



(12)

# **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 424/97

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> : **C22B 5/12**  
C21B 13/00

(22) Anmeldetag: 12. 3.1997

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 5.1998

(45) Ausgabetag: 28.12.1998

(56) Entgegenhaltungen:

DE 4030093A1 US 4537626A US 4175951

(73) Patentinhaber:

VOEST-ALPINE INDUSTRIEANLAGENBAU GMBH  
A-4031 LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).

## **(54) VERFAHREN UND EINRICHTUNG ZUM AUFBEREITEN VON REDUKTIONSGAS ZUR REDUKTION VON ERZEN**

(57) Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zu schaffen, das bei gegebener Erzqualität den Reduktionsprozeß optimiert.

Das Reduktionsgas 7 wird mittels der Gassensorik 1 analysiert und in zwei Teilströme aufgeteilt. Der Massenstrom des Teilstroms der oxidiert wird, wird mittels des Regelventils 3 geregelt und gelangt dann zum Brenner 4, wo oxidiert wird. Der andere Teilstrom des Reduktionsgases 7 wird mittels des Regelventils 2 gemäß der erforderlichen Gasmenge am Schacht geregelt und wird danach im Wärmetauscher 11 auf die geforderte Temperatur gebracht, mit dem oxidierten Teilstrom des Reduktionsgases vereint. Mittels des Gassensors 13 werden die Gaskomponenten bestimmt und gegebenenfalls über mathematische Ansätze die Gaszuführung 14 festgelegt.

Mit der Erfindung ist es möglich, bei gegebener Erzqualität, den Reduktionsprozeß in Richtung seines stöchiometrischen Optimum zu fahren. Ein Vorteil liegt auch darin, daß das Reduktionsgas mit sehr niedrigem Oxidantenanteil auf eine gewünschte Temperatur aufheizbar ist, sodaß die Gasanalyse im weiten Bereichen eingestellt werden kann.

**B**

**AT 404 600**

**AT**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur teilweisen, vorzugsweise vollständigen Reduktion von Erzen, insbesondere von Eisenerzen zu Eisen, wobei das Erz bei erhöhter Temperatur mit einem Reduktionsmittel, vorzugsweise einem kohlenstoffhaltigen Gas, in Kontakt gebracht wird.

In der DE 40 30 093 A1 wird ein Verfahren zur Direktreduktion von Eisenerz in einem Schachtofen mit 5 einem Wasserstoff- und Kohlenmonoxid enthaltendem Reduktionsgas beschrieben. Aus dem Schachtofen abgezogenes Gichtgas wird mit einem methanreichen Gas vermischt und anschließend vermischt und das Gasgemisch in einem Reformer zu Reduktionsgas umgesetzt.

Die US 4,537,626 offenbart ein Verfahren, bei dem die aus einem Stahlkonverter abgezogenen Reduktionsgase in einem Wärmetauscher mit einem kohlenstoffhaltigen Material wärmegetauscht werden 10 und dann in einen metallurgischen Reduktionsreaktor eingebracht werden. Dieses Verfahren weist insbesondere den Nachteil auf, daß auf die Qualität des Reduktionsgases nach dem Austritt aus dem Konverter kein Einfluß genommen werden kann. Ein gleichmäßiger Reduktionsverlauf im Reduktionsreaktor ist daher nicht sichergestellt und dessen Produktqualität in der Folge starken Schwankungen unterworfen.

Die US 4,175,951 offenbart ein Verfahren zur Herstellung eines heißen Reduktionsgasstromes, bei dem 15 ein vorerhitzter Reduktionsgasstrom mit den Produkten der Verbrennung eines gasförmigen Kohlenwasserstoffes vermischt wird. Da also sowohl für das Vorerhitzen des Reduktionsgases, als auch für die Erwärmung des Reduktionsgases auf die gewünschte Endtemperatur eine externe Brennstoffquelle erforderlich ist, ist dieses Verfahren von den laufenden Betriebskosten her als nachteilig zu beurteilen.

