

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
20. August 2009 (20.08.2009)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2009/100819 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

C21B 5/00 (2006.01) C21B 13/00 (2006.01)  
C21B 5/06 (2006.01) C21B 13/14 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/000556

(22) Internationales Anmeldedatum:  
29. Januar 2009 (29.01.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
A 248/2008 15. Februar 2008 (15.02.2008) AT

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS VAI METALS TECHNOLOGIES GMBH & CO [AT/AT]; Turmstrasse 44, A-4031 Linz (AT).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MILLNER, Robert [AT/AT]; Porschestrasse 1, A-3382 Loosdorf (AT). WIEDER, Kurt [AT/AT]; Aisttalstrasse 26, A-4311 Schwertberg (AT). WURM, Johann [AT/AT]; Riegelstrasse 29, A-4283 Bad Zell (AT).

(74) Anwalt: MAIER, Daniel; Siemens AG, Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

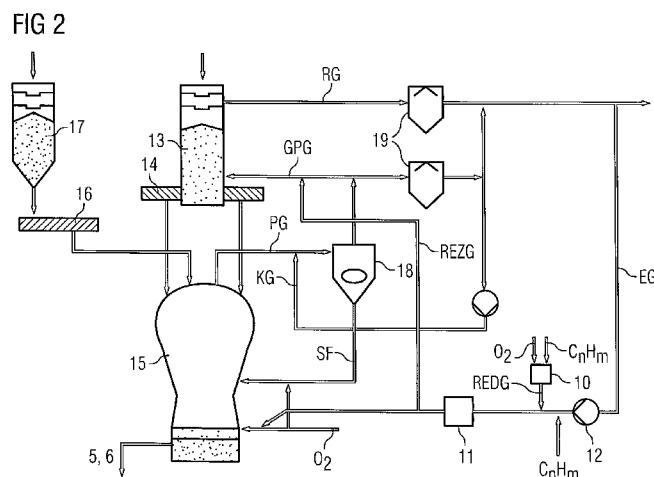
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR MELTING RAW IRON WHILE RECIRCULATING BLAST FURNACE GAS BY ADDING HYDROCARBONS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM ERSCHMELZEN VON ROHEISEN UNTER RÜCKFÜHRUNG VON GICHTGAS UNTER ZUSATZ VON KOHLENWASSERSTOFFEN



(57) Abstract: A method for melting raw iron in a blast furnace (1) operated with oxygen or in a melting reduction system, comprising a reduction region, wherein the scrubbed raw gas (GG, EG) removed from the reduction region is recirculated by adding hydrocarbons into the reduction region. According to the invention, the scrubbed raw gas (GG, EG) is mixed with hydrocarbons and is blended with reduction gas (REDG) that has a temperature over 1000°C and is obtained by the partial oxidation of hydrocarbons using oxygen gas having an oxygen content of more than 90 vol.% in order to form a recirculation gas (REZG) having a temperature over 800°C. The recirculation gas (REZG) is recirculated into the reduction region after an auto-reformation process.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/100819 A1

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Rechenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

Verfahren zum Erschmelzen von Roheisen in einem mit Sauerstoff betriebenen Hochofen (1) oder einer Schmelzreduktionsanlage, mit einem Reduktionsbereich, wobei das aus dem Reduktionsbereich abgeführte, gereinigte Rohgas (GG, EG) unter Zusatz von Kohlenwasserstoffen in den Reduktionsbereich rückgeführt wird. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass das gereinigte Rohgas (GG, EG) mit Kohlenwasserstoffen vermischt und mit Reduktionsgas (REDG), das eine Temperatur über 1000°C aufweist und durch partielle Oxidation von Kohlenwasserstoffen mittels Sauerstoffgas, das einen Sauerstoffgehalt über 90 vol% aufweist, erzeugt wird, zur Bildung eines Rezirkulationsgases (REZG) mit einer Temperatur über 800°C vermengt wird, und das Rezirkulationsgas (REZG) nach einem Auto-Reformierungsprozess in den Reduktionsbereich rückgeführt wird.

