

(19)



österreichisches
patentamt

(10)

AT 508 523 A1 2011-02-15

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: **A 1217/2009**

(22) Anmeldetag: **31.07.2009**

(43) Veröffentlicht am: **15.02.2011**

(51) Int. Cl.:

C21B 11/00 (2006.01),

C21B 13/00 (2006.01),

C22B 5/00 (2006.01),

C10J 3/00 (2006.01),

C10K 1/00 (2006.01),

C10K 3/00 (2006.01)

(72) Erfinder:

MILLNER ROBERT DIPL.ING. MBA
LOOSDORF (AT)
PEER GUENTER DIPL.ING.
GUNSKIRCHEN (AT)

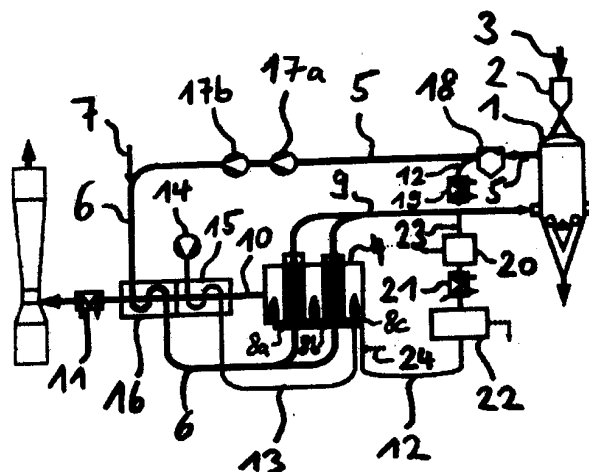
(73) Patentinhaber:

SIEMENS VAI METALS TECHNOLOGIES
GMBH & CO
A-4031 LINZ (AT)

(54) REFORMGASBASIERTES REDUKTIONSVERFAHREN MIT DECARBONISIERUNG DES BRENNGASES FÜR DEN REFORMER

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduktion von Metalloxiden (3) zu metallisiertem Material durch Kontakt mit heißem Reduktionsgas, welches zumindest zum Teil durch katalytische Reformierung eines Gemisches von - einem Gas, welches Kohlendioxid (CO₂) und/oder Wasserdampf (H₂O) enthält, mit - gasförmigen Kohlenwasserstoffen hergestellt wird,

wobei das Brenngas für die Wärme für die bei der Reformierung ablaufenden endothermen Reformierungsprozesse liefernden Brenner (8a,8b,8c) zumindest teilweise aus einer Teilmenge des bei der Reduktion von Metalloxiden (3) zu metallisiertem Material anfallenden Topgases gewonnen wird, wobei diese Teilmenge des Topgases vor ihrer Nutzung als Komponente des Brenngases zunächst einer Entstaubung und dann einer CO-Konvertierungsreaktion unterzogen wird, und das bei der CO-Konvertierungsreaktion erhaltene Konvertierungsgas nach einer Abkühlung einer CO₂-Entfernung unterzogen wird. Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.



AT 508 523 A1 2011-02-15

Zusammenfassung:

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduktion von Metalloxiden (3) zu metallisiertem Material durch Kontakt mit heißem Reduktionsgas, welches zumindest zum

- 5 Teil durch katalytische Reformierung eines Gemisches von
- einem Gas, welches Kohlendioxid (CO_2) und/oder Wasserdampf (H_2O) enthält, mit
 - gasförmigen Kohlenwasserstoffen

hergestellt wird,

- wobei das Brenngas für die Wärme für die bei der Reformierung ablaufenden
- 10 endothermen Reformierungsprozesse liefernden Brenner (8a,8b,8c) zumindest teilweise aus einer Teilmenge des bei der Reduktion von Metalloxiden (3) zu metallisiertem Material anfallenden Topgases gewonnen wird, wobei diese Teilmenge des Topgases vor ihrer Nutzung als Komponente des Brenngases zunächst einer Entstaubung und dann einer CO-Konvertierungsreaktion unterzogen wird, und das bei der CO-
- 15 Konvertierungsreaktion erhaltene Konvertierungsgas nach einer Abkühlung einer CO_2 -Entfernung unterzogen wird. Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

(Fig. 1)

Reformergasbasiertes Reduktionsverfahren mit Decarbonisierung des Brenngases für den Reformier

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduktion von Metalloxiden zu metallisiertem Material durch Kontakt mit heißem Reduktionsgas, welches zumindest zum Teil durch katalytische Reformierung eines Gemisches von

- einem Gas, welches Kohlendioxid (CO_2) und/oder Wasserdampf (H_2O) enthält, mit
- gasförmigen Kohlenwasserstoffen

hergestellt wird,

wobei das Brenngas für die Wärme für die bei der Reformierung ablaufenden endothermen Reformierungsprozesse liefernden Brenner zumindest teilweise aus einer Teilmenge des bei der Reduktion von Metalloxiden zu metallisiertem Material anfallenden Toppgases gewonnen wird, wobei diese Teilmenge des Toppgases vor ihrer Nutzung als Komponente des Brenngases zunächst einer Entstaubung und dann einer CO-Konvertierungsreaktion unterzogen wird, und das bei der CO-Konvertierungsreaktion erhaltene Konvertierungsgas nach einer Abkühlung einer CO_2 -Entfernung unterzogen wird. Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Ein Verfahren zur Reduktion von Metalloxiden zu metallisiertem Material durch Kontakt mit heißem Reduktionsgas, welches durch katalytische Reformierung eines Gemisches von Erdgas mit dem aus dem Reduktionsaggregat entnommenen Toppgas hergestellt wird, wobei das Brenngas für die Wärme für die bei der Reformierung ablaufenden endothermen Reformierungsprozesse liefernden Brenner aus einer Teilmenge des bei der Reduktion von Metalloxiden zu metallisiertem Material anfallenden Toppgases, und Erdgas gewonnen wird, ist beispielsweise in Figur 1 der WO2006135984 beschrieben. Aufgrund immer strenger werdender gesetzlicher Umweltvorschriften ist die Abtrennung von CO_2 zur Erzeugung eines konzentrierten CO_2 Stromes aus den bei den Verfahren entstehenden Abgasen gewünscht, mit der Möglichkeit zur späteren Sequestrierung des CO_2 Stromes, bevor die so behandelten Abgase in die Umwelt entlassen werden. Bei einem Verfahren wie in WO2006135984 gezeigt wird das Brenngas für den Reformier mit Luft als Sauerstoffquelle verbrannt, weshalb das Verbrennungsabgas eine große Menge Stickstoff enthält. Entsprechend müssen nachfolgende Anlagen zur CO_2 -Entfernung aus dem Verbrennungsabgas groß dimensioniert sein. Zudem kommen für eine CO_2 -Entfernung aus dem Verbrennungsabgas im Wesentlichen nur chemische

Absorptionsverfahren in Frage, welche sich durch eine große Anlagengröße und hohen Verbrauch an Energie, die beispielsweise über Dampf zugeführt wird, kennzeichnen.