In der EP-A 004 1861 ist ein mit festen Brennstoffen beheizter Wärmetauscher zur Erhitzung von Gasen 20 beschrieben, bei dem die Verbrennungsgase jedoch mit dem aufzuheizenden Gas vermischt werden. Nachteilig bei dieser Einrichtung ist jedoch, daß es zu der erwähnten Vermischung der Gase kommt.

Die EP-A 0 663 445 beschreibt einen Gas-Gas-Rohrbündelwärmetauscher für hohe Temperaturen, bei dem durch Entfernen der Kappe das Rohrbündel getauscht werden kann. Nachteilig ist auch, daß auch bei diesem System die Gase gemischt werden.

In der WO 94/10512 wird ein Gaserhitzer beschrieben, bei dem besonderer Wert auf die Reinerhaltung 25 der Gase gelegt wird. Die Erhitzung der Gase wird aufgrund einer beheizten perforierten Prallscheibe, die temperaturgeregt ausgeführt ist, bewerkstelligt. Nachteilig bei dieser Einrichtung ist, daß der Erhitzer für geringe Mengen an mit Spurenelementen dotierten Gasen konzipiert ist.

In der EP-A 0 056 603 ist ein Winderhitzer für Hochofenprozesse beschrieben, der mit einem 30 keramischen feuerfesten Material ausgekleidet ist, das eine hohe chemische wie thermische Festigkeit aufweist. Nachteilig bei dieser Einrichtung ist es, daß der Winderhitzer, konstruktionsbedingt eine hohe thermische Trägheit aufweist.

Aus der DE-C 3 213 204 sind Wärmetauscher, vorzugsweise zum Kühlen von Rauchgas, mit Böden 35 und Rohren aus hochtemperaturbeständigen Werkstoffen bekannt, bei denen die Austauschrohre in Längsrichtung ausgerichtet sind. Der Tragboden besteht aus Beton und die Rohre stecken in einem in der Längsrichtung verschiebbaren Boden. Der Wärmetauscher wird im Gegenstrom betrieben und der Führungsboden ist beweglich gelagert, um die Dehnung der Rohre über der Temperatur abzufangen. Die Ausführung in zwar hochfesten Materialien, jedoch in Eisenwerkstoffen, neigt sowohl zur Korrosion wie Abrasion.

Die DE-C 3 142 485 behandelt einen Glasrohrwärmetauscher zur Kühlung von aggressiven heißen 40 Rauchgasen, wobei die Glasrohrbündel vom Rauchgas quer, durch seitlich angeordnete Schlitze angeströmt werden. Der Querschnitt der Eintrittsschlitz ist zwar veränderbar ausgeführt, jedoch kann das System nur schwer zum Aufheizen der erwähnten Gase eingesetzt werden.

In der DE-C 3 333 057 wird ein ebenfalls aus Glasrohren bestehender Wärmetauscher vorgeschlagen, 45 bei dem die Glasrohre quer angeströmt werden und dessen Gehäuse doppelwandig ausgeführt ist. In dem Hohlraum der Außenwand sind Heinzelemente eingebaut, die eine Kondensation leichtflüchtiger Komponenten hintanhalten. Diese Einrichtung ist jedoch nicht zum Aufheizen für Gase in den geforderten Bereichen geeignet.

Bei einem derzeitigen Verfahren wird das Reduktionsgas vor dem Einspeisen in den Reduktionsbehälter 50 auf die geforderte Reaktionstemperatur gebracht. Dies geschieht derzeit durch metallische Wärmetauscher, die zum Teil als Wegwerfwärmetauscher ausgeführt werden. Bei hohen Gehalten an CO besteht bei den konventionellen Ausführungen das Problem, daß durch den Zerfall des CO sich im Werkstoff Karbide bilden, die über der Sättigungskonzentration zu einer Zerstörung des Werkstoffes führen. Auch bei hoch H<sub>2</sub>-haltigen Reduktionsgasen tritt eine Werkstoffzerstörung auf. Im konventionellen Design der Anlagen wird 55 dieses Problem durch eine Teilverbrennung des Reduktionsgases gelöst, was jedoch eine Qualitätseinbuße für das Reduktionsgas bedeutet.