Verfahren zum Erschmelzen von Roheisen unter Rückführung von Gichtgas  
unter Zusatz von Kohlenwasserstoffen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erschmelzen von Roheisen gemäß dem Oberbegriff  
5 von Anspruch 1.

Gemäß dem Stand der Technik sind verschiedene Verfahren zum Erschmelzen von  
Roheisen bekannt. In der GB 883998 A wird etwa beschrieben, bei Hochöfen verschiedene  
10 kohlenstoffhaltige Gase wie Erdgas oder Koksofengas über die Windformen oder in der  
Bosh-Ebene einzublasen, um auf diese Art Koks einzusparen und die Wirtschaftlichkeit der  
Anlage zu erhöhen. Eine Eindüsung von Gichtgas aus einem konventionellen, mit Heißwind  
betriebenen Hochofen ist aufgrund des hohen Gehalts an Kohlendioxid und Stickstoff, sowie  
des niedrigen Gehalts an Wasserstoff nicht wirtschaftlich.

15 In der DE 19 39 354 A wird die Reformierung von Gichtgas aus einem Hochofen mit  
Kohlenwasserstoff-Brennstoff in einem unterfeuerten, externen Reaktionssystem, und  
dessen Rückführung in den Hochofen beschrieben. Nachteilig dabei ist der zusätzlich  
erforderlich Energieaufwand für die Unterfeuerung des Erhitzers, sowie der sehr hohe  
Aufwand für den Hochtemperaturwärmetauscher. Des Weiteren ergeben sich während der  
20 Aufheizung Nachteile aufgrund der so genannten „Metal Disting Korrosion“ durch  
Kohlenmonoxid und Wasserstoff im Reduktionsgas.

In der DE 2 261 766 wird die Rezirkulation von Gichtgas eines mit Sauerstoff anstelle von  
Heißwind betriebenen Hochofens beschrieben. Nach der Wäsche des Gichtgases wird das  
25 Kohlendioxid entfernt, und über Formen an der Rast oder des Gestells in den Hochofen  
eingebracht. Des Weiteren ist der Betrieb eines Hochofens mit Sauerstoff und Rückführung  
des Gichtgases, sowie die Verwendung einer CO<sub>2</sub>-Entfernungsanlage auch in der DE  
3702875 C1 beschrieben. In der WO 2004/052510 A3 wird der Betrieb eines Hochofens mit  
Heißwind und Rückführung von Gichtgas, sowie Entfernung von Kohlendioxid und Stickstoff  
30 beschrieben. Bei diesen Ausführungsformen bestehen jedoch wesentliche Nachteile in den  
beträchtlichen Investitions- und Betriebsaufwänden für die Entfernung von Kohlendioxid und  
des Stickstoffs aus dem Gichtgas, sowie in der notwendigen Aufheizung des  
Reduktionsgases, wobei sich wiederum Probleme mit Metal Disting Korrosion ergeben. Des  
Weiteren muss das Restgas aus der CO<sub>2</sub>-Entfernung aufgrund des geringen Heizwerts einer  
35 Verwertung bzw. Nachbehandlung zugeführt werden. Dabei wird weiters das Kohlendioxid  
im Hochofengichtgas ausgeschleust, was zu nachteiligen CO<sub>2</sub>-Emissionen führt weil es nicht  
wieder zu Reduktionsgas reformiert wird. Somit treten zusätzliche Verluste an Reduktanten  
im Restgas auf.

Dieselben Nachteile ergeben sich auch bei einem Verfahren gemäß der DE 10 2004 036 767 A1, die als nächstkommender Stand der Technik aufgefasst wird. In diesem Dokument wird ein Verfahren zur Roheisenerzeugung in einem mit Sauerstoff betriebenen Hochofen und rückgeführtem Gichtgas unter Zusatz von Kohlenwasserstoffen beschrieben, wobei aber  
5 wiederum die vorherige Entfernung von Kohlendioxid erforderlich ist.

Es ist daher das Ziel der Erfindung, mithilfe eines verbesserten Verfahrens zum Erschmelzen von Roheisen diese Nachteile zu vermeiden, und insbesondere ein Verfahren bereit zu  
10 stellen, bei dem keine aufwändige Entfernung von Kohlendioxid und/oder Stickstoff erforderlich ist. Dadurch soll anfallendes Restgas durch die CO<sub>2</sub>-Entfernung vermieden, und die Gesamtkosten der Anlage hinsichtlich Investitions- und Betriebsaufwand verringert werden.