- 5 Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren bereitzustellen, welches die Vermeidung von CO_2 in dem Verbrennungsabgas mit kleineren Anlagen - mit entsprechend geringeren Verbrauchszahlen - und anderen CO_2 -Entfernungsverfahren ermöglicht, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Diese Aufgabe wird gelöst durch

- 10 Verfahren zur Reduktion von Metalloxiden zu metallisiertem Material durch Kontakt mit heißem Reduktionsgas, wobei das Reduktionsgas zumindest zum Teil durch katalytische Reformierung eines Gemisches von
- einem Gas, das Kohlendioxid (CO_2) und/oder Wasserdampf (H_2O) enthält, mit
 - gasförmigen Kohlenwasserstoffen
- 15 hergestellt wird, wobei die Wärme für die bei der Reformierung ablaufenden endothermen Reformierungsprozesse zumindest teilweise durch Verbrennung eines Brenngases geliefert wird, und das dabei entstehende Verbrennungsabgas abgezogen wird, wobei das Brenngas zumindest teilweise aus einer Teilmenge des bei der Reduktion von Metalloxiden zu metallisiertem Material anfallenden Topgases, gewonnen wird,
- 20 dadurch gekennzeichnet, dass die Teilmenge des Topgases, aus der das Brenngas gewonnen wird, zunächst einer Entstaubung und dann einer CO-Konvertierungsreaktion unterzogen wird, und das bei der CO-Konvertierungsreaktion erhaltene Konvertierungsgas nach einer Abkühlung einer CO_2 -Entfernung unterzogen wird, und das dabei anfallende CO_2 -arme-Konvertierungsgas zumindest als Komponente des
- 25 Brenngases genutzt wird.

Bevorzugterweise handelt es sich bei den Metalloxiden um Eisenoxide. Weiters können aber auch gemäß Richardson-Jeffes Diagramm beispielsweise Nickel, Kupfer, Blei, Kobalt reduziert werden.

30

Das Reduktionsgas wird zumindest zum Teil durch katalytische Reformierung eines Gemisches von

- einem Gas, das Kohlendioxid CO_2 und/oder Wasserdampf H_2O enthält, mit
- gasförmigen Kohlenwasserstoffen

hergestellt. Diese Reformierung erfolgt durch zumindest teilweise Umsetzung der gasförmigen Kohlenwasserstoffe mit H_2O und CO_2 zu Wasserstoff (H_2) und Kohlenmonoxid (CO). Die für die Reformierung benötigten Substanzen H_2O und/oder CO_2 können dem Gemisch zur Reformierung jeweils einzeln oder zusammen zugegeben werden, und/oder es wird das in dem Gas, das Kohlendioxid CO_2 und/oder Wasserdampf H_2O enthält, vorhandene H_2O und/oder CO_2 genutzt. Bevorzugt ist es, dem Gemisch zumindest H_2O – als Wasserdampf – zuzugeben.

Unter gasförmigen Kohlenwasserstoffen sind beispielsweise Erdgas, Methan, Propan, Syngas aus Kohlevergasung, Koksofengas zu verstehen. Der Begriff gasförmige Kohlenwasserstoffe umfasst sowohl die Möglichkeit, dass lediglich eine Verbindung, beispielsweise reines Propan, vorliegt, als auch die Möglichkeit, dass ein Gemisch aus mehreren Verbindungen vorliegt, beispielsweise ein Gemisch aus Propan und Methan.

Das Gas, das das Kohlendioxid CO_2 und/oder Wasserdampf H_2O enthält, ist beispielsweise Topgas aus dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Reduktion von Metalloxiden. Unter Topgas ist dabei das Gas zu verstehen, welches aus dem Reduktionsaggregat, in dem die Reduktion der Metalloxide zu metallisiertem Material stattfindet, abgeführt wird. Vor der Reformierung wird es gegebenenfalls noch gereinigt, beispielsweise durch Abscheidung von mitgeführtem Staub und/oder Wasser.

Das Gas, das Kohlendioxid CO_2 und/oder Wasserdampf H_2O enthält, kann beispielsweise auch Exportgas aus einem anderen Verfahren zur Reduktion von Metalloxiden sein, beispielsweise Schmelzreduktionsverfahren, oder Syngas aus einem Kohlevergasungsverfahren wie beispielsweise einem Lurgi Festbettvergaser oder Siemens Flugstromvergaser.

Bevorzugt ist es Topgas aus dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Reduktion von Metalloxiden.

Eine typische Zusammensetzung von Topgas aus einem Direktreduktionsverfahren ist in Tabelle 1 gezeigt:

Tabelle 1: Typische Gaszusammensetzung von DR Topgas

		Topgaszusammensetzung nach Gasreinigung
CO	[vol%]	20 - 25
CO ₂	[vol%]	15 - 20
H ₂	[vol%]	40 - 46
H ₂ O	[vol%]	0 - 18
CH ₄	[vol%]	2 - 4
N ₂	[vol%]	1 - 2

5 In dem Gas, das Kohlendioxid CO₂ und/oder Wasserdampf H₂O enthält, beträgt die Untergrenze der Menge an Kohlendioxid CO₂ 0 Vol%, bevorzugt 5 Vol%, besonders bevorzugt 15 Vol%, und die Obergrenze der Menge an der Menge an Kohlendioxid CO₂ 25 Vol%, bevorzugt 30 Vol%, besonders bevorzugt 40 Vol%.

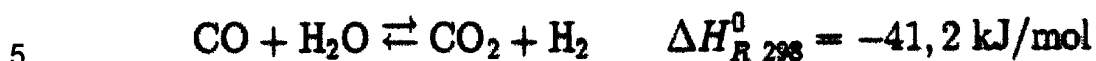
10 In dem Gas, das Kohlendioxid CO₂ und/oder Wasserdampf H₂O enthält, beträgt die Untergrenze der Menge an Wasserdampf H₂O 0 Vol%, bevorzugt 10 Vol%, und die Obergrenze der Menge an der Menge Wasserdampf H₂O 20 Vol%, bevorzugt 55 Vol%.

15 Durch die katalytische Reformierung wird ein Reduktionsgas erhalten, welches als reduzierende Bestandteile hauptsächlich H₂ und CO enthält. Es ist bekannt, dass es sich bei einer solchen Reformierung um eine endotherme Reaktion handelt, weshalb dem Reformer beispielsweise durch Verbrennung von Brenngas mit Sauerstoff, in Brennern, die dem Reformer zugeordnet sind, Wärme zugeführt wird. Der Sauerstoff wird beispielsweise geliefert durch Luftzufuhr, Zufuhr eines anderen sauerstoffhaltigen Gasmisches, oder Zufuhr von technisch reinem Sauerstoff.

25 Zur Erhöhung der Effizienz des Gesamtverfahrens wird das Brenngas zumindest teilweise aus einer Teilmenge des bei der Reduktion von Metalloxiden zu metallisiertem Material anfallenden Topgases, gewonnen. Dieses Topgas enthält noch brennbare Bestandteile wie beispielsweise CO und H₂, die in den Brennern des Reformers zur Erzeugung der für die Reformierung notwendigen Wärme genutzt werden.

Erfindungsgemäß wird die Teilmenge des Topgases, aus der das Brenngas gewonnen wird, einer CO-Konvertierungsreaktion, auch genannt CO-Shift- oder Wassergas-Shift-

Reaktion, unterzogen. Diese bekannte Reaktion dient dazu, den CO-Anteil im Topgas zu vermindern und gleichzeitig den H₂ -Anteil zu erhöhen, wobei gleichzeitig CO₂ gebildet wird.



Nach der CO-Konvertierungsreaktion erfolgt erfindungsgemäß eine Kühlung und Entfernung des CO₂ und H₂O Gehaltes in einer CO₂ Entfernungsanlage, bevor eine Nutzung als Brenngas erfolgt. Dabei wird das CO₂ bereits vor der Verbrennung effizient
10 abgeschieden. Entsprechend kann der zur Entfernung von CO₂ aus dem Verbrennungsabgas notwendige Aufwand reduziert werden.