Das bedeutet somit, daß derzeit mit den Wärmetauschern aus Eisenwerkstoffen es nahezu unmöglich ist, gewisse Temperaturbereiche zu überschreiten und Oxidationspotentiale zu unterschreiten, da dadurch

der Verschleiß die industriellen Toleranzen überschreitet. Darüber hinaus stellen die derzeitigen Wärmetauscher ein Sicherheitsproblem dar.

Die Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren zu schaffen, daß die Nachteile der obigen Verfahren vermeidet und das bei gegebener Erzqualität den Reduktionsprozeß optimiert.

5 Die Erfindung wird dadurch gelöst, daß vor der Kontaktierung des Erzes mit dem Reduktionsgas ein Teilstrom des Reduktionsgases abgetrennt und oxidiert wird, der Druckverlust auf den Druck des anderen Teilstromes ausgeglichen wird, daß weiters bei dem anderen Teilstrom des Reduktionsgases gegebenenfalls die Temperatur und/oder der Druck eingestellt und daß das Reduktionspotential des Reduktionsgases durch die Oxidation des Teilstromes und/oder durch die Temperatur des Reduktionsgases und/oder durch  
10 Zumischung eines Gases eingestellt wird.

Durch diese Erfindung ist es erstmals möglich, bei gegebener Erzqualität, den Reduktionsprozeß in Richtung seines stöchiometrischen Optimum zu fahren. Ein entscheidendes Kriterium ist die materialtechnische Wahl des Wärmetauschers, da sich der katalytische Einfluß der Oberfläche nachteilig auswirkt. Dadurch kann die Produktionsleistung im Extremfall um bis zu 30% gesteigert werden. Ein weiterer Vorteil  
15 liegt darin, daß das Reduktionsgas mit sehr niedrigem Oxidantenanteil auf eine gewünschte Temperatur aufheizbar ist, sodaß die Gasanalyse im weiten Bereichen eingestellt werden kann.

Nach einem Merkmal der Erfindung wird der Massenfluß der Teilströme bzw. der Gaszumischung im Bereich von 0 - 100% geregelt. Durch diese Bandbreite kann optimal auf die gesamte Varianz der eingesetzten Gasqualitäten reagiert werden.

20 Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung ist diese dadurch gekennzeichnet, daß in einer Zuleitung ein Gassensor sowie ein Regelventil und ein Wärmetauscher aus einem Nichteisenbasiswerkstoff zum Temperieren des Reduktionsgases vorgesehen sind, daß vor dem Gassensor und dem Regelventil eine das Regelventil überbrückende By-Pass-Leitung vorgesehen ist, daß in der By-Pass-Leitung ein Regelventil und ein Brenner vorgesehen sind und daß nach dem Einmündungspunkt der By-Pass-Leitung in die Zuleitung in  
25 den Reduktionsofen, vorzugsweise einen Reduktionsschachtofen, eine Zuleitung für ein Gas und gegebenenfalls ein weiterer Gassensor vorgesehen ist. Durch diese Anordnung kann die Regelung des Prozesses aufgrund der On-Line Überwachung optimal gefahren werden.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung sind die vom Reduktionsgas berührten Teile des Wärmetauschers in Glas ausgeführt. Durch die Ausführung des Wärmetauschers in Glas ist gewährleistet,  
30 daß weder ein nennenswerter Abrieb des Materials, noch ein störender katalytischer Einfluß der Oberfläche zu erwarten ist. Bestimmte oberflächenbeschichtete Werkstoffe gelten als Nichteisenbasiswerkstoffe, nämlich solche, die die Differenz der Oxidationspotentiale im Hinblick auf Metal-Dusting beherrschen. Nach einer Ausgestaltung der Erfindung sind über die Gassensoren die Massenströme und/oder das Reduktionspotential des Reduktionsgases regelbar. Auch diese Ausgestaltung ist zur Optimierung von immensem  
35 Vorteil. Dabei wird die Reduktionsgasanalyse bei frei eingestellter Reduktionsgastemperatur geregelt, bzw. umgekehrt.

