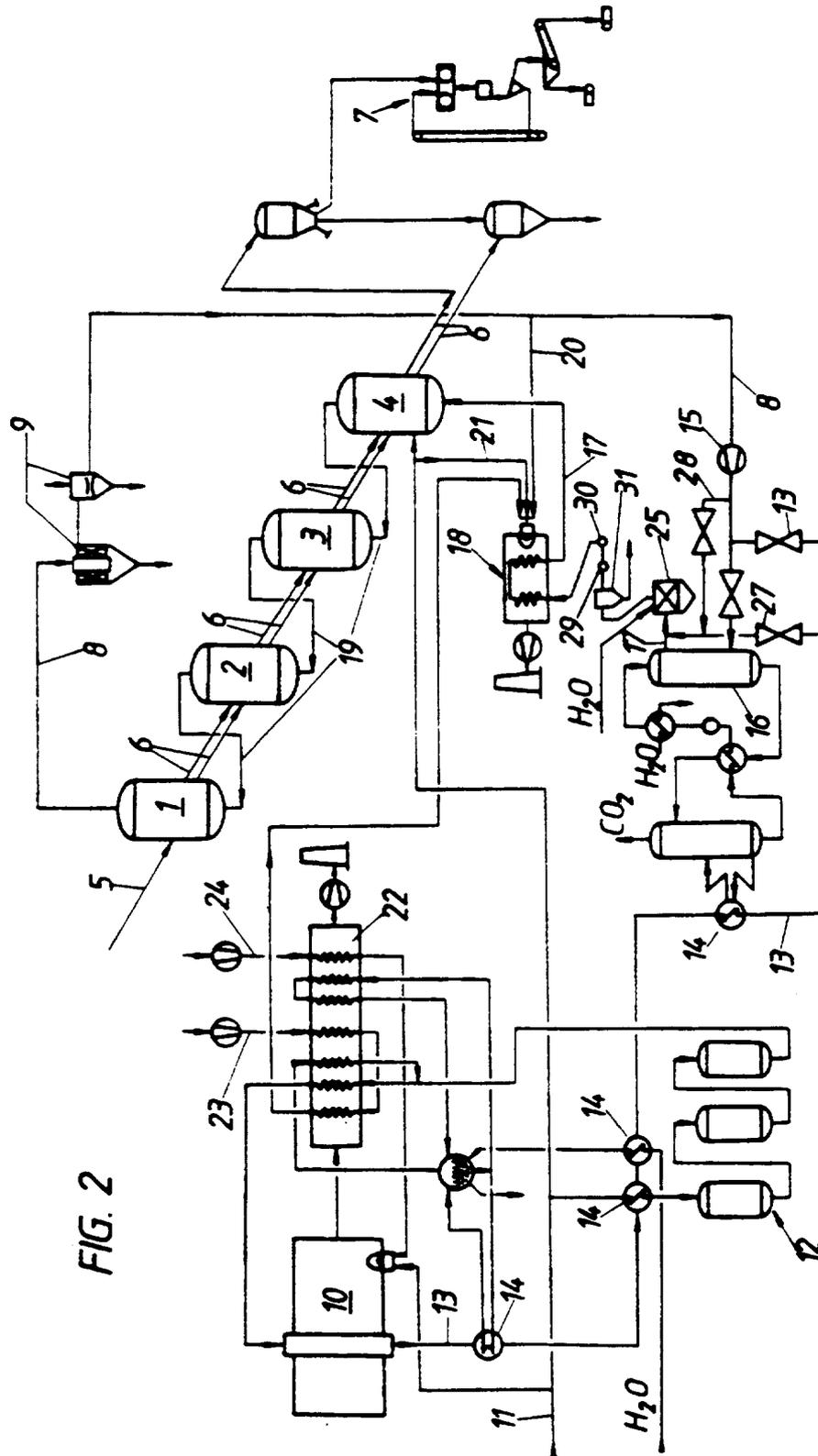


FIG. 2