Durch diese Maßnahmen wird den Brennern des Reformers ein Brenngas zugeführt, welches als brennbare Komponente hauptsächlich Wasserstoff H₂ enthält. Das hat den Vorteil, dass in den Brennern weniger CO₂ durch Verbrennung entsteht, da der Anteil an
15 bei der Verbrennung CO₂-generierenden CO Komponenten im Brenngas gering ist.

Die CO-Konvertierungsreaktion erfolgt bevorzugterweise gemäß Hochtemperatur- oder Rohgaskonvertierungsverfahren, da beide Verfahren keine allzu hohe Empfindlichkeit gegenüber Schwefelwasserstoff (H₂S) -Anwesenheit im zu behandelnden Gasstrom
20 aufweisen.

Die CO-Konvertierungsreaktion ist exotherm, kann aber auch isotherm geführt und dabei beispielsweise zur Erzeugung von Dampf genutzt werden. Zum Betrieb des CO-Konvertierungsreaktors ist je nach CO-Konvertierungsverfahren eine Eintrittstemperatur von 160-450°C, beim Hochtemperatur CO-Konvertierungsverfahren
25 bevorzugterweise 300-450°C, einzuhalten. Im Falle einer Nasswäsche des Topgases vor der CO-Konvertierungsreaktion muss aufgrund des damit verbundenen Temperaturabfalls nach der Nasswäsche eine Aufheizung auf solche Temperaturen erfolgen. Im Falle einer Trockenentstaubung des Topgases vor der CO-Konvertierungsreaktion kann die Temperatur des Topgases gleich für die nachfolgende CO-Konvertierungsreaktion
30 verwendet werden.

Erfindungsgemäß wird im Anschluss an die CO-Konvertierungsreaktion gekühlt und CO₂ sowie H₂O aus dem Gasstrom des bei der CO-Konvertierungs-Reaktion erhaltenen Konvertierungsgases abgeschieden. Da der Gasstrom des Konvertierungsgases im
35 Gegensatz zum Verbrennungsabgas nur eine geringe Stickstoffmenge enthält, und das

CO₂ entsprechend konzentrierter vorliegt als im Verbrennungsabgas, und weil die CO₂-Entfernung vor der Verbrennung erfolgt, ist das einer CO₂-Entfernung zu unterziehende Gasvolumen geringer als bei einer CO₂-Entfernung aus Verbrennungsabgas. Entsprechend ist die Entfernung weniger aufwändig.

5

CO₂ liefert keinen Beitrag zum Brennwert des Brenngases. Bei herkömmlichen Verfahren zur Nutzung von Topgas - welches nach der Reduktion der Metalloxide bereits CO₂ enthält - im Brenngas ist daher oft eine Zumischung von gasförmigen Kohlenwasserstoffen, wie beispielsweise Erdgas, notwendig, um den Heizwert des Brenngases auf ein für die Erreichung der erforderlichen Flammentemperatur im Reformer erforderliches Maß anzuheben. Aufgrund der erfindungsgemäßen Entfernung des CO₂ vor der Verbrennung – und der damit einhergehenden Erhöhung des Heizwertes des Brenngases - kann in der Regel auf solch eine Zumischung von gasförmigen Kohlenwasserstoffen verzichtet werden. Selbstverständlich ist eine Zumischung von gasförmigen Kohlenwasserstoffen bei Bedarf weiterhin möglich.

Eine solche Zumischung kann so erfolgen, dass dem CO₂-armen-Konvertierungsgas zur Herstellung von Brenngas gasförmige Kohlenwasserstoffe zugemischt werden. Wenn dem CO₂-armen-Konvertierungsgas vor der Nutzung als Brenngas nichts zugemischt wird, ist das CO₂-arme-Konvertierungsgas das Brenngas. Wenn dem CO₂-armen-Konvertierungsgas etwas zugemischt wird, beispielsweise gasförmige Kohlenwasserstoffe, ist es eine Komponente des Brenngases.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, dass das Verbrennungsabgas nach einer gegebenenfalls erfolgten Wasserabscheidung vorzüglich als Sealgas genutzt werden kann. Als Sealgas bezeichnet man ein nicht brennbares und inertes Gas zur Abdichtung von Austritt von Prozessgas und zur Bereitstellung einer inerten Atmosphäre über einem Material. Sogenanntes Sealgas wird beispielsweise bei der Rohstoffchargierung und im Schachtaustrag eines Reduktionsschachtes, oder bei Heißförderern genutzt. Das bei dem erfindungsgemäßen Verfahren nach gegebenenfalls erfolgten Wasserabscheidung aus dem Verbrennungsabgas erhaltene Gas enthält als Hauptbestandteil Stickstoff und kaum CO₂. Im Gegensatz dazu enthält nach einem Verfahren wie in Figur 1 der WO2006135984 gezeigtes anfallendes Verbrennungsabgas 18 bis 20 Vol% CO₂, welches bei Kontakt mit Produkt des Reduktionsverfahrens, beispielsweise heißem DRI (direct reduced iron) beispielsweise im Schachtaustrag eines Reduktionsschachtes oder in

Heißförderern zu Rückoxidation und damit zu Produktverschlechterung führen kann. Eine solche Gefahr besteht bei Verwendung des erfindungsgemäß anfallenden Verbrennungsabgases als Sealgas nicht.

- 5 Aufgrund der hohen Temperatur des entstehenden Konvertierungsgases ist es bei dem erfindungsgemäßen Verfahren notwendig, dass das Konvertierungsgas vor der CO₂-Entfernung gekühlt wird, um eine für die CO₂-Entfernung notwendige Temperatur, bevorzugterweise von 30-60°C, zu erreichen. Vorzugsweise wird es auch von bei der Konvertierungsreaktion eingebrachtem, aber nicht umgesetztem Wasserdampf durch
10 Kondensation befreit.

- Weiterhin ist es notwendig, die Teilmenge des Topgases, aus der Brenngas gewonnen wird, vor der CO-Konvertierungsreaktion zu entstauben um den Wartungsaufwand aufgrund von Ablagerungen und Schädigung von Anlagenkomponenten, niedrig zu halten,
15 eine hohe Verfügbarkeit der Anlage zu gewährleisten, sowie die Umweltvorschriften für in die Umwelt entlassen Gase bezüglich Staubgehalt einzuhalten. Die Entstaubung kann nass oder trocken erfolgen. Der Vorteil einer trockenen Entstaubung besteht darin, dass der Wärmeinhalt für Zwecke der Durchführung der CO-Konvertierungsreaktion notwendige Temperatur genutzt werden kann. Die
20 Austrittstemperatur von Topgas aus einem Reduktionsaggregat liegt typischerweise im Bereich 250-500°C. Zur optimalen Temperaturführung für die nachfolgenden Verfahrensschritte kann es erforderlich sein, die Temperatur noch etwas durch Kühlung, Heizung, oder Verdampfung von Wasser einzustellen. Vorteilhafterweise wird der Wärmeinhalt zur Erzeugung von Dampf, welcher für die Durchführung der
25 CO-Konvertierungsreaktion benötigt wird, genutzt. Es ist auch vorteilhaft, wenn der Dampf, welcher für die Durchführung der CO-Konvertierungsreaktion benötigt wird, an anderen Stationen des erfindungsgemäßen Verfahrens gewonnen wird.

- Im Fall einer Nassentstaubung muss vor der Durchführung der CO-Konvertierungs-
30 Reaktion gegebenenfalls eine Erwärmung des Topgasstromes erfolgen, um eine für die CO-Konvertierungsreaktion notwendige Temperatur des Gasstromes zu gewährleisten.