15 Diese Ziele werden durch die Maßnahmen von Anspruch 1 verwirklicht. Anspruch 1 bezieht sich auf ein Verfahren zum Erschmelzen von Roheisen in einem mit Sauerstoff betriebenen Hochofen oder einer Schmelzreduktionsanlage, mit einem Reduktionsbereich, wobei das aus dem Reduktionsbereich abgeführte, gereinigte Rohgas unter Zusatz von Kohlenwasserstoffen in den Reduktionsbereich rückgeführt wird. Erfindungsgemäß  
20 vorgesehen, dass das aus dem Reduktionsbereich abgeführte, gereinigte Rohgas mit Kohlenwasserstoffen vermischt wird. Anschließend wird dieses Gasgemisch mit Reduktionsgas, das eine Temperatur über 1000°C aufweist und durch partielle Oxidation von Kohlenwasserstoffen mittels Sauerstoffgas, das einen Sauerstoffgehalt über 90 vol% aufweist, erzeugt wird, vermengt. Bei diesem Schritt wird die erforderliche Temperatur des  
25 Rezirkulationsgases für den nachfolgenden Auto-Reformierungsprozess erreicht. Die im gereinigten Rohgas enthaltenen Kohlenwasserstoffe werden in weiterer Folge mit den ebenfalls enthaltenen Gaskomponenten Kohlendioxid und Wasser reformiert, und anschließend in den Reduktionsbereich rückgeführt. Dabei wird durch den Reformierungsprozess das Rezirkulationsgas auf Temperaturen von etwa 800°C weiter  
30 abgekühlt.

Der Reduktionsbereich liegt im Falle eines Hochofens innerhalb des Hochofens, und im Falle einer Schmelzreduktionsanlage im Einschmelzvergaser sowie im separaten Reduktionsschacht.

35 Die Ansprüche 2 bis 7 sehen vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung dar. So kann etwa der Auto-Reformierungsprozess mithilfe eines in einem mit entsprechendem Katalysator gefüllten Reformers beschleunigt werden. Eine besonders günstige Rückführung

des Rezirkulationsgases in die Reaktionskammer eines Hochofens kann etwa über die Windformen, in der Ebene über den Windformen, oder in den Schacht des Hochofens erfolgen. Dabei kann bei Rückführung des Rezirkulationsgases über die Windformen auch eine Feinkohleindüsung vorgesehen sein. Des Weiteren kann es sich bei den dem  
5 gereinigten Rohgas zugeführten Kohlenwasserstoffen um Kohlenwasserstoffe der allgemeinen Formel  $C_nH_m$ , oder einem Gemisch dieser Kohlenwasserstoffe, handeln. Hinsichtlich des Rohgases kann eine Wärmerückgewinnung vorgesehen sein, oder eine Trockenentstaubung zur Reinigung des Rohgases.

10 Die Erfindung wird im Folgenden anhand verschiedener Ausführungsformen mithilfe der beiliegenden Figuren näher erläutert. Es zeigen dabei die

Fig. 1 ein Schaubild für die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum  
Erschmelzen von Roheisen in einem Hochofen, und

15

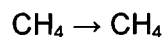
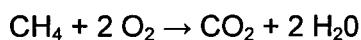
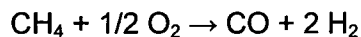
Fig. 2 ein Schaubild für die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum  
Erschmelzen von Roheisen in einer Schmelzreduktionsanlage.