Die Erfindung wird anhand eines in der Zeichnung dargestellten Verfahrensfließbildes näher erläutert.

In der Fig. wird das Reduktionsgas 7 mittels der Gassensorik 1 analysiert und in zwei Teilströme aufgeteilt. Der Massenstrom des Teilstromes der oxidiert wird, wird mittels des Regelventils 3 geregelt und  
40 gelangt dann zum Brenner 4, wo oxidiert wird. Der andere Teilstrom des Reduktionsgases 7 wird mittels des Regelventils 2 gemäß der erforderlichen Gasmenge am Schacht geregelt und wird danach im Wärmetauscher 11 auf die geforderte Temperatur gebracht, mit dem oxidierten Teilstrom des Reduktionsgases vereint. Mittels des Gassensors 13 werden die Gaskomponenten bestimmt und gegebenenfalls über mathematische Ansätze die Gaszuführung 14 festgelegt.

45 Über den Gassensor 5 wird die Temperatur erfaßt und der Regelkreis entsprechend eingestellt. Das Reduktionsgas wird dann dem Reduktionsbehälter 6 zugeführt. Das abreagierte Gas 8 verläßt den Reduktionsbehälter 6 am Kopf. Das Einsatzmaterial 9 wird am Kopf des Reduktionsbehälter 6, mit dem optimierten Reduktionsgas in engen Kontakt gebracht und als reagiertes Erz 10 bzw. Eisenschwamm abgezogen.

50 Der über den Gassensor 5 einstellbare Regler wirkt auf das Regelventil 3 bei dieser Ausführungsform.

Der Gassensor 13 kann auch nach der Gaszuführung 14 vorgesehen sein, wobei dann über die gemessenen Werte die Gaszuführung eingestellt wird.

#### Patentansprüche

55

1. Verfahren zum Aufbereiten von Reduktionsgas in einem Verfahren zur teilweisen, vorzugsweise vollständigen Reduktion von Erzen, insbesondere von Eisenerzen zu Eisen, wobei das Erz bei erhöhter Temperatur mit dem Reduktionsgas, einem vorzugsweise kohlenstoffhaltigen Gas, in Kontakt gebracht

## AT 404 600 B

wird, **dadurch gekennzeichnet, daß** vor der Kontaktierung des Erzes mit dem Reduktionsgas ein Teilstrom des Reduktionsgases abgetrennt und oxidiert wird, der Druckverlust auf den Druck des anderen Teilstromes ausgeglichen wird, daß weiters bei dem anderen Teilstrom des Reduktionsgases gegebenenfalls die Temperatur und/oder der Druck eingestellt und daß das Reduktionspotential des Reduktionsgases durch die Oxidation des Teilstromes und/oder durch die Temperatur des Reduktionsgases und/oder durch Zumischung eines Gases eingestellt wird.

- 5      2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Massenfluß der Teilströme bzw. der Gaszumischung im Bereich von 0 - 100% geregelt wird.
- 10     3. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** in einer Zuleitung (7) ein Gassensor (1) sowie ein Regelventil (2) und ein Wärmetauscher (11) aus einem Nichteisenbasiswerkstoff zum Temperieren des Reduktionsgases vorgesehen sind, daß vor dem Gassensor (1) und dem Regelventil (2) eine das Regelventil (2) überbrückende By-Pass-Leitung (12) vorgesehen ist, daß in der By-Pass-Leitung (12) ein Regelventil (3) und ein Brenner (4) vorgesehen sind und daß nach dem Einmündungspunkt der By-Pass-Leitung (12) in die Zuleitung (7) in den Reduktionsbehälter (6), vorzugsweise einen Reduktionsschachtofen, eine Zuleitung für das Gas und gegebenenfalls ein weiterer Gassensor (5) vorgesehen ist.
- 15     4. Einrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die vom Reduktionsgas berührten Teile des Wärmetauschers in Glas ausgeführt sind.
- 20     5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** durch den Gassensor (1) und/oder den Gassensor (5) die Massenströme und/oder das Reduktionspotential des Reduktionsgases regelbar sind.
- 25

Hiezu 1 Blatt Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

6