Die Entstaubung kann so erfolgen, dass das gesamte Topgas entstaubt wird, und nach dieser Entstaubung eine Teilmenge zur Gewinnung von Brenngas abgezweigt wird, oder

es kann die Entstaubung nach der Abzweigung der Teilmenge zur Gewinnung von Brenngas erfolgen.

5 Das bei der CO₂-Entfernung anfallende CO₂ kann beispielsweise verdichtet, kondensiert und/oder sequestriert werden, um die CO₂-Emissionen des Verfahrens, welche an die Umweltatmosphäre abgegeben werden, zu senken.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine

10 Vorrichtung zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens, mit einem Reduktionsaggregat zur Reduktion von Metalloxiden zu metallisiertem Material, einem Reformer zur Durchführung katalytischer Reformierung eines Gemisches von

- einem Gas, welches Kohlendioxid (CO₂) und/oder Wasserdampf (H₂O) enthält, mit
- gasförmigen Kohlenwasserstoffen,

15 wobei der Reformer mit einer Gemischzufuhrleitung zur Zufuhr des Gemisches versehen ist, und wobei der Reformer mit Brennern zur Lieferung von Wärme durch Verbrennung von Brenngas versehen ist, welche mit einer Sauerstoffzufuhrleitung verbunden sind, einer Abzugsleitung zum Abziehen von Verbrennungsabgas aus dem Reformer, einer Reduktionsgaszufuhrleitung für heißes Reduktionsgas aus dem Reformer in das

20 Reduktionsaggregat, einer Abfuhrleitung zur Abfuhr von Topgas aus dem Reduktionsaggregat, wobei die Brenner über eine von der Abfuhrleitung abzweigende Verbindungsleitung mit der Abfuhrleitung verbunden sind, und wobei zumindest

25 in der Abfuhrleitung zwischen Reduktionsaggregat und der von ihr abzweigenden Verbindungsleitung,

oder in der Verbindungsleitung eine Entstaubungsvorrichtung vorhanden ist, dadurch gekennzeichnet, dass

30 in der Verbindungsleitung, zwischen der gegebenenfalls vorhandenen Entstaubungseinrichtung und den Brennern, von der Abfuhrleitung aus gesehen aufeinanderfolgend ein CO-Konvertierungs-Reaktor, eine Gaskühlungsvorrichtung, und eine CO₂-Entfernungs-Vorrichtung vorhanden sind.

Bei den gasförmigen Kohlenwasserstoffen handelt es sich typischerweise um Erdgas, Methan, Propan.

5 Nach einer Ausführungsform mündet eine Kohlenwasserstoffzuleitung für gasförmige Kohlenwasserstoffe in die Verbindungsleitung, wodurch bei Bedarf die Zumischung von gasförmigen Kohlenwasserstoffen erfolgen kann, um ein Brenngas mit gewünschtem Heizwert zu erhalten.

10 Dabei kann die Kohlenwasserstoffzuleitung für gasförmige Kohlenwasserstoffen von der Abfuhrleitung aus gesehen hinter der CO₂-Entfernungs-Vorrichtung in die Verbindungsleitung münden.

15 Nach einer Ausführungsform ist die Entstaubungsvorrichtung eine Trockenentstaubungsvorrichtung wie beispielsweise ein Zyklon, Heißgasfilter, Schlauchfilter.

Nach einer anderen Ausführungsform ist die Entstaubungsvorrichtung eine Nassentstaubungsvorrichtung.

20 Es kann auch mehr als eine Entstaubungsvorrichtung vorhanden sein. Diese können beispielsweise sowohl in der Abfuhrleitung zwischen Reduktionsaggregat und der von ihr abzweigenden Verbindungsleitung, und in der Verbindungsleitung angeordnet sein.

25 Gemäß einer Ausführungsform ist dabei beispielsweise eine Nassentstaubungsvorrichtung in der Abfuhrleitung zwischen Reduktionsaggregat und der von ihr abzweigenden Verbindungsleitung, und eine Trockenentstaubungsvorrichtung in der Verbindungsleitung angeordnet.

30 Dabei ist bevorzugterweise zwischen der Nassentstaubungsvorrichtung und dem CO-Konvertierungs-Reaktor eine Gaserwärmungsvorrichtung in der Verbindungsleitung vorhanden.

Im Folgenden wird die vorliegende Erfindung anhand mehrerer schematischer Figuren näher erklärt.

Figur 1 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung, bei der eine Nassentstaubung
5 vorhanden ist.

Figur 2 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit kombinierter Naß- und Trockenentstaubung.

Figur 3 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit reiner Trockenentstaubung und Kühlung des Topgases.

10 Figur 4 zeigt ein Verfahren entsprechend Figur 2, wobei das Gas, welches Kohlendioxid (CO_2) und/oder Wasserdampf (H_2O) enthält, aus einer anderen Quelle als in Figur 2 stammt.

In Figur 1 werden einem Reduktionsaggregat 1, hier einem Festbettreduktionsschacht,
15 werden über die Oxidzugabevorrichtung 2 Metalloxide 3 – im vorliegenden Fall Eisenoxide - zugegeben, beispielsweise als Pellets oder stückiges Erz. Über die Abfuhrleitung 5 wird das Topgas, welches in dem Reduktionsaggregat bei der Reduktion der Metalloxide zu metallisiertem Material aus dem Reduktionsgas entsteht, aus dem Reduktionsaggregat abgeführt. In der Abfuhrleitung 5 sind Verdichter 17a 17b vorhanden,
20 um den in der Anlage entstehenden Druckabfall zu überwinden. In einen Reformer 4 zur katalytischen Reformierung eines Gemisches aus Topgas und gasförmigen Kohlenwasserstoffen werden über eine Gemischzufuhrleitung 6 ein Gemisch von Topgas und gasförmige Kohlenwasserstoffe, in diesem Fall Erdgas, zugeführt. Das Erdgas wird dabei über die Erdgasleitung 7 zugeführt. Der Reformer 4 ist mit Brennern 8a, 8b, 8c zur
25 Lieferung von für die Reformierung notwendiger Wärme durch Verbrennung von Brenngas versehen. Das im Reformer 4 gebildete heiße Reduktionsgas wird über die Reduktionsgaszufuhrleitung 9 dem Reduktionsaggregat 1 zugeführt. Über eine Abzugsleitung 10 zum Abziehen des bei der Verbrennung von Brenngas im Reformer anfallenden Verbrennungsabgases wird das Verbrennungsabgas aus dem Reformer
30 abgezogen. Das Verbrennungsabgas strömt dabei aus dem Reformer 4 heraus.

Die Abzugsleitung 10 enthält eine Vorrichtung 11 zum Kühlen des Verbrennungsabgases und zur Befreiung des Verbrennungsabgases von Wasser. Kühlung und Befreiung von Wasser erfolgen in derselben Vorrichtung. Die Abzugsleitung 10 führt in einen Kamin, durch den das Verbrennungsabgas in die Umwelt entlassen werden kann.

Durch die Vorrichtung 11 oder durch weitere Prozessabwärmen, beispielsweise aus Topgas oder dem Konvertierungsgas nach der CO-Konvertierung, kann auch Dampf produziert werden, der für die CO Konvertierung genutzt werden kann.

Die Brenner 8a, 8b, 8c sind mit Vorrichtungen zur Zuführung von Brenngas, dargestellt durch die von der Abfuhrleitung 5 abzweigende Verbindungsleitung 12, versehen. Durch die Verbindungsleitung 12 wird den Brennern 8a, 8b, 8c Brenngas zugeleitet.