Anhand der Fig. 1 wird eine erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens  
20 beschrieben. Die Fig. 1 zeigt einen Hochofen 1, in dem Eisen durch Reduktion von Eisenoxid gewonnen wird. Hierzu werden die Rohstoffe, insbesondere der das Eisenoxid enthaltende Möller, Zuschlagstoffe sowie Koks, über einen Schrägaufzug 2 oder Steilbandförderer 2 zum Gichtverschluss 3 des Hochofens 1 befördert, und in das Innere des Hochofens 1  
eingbracht. Der Hochofen 1 kann als metallurgischer Reaktor gesehen werden, in dem im  
25 Gegenstrom die Möllersäule etwa mit eingeblasenem Sauerstoff reagiert, der über die Windformen 4 eingebracht wird. Durch Vergasung des Kohlenstoffs aus dem Koks entstehen die für die Reaktion nötige Wärme und Kohlenmonoxid, das die Möllersäule durchströmt und das Eisenoxid reduziert. Auf dem Weg vom Gichtverschluss 3 bis zum Fuß des Hochofens 1 vollziehen sich dabei unterschiedliche physikalisch-chemische Prozesse, sodass in der  
30 Regel auch unterschiedliche Bereiche innerhalb des Hochofens 1 unterschieden werden, etwa Schmelzzone, Kohlzone, Reduktionszone, usw. Im Folgenden werden diese Bereiche zusammengefasst, und für dieses Ausführungsbeispiel allgemein als Reduktionsbereich bezeichnet. Am Fuß des Hochofens 1 können in weiterer Folge eine Roheisenfraktion 5 und eine Schlackenfraktion 6 gewonnen werden, die periodisch  
35 abgestochen werden.

Das im Reduktionsbereich gebildete Rohgas RG, das hier auch als Gichtgas bezeichnet wird, wird am oberen Schachtende des Hochofens 1 abgezogen, in einem Entstauber 7

trocken entstaubt, und in einem Gichtgaswäscher 8 gereinigt. Das gereinigte Rohgas wird in diesem Fall daher auch als gereinigtes Gichtgas GG bezeichnet. Gichtgas enthält neben Kohlenstoffmonoxid noch Anteile an Kohlendioxid, sowie Wasserstoff und Wasserdampf, sowie gegebenenfalls geringe Mengen an Stickstoff. Das gereinigte Gichtgas GG wird in der Regel teilweise in den Hochofen 1 rückgeführt und als Reduktionsmittel genutzt. Weitere Anteile des gereinigten Gichtgases GG können in einem Kraftwerk zur Stromerzeugung 9, der Beheizung von Glüh- und Wärmöfen, oder als Unterfeuerungs-Gas der Koksöfen verwendet werden.

10 In der Fig. 1 sind des Weiteren die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens notwendige Brennkammer 10 und der Reformer 11 ersichtlich. In der Brennkammer 10 werden Kohlenwasserstoffe, z.B. Erdgas, mit Sauerstoffgas, welches einen Sauerstoffanteil von über 90 vol% enthält, unterstöchiometrisch oxidiert. Ein Grossteil des CH<sub>4</sub> (und weiterer höherer Kohlenwasserstoffe) wird dabei partial oxidiert, nur ein kleiner Teil wird verbrannt, und ein sehr kleiner Anteil reagiert überhaupt nicht. Die chemischen Reaktionen können wie folgt zusammengefasst werden:

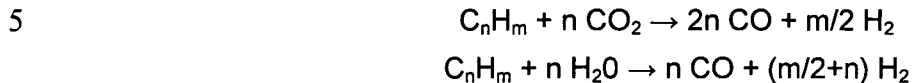


Nach der Brennkammer 10 entsteht somit ein Reduktionsgas REDG bestehend hauptsächlich aus H<sub>2</sub> und CO mit einer Temperatur von ca. 1500°C.

25 Das gereinigte Gichtgas GG wird zunächst in einem Verdichter 12 verdichtet, mit Kohlenwasserstoffen der allgemeinen Formel C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>, oder einem Gemisch davon, etwa Erdgas, vermischt, und anschließend mit dem Reduktionsgas REDG aus der Brennkammer 10 gleichmäßig vermischt. Das so gebildete Gas wird im Folgenden als Rezirkulationsgas REZG bezeichnet. Hierzu ist eine ausreichende Mischstrecke oder Mischkammer zur Einstellung einer gleichmäßigen Temperaturverteilung erforderlich. Durch diese Vermischung wird die anfängliche Temperatur des Reduktionsgases REDG gesenkt, und Temperaturen des Rezirkulationsgases REZG von etwa 1000°C erzielt. Die Temperatur des Rezirkulationsgases REZG soll jedenfalls über 800°C betragen, um Kohlenstoffabscheidung bei ungünstigen Boudouard-Gleichgewichten zu verhindern.

35 Dieses Rezirkulationsgas REZG wird anschließend durch einen Reformer 11 geführt, bei dem es sich um einen mit Katalysator gefüllten Behälter oder Rohre handelt, wobei die Reformierung der kohlenwasserstoffhaltigen Gase erfolgt, und die Qualität des Gases durch

Erhöhung des CO- und H<sub>2</sub>-Gehaltes relativ zum CO<sub>2</sub>- und H<sub>2</sub>O-Gehalt wesentlich verbessert wird. Die im Reformier 11 stattfindenden Reaktionen können wie folgt zusammengefasst werden:



10 Durch den Reformierungsprozess wird das Rezirkulationsgas REZG weiter auf Temperaturen von etwa 800°C abgekühlt. Das Rezirkulationsgas REZG wird anschließend entweder über die Windformen 4, in der Ebene über den Windformen 4, oder in den Schacht des Hochofens 1 eingebracht.

15 In der Fig. 2 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt, und zwar im Rahmen einer Schmelzreduktionsanlage. Anlagen dieser Art werden zum Herstellen von flüssigem Roheisen verwendet, etwa im Rahmen eines COREX®-Verfahrens. Hierbei wird im Gegensatz zum Hochofenprozess kein Hochofenkoks benötigt. Wenngleich das erfindungsgemäße Verfahren auch auf andere Herstellungsprozesse anwendbar ist, etwa das FINEX®-Verfahren, wird im Folgenden das erfindungsgemäße Verfahren anhand des in der Fig. 2 skizzierten COREX®-Verfahrens erläutert.

20 Das gezeigte Verfahren ist ein zweistufiges Schmelzreduktionsverfahren („Smelting-reduction“), bei dem in einem ersten Schritt die Erze des Roheisens zu Eisenschwamm reduziert werden, und in einem zweiten Schritt die Endreduktion, das Aufschmelzen und die Aufkohlung zu Roheisen erfolgt. Die für den Schmelzvorgang nötige Energie wird dabei 25 durch die Vergasung von Kohle bereitgestellt. Dabei entstehen große Mengen Kohlenmonoxid und Wasserstoff als Rohgas, das als Reduktionsgas genutzt werden kann.

30 Wie aus der Fig. 2 ersichtlich ist, werden zunächst Stückerze, Sinter, Pellets, oder deren Mischungen, in einen Reduktionsschacht 13 eingebracht, und im Gegenstrom mit dem reduzierenden Prozessgas GPG reduziert. Nach Durchlaufen des Reduktionsschachtes 13 wird das Endprodukt dieser ersten Stufe über Austragsschnecken 14 in den darunter angeordneten Einschmelzvergaser 15 gefördert. Das im Reduktionsschacht 13 entstehende Rohgas RG wird aus dem Reduktionsschacht 13 abgeführt, und in einem Wäscher 19 35 gereinigt. Ein Teilstrom des Reduktionsgases wird nach Reinigung und Kühlung als Kühlgas KG für das aus dem Einschmelzvergaser 15 abgezogene Prozessgas PG verwendet werden. Das als Regelgas anfallende Reduktionsgas wird nach Kühlung und Reinigung mit dem Rohgas RG vermischt.

Im Einschmelzvergaser 15 laufen neben der Restreduktion und dem Einschmelzen des Eisenschwammes die notwendigen metallurgischen Metall- und Schlackenreaktionen ab. Aus dem Einschmelzvergaser 15 können in weiterer Folge wie beim Hochofen eine Roheisenfraktion 5 und eine Schlackenfraktion 6 gewonnen werden, die periodisch abgestochen werden.