Über die Sauerstoffzufuhrleitung 13 zur Zufuhr von Sauerstoff - in diesem Fall mittels Luftzufuhr - wird den Brennern 8a, 8b, 8c der für die Verbrennung des Brenngases notwendige Sauerstoff zugeführt. Die Luft wird mittels Gebläse 14 in die Sauerstoffzufuhrleitung eingespeist.

In der Abzugsleitung 10 ist eine Vorrichtung zur Erwärmung der in der Sauerstoffzufuhrleitung 13 geführten Luft, in diesem Fall ein Rekuperator 15 für indirekten Wärmeaustausch der Luft in der Sauerstoffzufuhrleitung 13 mit dem Verbrennungsabgas in der Abzugsleitung 10, vorhanden.

Weiterhin ist in der Abzugsleitung 10 eine Vorrichtung zur Erwärmung des Gemisches aus Topgas und gasförmigen Kohlenwasserstoffen in der Gemischzufuhrleitung 6, in diesem Fall ein Rekuperator 16 für indirekten Wärmeaustausch zwischen dem Gemisch aus Topgas und gasförmigen Kohlenwasserstoffen in der Gemischzufuhrleitung 6 und dem Verbrennungsabgas in der Abzugsleitung 10, vorhanden.

In der Abfuhrleitung 5 ist zwischen Reduktionsaggregat 1 und der Abzweigung der Verbindungsleitung 12 eine Entstaubungsvorrichtung 18, in diesem Fall eine Nassentstaubungsvorrichtung, vorhanden.

In der Verbindungsleitung 12 sind von der Abzweigung aus der Abfuhrleitung 5 aus gesehen hintereinander eine Gaserwärmungsvorrichtung 19, in diesem Fall ein Rekuperator zum indirekten Wärmeaustausch, ein CO-Konvertierungs-Reaktor 20, eine Gaskühlungsvorrichtung 21 und eine CO₂-Entfernungsvorrichtung 22 vorhanden.

Von der Abzweigung aus der Abfuhrleitung 5 aus gesehen mündet dabei vor dem CO-Konvertierungs-Reaktor 20 eine Dampfzufuhrleitung 23 in die Verbindungsleitung 12. Eine Ausfuhr von produziertem Dampf aus dem CO-Konvertierungs-Reaktor 20 ist mit einem von diesem ausgehenden strichlierten Pfeil angedeutet. Eine Ausfuhr von Kondensat aus der Gaskühlungsvorrichtung 21 ist durch einen von dieser ausgehenden Pfeil dargestellt. Die Ausfuhr eines CO₂-reichen Gasstromes aus der CO₂-Entfernungsvorrichtung 22 ist durch einen von dieser ausgehenden strichlierten Pfeil dargestellt. Der CO₂-reiche Gasstrom kann beispielsweise sequestriert werden.

Von der Abfuhrleitung aus gesehen hinter der CO₂-Entfernungsvorrichtung 22 mündet eine Kohlenwasserstoffzuleitung 24 für gasförmige Kohlenwasserstoffe in die Verbindungsleitung 12.

- 5 Die im Reduktionsaggregat 1 reduzierten Metalloxide 3 werden, wie durch einen Pfeil angedeutet, aus dem Reduktionsaggregat 1 entnommen.

Das bei der Reduktion anfallende Topgas wird durch die Abfuhrleitung 5 aus dem Reduktionsaggregat ausgeführt. Nach der Entstaubung in der Entstaubungsvorrichtung 5 wird eine Teilmenge des Topgases in der Verbindungsleitung 12 zu den Brennern 8a, 8b, 10 8c geführt, wobei es zunächst in der Gaserwärmungsvorrichtung 19 auf eine Temperatur erwärmt wird, die zur Funktion des CO-Konvertierungs-Reaktors 20 notwendig ist, und nach Dampfzufuhr über die Dampfzufuhrleitung 23 im CO-Konvertierungs-Reaktors 20 der CO-Konvertierungsreaktion unterworfen wird. Das dabei erhaltene Produkt, genannt Konvertierungsgas, wird in der Gaskühlungsvorrichtung 21 gekühlt und durch 15 Kondensation von mitgeführten Dampf befreit, und anschließend in der CO₂-Entfernungsvorrichtung 22 von CO₂ befreit. Das CO₂-arme Produkt dieses Schrittes, genannt CO₂-armes-Konvertierungsgas, wird nach Zumischung von gasförmigen Kohlenwasserstoffen durch die Kohlenwasserstoffzuleitung 24 in den Brennern 8a, 8b, 8c als Brenngas verwendet. Der zur Verbrennung notwendige Sauerstoff wird über die 20 Sauerstoffzufuhrleitung 13 in Form von mittels Gebläse 14 komprimierter Luft zugeführt. Im Reformer 4 wird heißes Reduktionsgas durch Reformierung eines Gemisches aus Topgas und gasförmiger Kohlenwasserstoffe hergestellt, und über die Reduktionsgaszufuhrleitung 9 dem Reduktionsaggregat zugeleitet.

- 25 Figur 2 zeigt eine Vorrichtung analog zu Figur 1, wobei der Unterschied besteht, dass keine Entstaubungsvorrichtung 18 und keine Gaserwärmungsvorrichtung 19 vorhanden sind. Stattdessen sind

- in der Abfuhrleitung 5 vom Reduktionsaggregat 1 aus gesehen hinter der Abzweigung der Verbindungsleitung 12 eine Entstaubungsvorrichtung 25, die als 30 Nassentstaubungsvorrichtung ausgeführt ist, und
- in der Verbindungsleitung 12 zwischen der Abzweigung der Verbindungsleitung 12 aus der Abfuhrleitung 5 eine Entstaubungsvorrichtung 26, die als Trockenentstaubungsvorrichtung ausgeführt ist,

vorhanden. Da in der Entstaubungsvorrichtung 26 kein Temperaturverlust auftritt, ist keine

- 35 Gaserwärmungsvorrichtung 19 zur Gewährleistung der für den CO-Konvertierungsreaktor

notwendigen Temperatur notwendig. Zur besseren Übersichtlichkeit sind nur die in Figur 2 gegenüber Figur 1 hinzugekommenen Vorrichtungsteile mit Bezugszeichen versehen.

Figur 3 zeigt eine Vorrichtung analog zu Figur 1, wobei der Unterschied darin besteht, dass keine Entstaubungsvorrichtung 18 und keine Gaserwärmungsvorrichtung 19 vorhanden sind.

Stattdessen sind

- in der Abfuhrleitung 5 vom Reduktionsaggregat 1 aus gesehen vor der Abzweigung der Verbindungsleitung 12 eine Entstaubungsvorrichtung 27, die als Trockenentstaubungsvorrichtung ausgeführt ist, und
 - in der Abfuhrleitung 5 vom Reduktionsaggregat 1 aus gesehen hinter der Abzweigung der Verbindungsleitung 12 eine Vorrichtung zur Kühlung des Topgases, umfassend das als Rekuperator ausgeführte Kühlelement 28 und den mit Kühlwasser 29 betriebenen Gaskühler 30,
- vorhanden.

Da in der Entstaubungsvorrichtung 27 kein Temperaturverlust auftritt, ist keine Gaserwärmungsvorrichtung 19 zur Gewährleistung der für den CO-Konvertierungsreaktor notwendigen Temperatur notwendig. Zur besseren Übersichtlichkeit sind nur die in Figur 2 gegenüber Figur 1 hinzugekommenen Vorrichtungsteile mit Bezugszeichen versehen.

20

Figur 4 zeigt eine Vorrichtung analog zu Figur 2, mit dem Unterschied, dass als Gas, welches Kohlendioxid (CO_2) und/oder Wasserdampf (H_2O) enthält, nicht Topgas, sondern Syngas aus einem Kohlevergasungsverfahren mit bis zu 40 Vol% Kohlendioxid und bis zu 55 Vol% Wasserdampf verwendet wird. Dieses Syngas aus einem nicht dargestellten Kohlevergasungsverfahren wird über die in die Gemischzufuhrleitung 6 mündende Syngasleitung 31 in die Gemischzufuhrleitung 6 eingeleitet. Das in der Gemischzufuhrleitung 6 dabei generierte Gemisch von Syngas und Erdgas wird im Reformier 4 reformiert. Zur besseren Übersichtlichkeit sind nur die in Figur 4 gegenüber Figur 2 hinzugekommenen Vorrichtungsteile sowie die Erdgasleitung 7 mit Bezugszeichen versehen.

30

Bezugszeichenliste:

	1	Reduktionsaggregat
	2	Oxidzugabevorrichtung
	3	Metalloxide
5	4	Reformer
	5	Abfuhrleitung
	6	Gemischzufuhrleitung
	7	Erdgasleitung
	8a, 8b, 8c	Brenner
10	9	Reduktionsgaszufuhrleitung
	10	Abzugsleitung
	11	Vorrichtung zum Kühlen/Befreiung von H ₂ O
	12	Verbindungsleitung
	13	Sauerstoffzufuhrleitung
15	14	Kompressor
	15	Rekuperator
	16	Rekuperator
	17a, 17b	Verdichter
	18	Entstaubungsvorrichtung
20	19	Gaserwärmungsvorrichtung
	20	CO-Konvertierungsreaktor
	21	Gaskühlungsvorrichtung
	22	CO ₂ -Entfernungsvorrichtung
	23	Dampffzufuhrleitung
25	24	Erdgaszuleitung
	25	Entstaubungsvorrichtung
	26	Entstaubungsvorrichtung
	27	Entstaubungsvorrichtung
	28	Kühlelement
30	29	Kühlwasser
	30	Gaskühler
	31	Syngasleitung

Patentansprüche:

- 1) Verfahren zur Reduktion von Metalloxiden zu metallisiertem Material durch
5 Kontakt mit heißem Reduktionsgas, wobei das Reduktionsgas zumindest zum Teil
durch katalytische Reformierung eines Gemisches von
- einem Gas, das Kohlendioxid (CO_2) und/oder Wasserdampf (H_2O) enthält, mit
- gasförmigen Kohlenwasserstoffen
hergestellt wird, wobei die Wärme für die bei der Reformierung ablaufenden
10 endothermen Reformierungsprozesse zumindest teilweise durch Verbrennung
eines Brenngases geliefert wird, und das dabei entstehende Verbrennungsabgas
abgezogen wird,
wobei das Brenngas zumindest teilweise aus einer Teilmenge des bei der
Reduktion von Metalloxiden zu metallisiertem Material anfallenden Topgases,
15 gewonnen wird,
dadurch gekennzeichnet, dass die Teilmenge des Topgases, aus der das
Brenngas gewonnen wird, zunächst einer Entstaubung und dann einer CO-
Konvertierungsreaktion unterzogen wird, und das bei der CO-
Konvertierungsreaktion erhaltene Konvertierungsgas nach einer Abkühlung einer
20 CO_2 -Entfernung unterzogen wird, und das dabei anfallende CO_2 -arme-
Konvertierungsgas zumindest als Komponente des Brenngases genutzt wird.
- 2) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Gas, das
Kohlendioxid (CO_2) und/oder Wasserdampf (H_2O) enthält, Topgas aus dem
25 Verfahren zur Reduktion von Metalloxiden ist.
- 3) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Gas, das
Kohlendioxid (CO_2) und/oder Wasserdampf (H_2O) enthält, Exportgas aus einem
Schmelzreduktionsverfahren oder Syngas aus einem Kohlevergasungsverfahren
30 ist.
- 4) Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass dem
 CO_2 -armen Konvertierungsgas zur Gewinnung von Brenngas gasförmige
Kohlenwasserstoffe zugemischt werden.

5) Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Entstaubung trocken erfolgt.

5 6) Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Entstaubung nass erfolgt.

7) Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, mit einem Reduktionsaggregat (1) zur Reduktion von Metalloxiden (3) zu metallisiertem Material, 10 einem Reformer (4) zur Durchführung katalytischer Reformierung eines Gemisches von
- einem Gas, das Kohlendioxid (CO_2) und/oder Wasserdampf (H_2O) enthält, mit
- gasförmigen Kohlenwasserstoffen, wobei der Reformer (4) mit einer Gemischzufuhrleitung (6) zur Zufuhr des 15 Gemisches versehen ist, und wobei der Reformer mit Brennern (8a,8b,8c) zur Lieferung von Wärme durch Verbrennung von Brenngas versehen ist, welche mit einer Sauerstoffzufuhrleitung (13) verbunden sind, einer Abzugsleitung (10) zum Abziehen von Verbrennungsabgas aus dem Reformer (4), 20 einer Reduktionsgaszufuhrleitung (9) für heißes Reduktionsgas aus dem Reformer (4) in das Reduktionsaggregat (1), einer Abfuhrleitung (5) zur Abfuhr von Topgas aus dem Reduktionsaggregat (1), wobei die Brenner (8a,8b,8c) über eine von der Abfuhrleitung (5) abzweigende Verbindungsleitung (12) mit der Abfuhrleitung (5) verbunden sind, und wobei 25 zumindest in der Abfuhrleitung (5) zwischen Reduktionsaggregat (1) und der von ihr abzweigenden Verbindungsleitung (12), oder in der Verbindungsleitung (12) eine Entstaubungsvorrichtung (18) vorhanden ist, dadurch gekennzeichnet, dass 30 in der Verbindungsleitung (12), zwischen der gegebenenfalls vorhandenen Entstaubungseinrichtung (18) und den Brennern (8a,8b,8c), von der Abfuhrleitung (5) aus gesehen aufeinanderfolgend ein CO-Konvertierungs-Reaktor (20), eine Gaskühlungsvorrichtung (21), und eine CO_2 -Entfernungs-Vorrichtung (22) vorhanden sind.

- 8) Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kohlenwasserstoffzuleitung (24) für gasförmige Kohlenwasserstoffe in die Verbindungsleitung (12) mündet.
- 5 9) Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Kohlenwasserstoffzuleitung (24) für gasförmige Kohlenwasserstoffe von der Abfuhrleitung (5) aus gesehen hinter der CO₂-Entfernungs-Vorrichtung (22) in die Verbindungsleitung (12) mündet.
- 10 10) Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Entstaubungsvorrichtung (18) eine Trockenentstaubungsvorrichtung ist.
- 11) Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Entstaubungsvorrichtung (18) eine Nassentstaubungsvorrichtung ist.
- 15 12) Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Nassentstaubungsvorrichtung und dem CO-Konvertierungsreaktor (20) eine Gaserwärmungsvorrichtung in der Verbindungsleitung vorhanden ist.
- 20 13) Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Reduktionsaggregat (1) eine Wirbelschichtkaskade ist.
- 14) Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Reduktionsaggregat (1) ein Festbettreduktionsschacht ist.