In den Einschmelzvergaser 15 wird Kohle eingebracht, die über eine Kohle-Förderschnecke 16 aus einem Kohle-Vorratsschacht 17 gefördert wird. Nach dem Entwässern und der Entgasung der Kohle bildet sich im Einschmelzvergaser 15 zunächst ein Festbett aus Schwelkoks, das in weiterer Folge mit Sauerstoff vergast wird. Das entstehende heiße Prozessgas PG weist Temperaturen von etwa 1.000°C auf, besteht vorwiegend aus CO und H<sub>2</sub>, weist somit reduzierende Wirkung auf, und ist mit Feinstaub beladen. Dieses Prozessgas PG wird durch Vermengung mit dem Kühlgas KG gekühlt, in einem Zyklon 18, etwa ein Heißzyklon, entstaubt, und schließlich dem Reduktionsschacht 13 als gereinigtes Prozessgas GPG zugeführt. Überschüssiges Gas wird in einem weiteren Wäscher 19 gereinigt. Ein Teilstrom des Reduktionsgases wird als Kühlgas KG verwendet. Die abgeschiedene Staubfraktion SF aus dem Zyklon 18 wird wieder in den Einschmelzvergaser 15 eingebracht, und stofflich genutzt bzw. mit Sauerstoff vergast.

In der Fig. 2 sind des Weiteren wieder die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens notwendige Brennkammer 10 und der Reformer 11 ersichtlich. In der Brennkammer 10 werden Kohlenwasserstoffe, z.B. Erdgas, mit Sauerstoffgas, welches einen Sauerstoffanteil von über 90 vol% enthält, unterstöchiometrisch oxidiert. Die chemischen Reaktionen laufen wiederum wie oben ausgeführt ab. Nach der Brennkammer 10 entsteht das Reduktionsgas REDG, bestehend hauptsächlich aus H<sub>2</sub> und CO mit einer Temperatur von ca. 1500°C.

Das gereinigte Rohgas, das in diesem Fall als Exportgas EG bezeichnet wird, wird zunächst in einem Verdichter 12 verdichtet, mit Kohlenwasserstoffen der allgemeinen Formel C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>, oder einem Gemisch davon, etwa Erdgas, vermischt, und anschließend mit dem Reduktionsgas REDG aus der Brennkammer 10 gleichmäßig vermischt. Das so gebildete Gas wird im Folgenden als Rezirkulationsgas REZG bezeichnet. Hierzu ist, wie ebenfalls bereits ausgeführt wurde, eine ausreichende Mischstrecke oder Mischkammer zur Einstellung einer gleichmäßigen Temperaturverteilung erforderlich. Durch diese Vermischung wird die anfängliche Temperatur des Reduktionsgases REDG gesenkt, und Temperaturen des Rezirkulationsgases REZG von etwa 1000°C erzielt. Die Temperatur des Rezirkulationsgases REZG soll jedenfalls über 800°C betragen, um Kohlenstoffabscheidung bei ungünstigen Boudouard-Gleichgewichten zu verhindern.

Dieses Rezirkulationsgas REZG wird anschließend durch einen Reformier 11 geführt, bei dem es sich um einen mit Katalysator gefüllten Behälter oder Rohre handelt, wobei die Reformierung der kohlenwasserstoffhaltigen Gase erfolgt, und die Qualität des Gases durch Erhöhung des CO- und H<sub>2</sub>-Gehaltes relativ zum CO<sub>2</sub>- und H<sub>2</sub>O-Gehalt wesentlich verbessert wird. Die im Reformier 11 stattfindenden Reaktionen laufen wiederum wie im oben beschriebenen Ausführungsbeispiel ab.

Durch den Reformierungsprozess wird das Rezirkulationsgas REZG weiter auf Temperaturen von etwa 800°C abgekühlt. Das Rezirkulationsgas REZG wird anschließend dem grob gereinigten Prozessgas GPG und dem Reduktionsschacht 13 zugeführt, bzw. über Sauerstoffdüsen in den Einschmelzvergaser 15 eingebracht.