Fig. 1

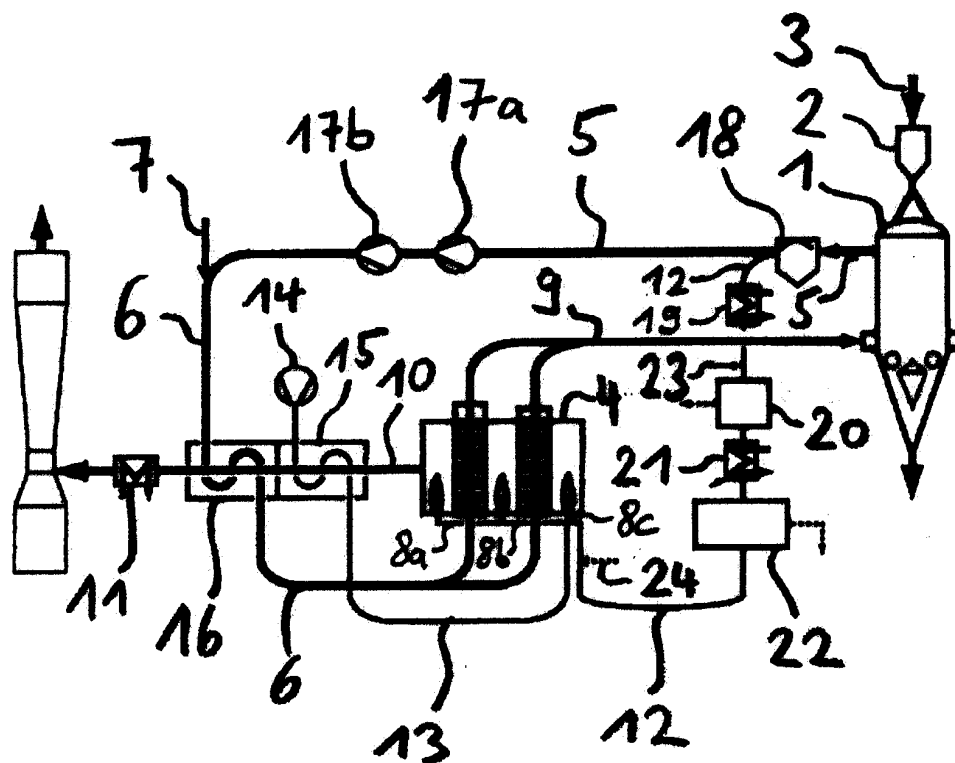


Fig. 2

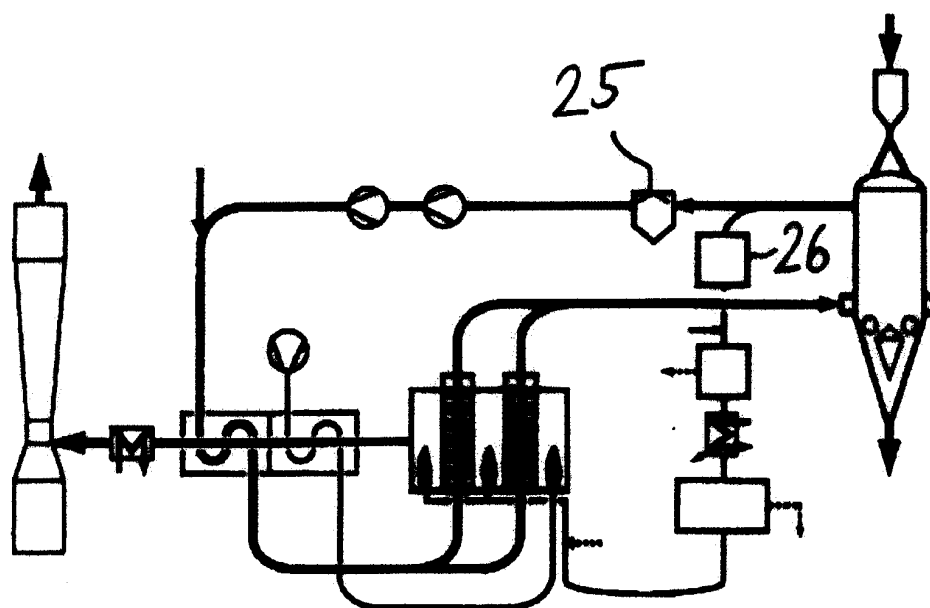


Fig. 3

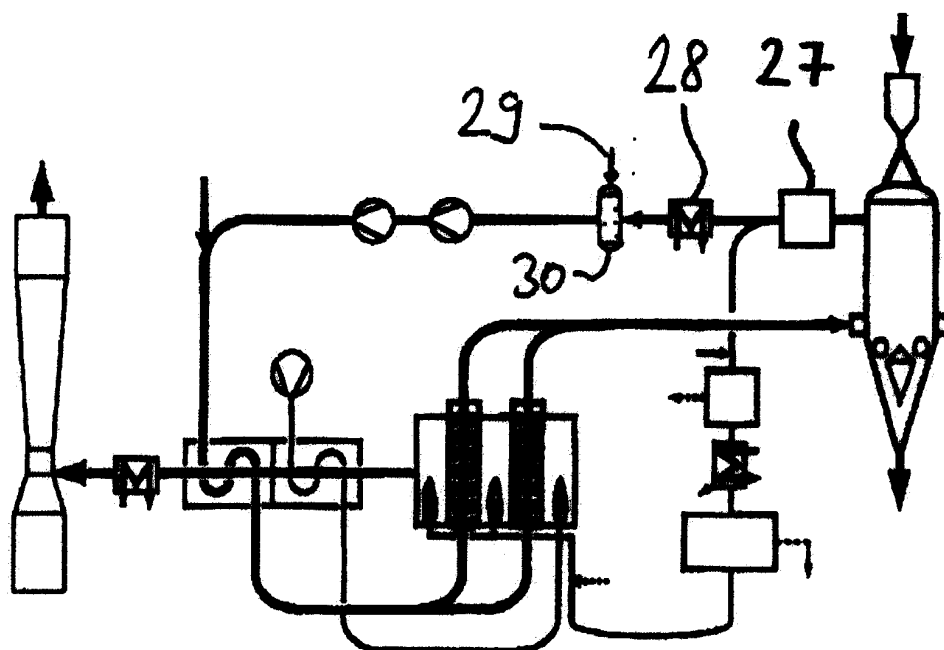
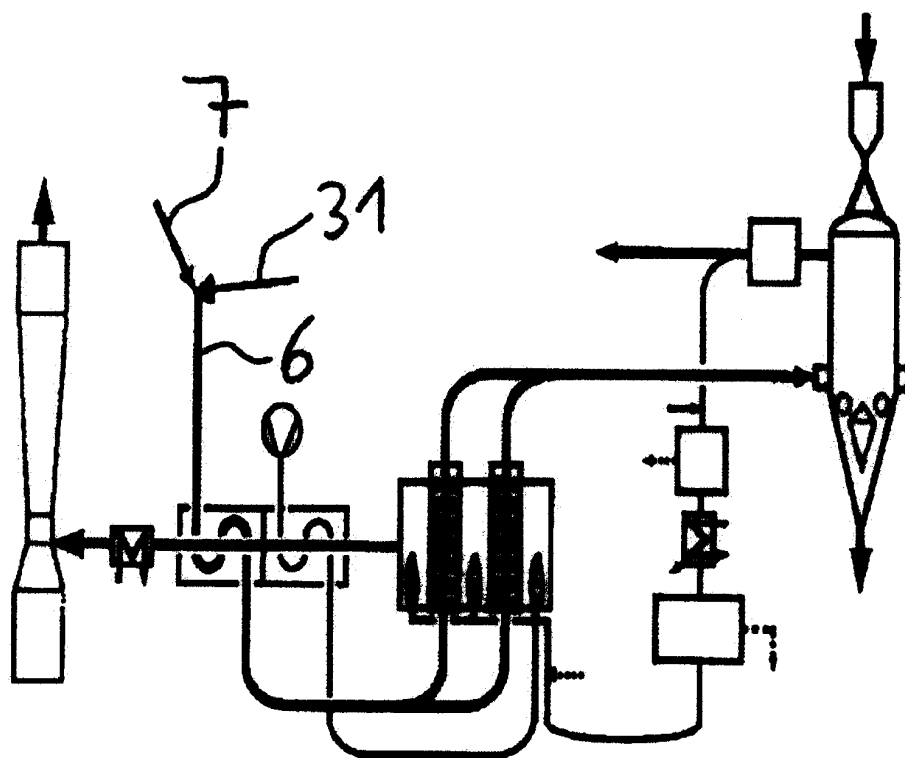


Fig. 4



Patentansprüche:

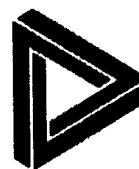
- 5 1) Verfahren zur Reduktion von Metalloxiden zu metallisiertem Material durch Kontakt mit heißem Reduktionsgas, wobei das Reduktionsgas zumindest zum Teil durch katalytische Reformierung eines Gemisches von
- einem Gas, das Kohlendioxid (CO_2) und/oder Wasserdampf (H_2O) enthält, mit
- gasförmigen Kohlenwasserstoffen
hergestellt wird, wobei die Wärme für die bei der Reformierung ablaufenden
10 endothermen Reformierungsprozesse zumindest teilweise durch Verbrennung eines Brenngases geliefert wird, und das dabei entstehende Verbrennungsabgas abgezogen wird,
wobei das Brenngas zumindest teilweise aus einer Teilmenge des bei der Reduktion von Metalloxiden zu metallisiertem Material anfallenden Topgases,
15 gewonnen wird,
dadurch gekennzeichnet, dass die Teilmenge des Topgases, aus der das Brenngas gewonnen wird, zunächst einer Entstaubung und dann einer CO-Konvertierungsreaktion unterzogen wird, und das bei der CO-Konvertierungsreaktion erhaltene Konvertierungsgas nach einer Abkühlung einer
20 CO_2 -Entfernung unterzogen wird, und das dabei anfallende CO_2 -arme Konvertierungsgas zumindest als Komponente des Brenngases genutzt wird.
- 25 2) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Gas, das Kohlendioxid (CO_2) und/oder Wasserdampf (H_2O) enthält, Topgas aus dem Verfahren zur Reduktion von Metalloxiden ist.
- 30 3) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Gas, das Kohlendioxid (CO_2) und/oder Wasserdampf (H_2O) enthält, Exportgas aus einem Schmelzreduktionsverfahren oder Syngas aus einem Kohlevergasungsverfahren ist.
- 35 4) Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass dem CO_2 -armen Konvertierungsgas zur Gewinnung von Brenngas gasförmige Kohlenwasserstoffe zugemischt werden.

NACHGEREICHT

- 5) Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Entstaubung trocken erfolgt.
- 6) Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Entstaubung nass erfolgt.
- 7) Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, mit einem Reduktionsaggregat (1) zur Reduktion von Metalloxiden (3) zu metallisiertem Material, einem Reformer (4) zur Durchführung katalytischer Reformierung eines Gemisches von
- einem Gas, das Kohlendioxid (CO_2) und/oder Wasserdampf (H_2O) enthält, mit
 - gasförmigen Kohlenwasserstoffen,
- wobei der Reformer (4) mit einer Gemischzufuhrleitung (6) zur Zufuhr des Gemisches versehen ist, und wobei der Reformer mit Brennern (8a,8b,8c) zur Lieferung von Wärme durch Verbrennung von Brenngas versehen ist, welche mit einer Sauerstoffzufuhrleitung (13) verbunden sind, einer Abzugsleitung (10) zum Abziehen von Verbrennungsabgas aus dem Reformer (4), einer Reduktionsgaszufuhrleitung (9) für heißes Reduktionsgas aus dem Reformer (4) in das Reduktionsaggregat (1), einer Abfuhrleitung (5) zur Abfuhr von Topgas aus dem Reduktionsaggregat (1), wobei die Brenner (8a,8b,8c) über eine von der Abfuhrleitung (5) abzweigende Verbindungsleitung (12) mit der Abfuhrleitung (5) verbunden sind, und wobei zumindest in der Abfuhrleitung (5) zwischen Reduktionsaggregat (1) und der von ihr abzweigenden Verbindungsleitung (12), oder in der Verbindungsleitung (12) eine Entstaubungsvorrichtung (18) vorhanden ist, dadurch gekennzeichnet, dass in der Verbindungsleitung (12), zwischen der gegebenenfalls vorhandenen Entstaubungseinrichtung (18) und den Brennern (8a,8b,8c), von der Abfuhrleitung (5) aus gesehen aufeinanderfolgend ein CO-Konvertierungs-Reaktor (20), eine Gaskühlungsvorrichtung (21), und eine CO_2 -Entfernungs-Vorrichtung (22) vorhanden sind.

- 8) Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kohlenwasserstoffzuleitung (24) für gasförmige Kohlenwasserstoffe in die Verbindungsleitung (12) mündet.
- 5 9) Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Kohlenwasserstoffzuleitung (24) für gasförmige Kohlenwasserstoffe von der Abfuhrleitung (5) aus gesehen hinter der CO₂-Entfernungs-Vorrichtung (22) in die Verbindungsleitung (12) mündet.
- 10 10) Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Entstaubungsvorrichtung (18) eine Trockenentstaubungsvorrichtung ist.
- 11) Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Entstaubungsvorrichtung (18) eine Nassentstaubungsvorrichtung ist.
- 15 12) Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Nassentstaubungsvorrichtung und dem CO-Konvertierungsreaktor (20) eine Gaserwärmungsvorrichtung (19) in der Verbindungsleitung (12) vorhanden ist.
- 20 13) Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Reduktionsaggregat (1) eine Wirbelschichtkaskade ist.
- 14) Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Reduktionsaggregat (1) ein Festbettreduktionsschacht ist.
- 25

NACHGEREICHT



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC ⁸ : C21B 11/00 (2006.01); C21B 13/00 (2006.01); C22B 5/00 (2006.01); C10J 3/00 (2006.01); C10K 1/00 (2006.01); C10K 3/00 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß ECLA: C21B 11/00, C21B 13/00, C22B 5/00, C10J 3/00, C10K 1/00, C10K 3/00		
Recherchierte Prüfsubstanz (Klassifikation): C21B, C22B, C10J, C10K		
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, WPI, X-FULL, IPDL		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 31. Juli 2009 eingereichten Ansprüchen 1 - 14 erstellt.		
Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	US 5958107 A1 (Greenwalt) 28. September 1999 (28.09.1999) <i>Zusammenfassung; Beschreibung, Sp.3, Z. 10 - 67, Sp. 4, Z. 1 - 12; Fig. 2; Ansprüche 1, 3, 10</i> --	1 - 14
A	WO 2009/037587 A2 (HYL TECHNOLOGIES S.A. de C.V) 26. März 2009 (26.03.2009) <i>Zusammenfassung; Beschreibung, S. 5, Abs. 2 - 4, S. 6 - 7, S. 8, Abs. 1 - 3; Fig. 1 - 2; Ansprüche 1 - 9</i> --	1 - 14
A	US 3909244 A1 (Rose et al.) 30. September 1975 (30.09.1975) <i>Zusammenfassung; Beschreibung, Sp. 4, Z. 43 - 68, Sp. 5, Z. 1 - 40; Fig. 1; Ansprüche 1, 4, 6, 7</i> ----	1 - 14
Datum der Beendigung der Recherche: 25. Jänner 2010		☐ Fortsetzung siehe Folgeblatt Prüfer(in): Dr. AIGNER
¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		