Durch diese Rückführung und Reformierung mit höheren Kohlenwasserstoffen ergeben sich mehrere Vorteile gegenüber dem Stand der Technik. Da keine aufwändige CO<sub>2</sub>- und/oder N<sub>2</sub>-Entfernung erforderlich ist, können Investitionskosten gegenüber anderen Verfahren eingespart, und anfallendes Restgas durch die CO<sub>2</sub>-Entfernung, das ansonsten einer Verwertung oder Nachbehandlung zugeführt werden müsste, vermieden werden. Allgemein ergeben sich geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen, da das CO<sub>2</sub> aus dem Gichtgas mit höheren Kohlenwasserstoffen (z.B. CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>, etc.) reformiert und wieder zur Reduktion verwendet wird. Des Weiteren kann der Wirkungsgrad bei der Erzeugung der erforderlichen Wärme für die Reformierung und der Eindüsung in den Hochofen erhöht werden, da keine Brenngase für die Unterfeuerung des Reformiers 11 notwendig sind.

Des Weiteren kann Metal Disting Korrosion durch CO-hältiges Reduktionsgas während Aufheizung, Reformierung und Transport reduziert werden, da die Brennkammer 10 und die entsprechenden Rohrleitungen zum Hochofen ausgemauert sind, und die Entfernungen sehr kurz gehalten werden können.

Ein weiterer Vorteil besteht in der Kühlung der Raceway durch gezielte Absenkung der Flammentemperatur aufgrund der endothermen Reaktion des Kokes mit den in sehr geringen Mengen noch vorhandenen Anteilen an H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub>:

- a.  $C + H_2O \rightarrow CO + H_2 \quad \Delta H_{298} = +132 \text{ kJ/mol}$
- b.  $C + CO_2 \rightarrow 2 CO \quad \Delta H_{298} = +173 \text{ kJ/mol}$
- c.  $CH_4 \rightarrow 2 H_2 + C \quad \Delta H_{298} = +74 \text{ kJ/mol}$

Da durch die geringen Konzentrationen jedoch keine zu starke Abkühlung entsteht, kann eine wesentlich größere Menge als bei einer reinen Erdgas- oder Öleindüsung in den Hochofen 1 eingebracht werden. Des Weiteren bietet sich die Möglichkeit der Einsparung von Kohle und Kohlebriketts als Reduktionsmittel durch Rückführung von Reduktanten (CO, H<sub>2</sub>) aus dem Rezirkulationsgas REZG und Reformierung mit kohlenstoffhaltigen Gasen. Somit ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren eine deutliche Senkung der Betriebskosten der Gesamtanlage.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Erschmelzen von Roheisen in einem mit Sauerstoff betriebenen Hochofen (1) oder einer Schmelzreduktionsanlage, mit einem Reduktionsbereich, wobei das aus dem Reduktionsbereich abgeführte, gereinigte Rohgas (GG, EG) unter Zusatz von Kohlenwasserstoffen in den Reduktionsbereich rückgeführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass das gereinigte Rohgas (GG, EG) mit Kohlenwasserstoffen vermischt und mit Reduktionsgas (REDG), das eine Temperatur über 1000°C aufweist und durch partielle Oxidation von Kohlenwasserstoffen mittels Sauerstoffgas, das einen Sauerstoffgehalt über 90 vol% aufweist, erzeugt wird, zur Bildung eines Rezirkulationsgases (REZG) mit einer Temperatur über 800°C vermengt wird, und das Rezirkulationsgas (REZG) nach einem Auto-Reformierungsprozess in den Reduktionsbereich rückgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Auto-Reformierungsprozess in einem mit entsprechendem Katalysator gefüllten Reformier (11) erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Rezirkulationsgas (REZG) zur Rückführung in den Reduktionsbereich eines Hochofens (1) über die Windformen (4), in der Ebene über den Windformen (4), oder in den Schacht des Hochofens (1) eingebracht wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rückführung des Rezirkulationsgases (REZG) über die Windformen (4) mit Feinkohleeindüsung erfolgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei den dem gereinigten Rohgas (GG, EG) zugeführten Kohlenwasserstoffen um Kohlenwasserstoffe der allgemeinen Formel  $C_nH_m$ , oder einem Gemisch dieser Kohlenwasserstoffe, handelt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Wärmerückgewinnung aus dem Rohgas (RG) erfolgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Reinigung des Rohgases (RG) eine Trockenentstaubung des Rohgases (RG) erfolgt.

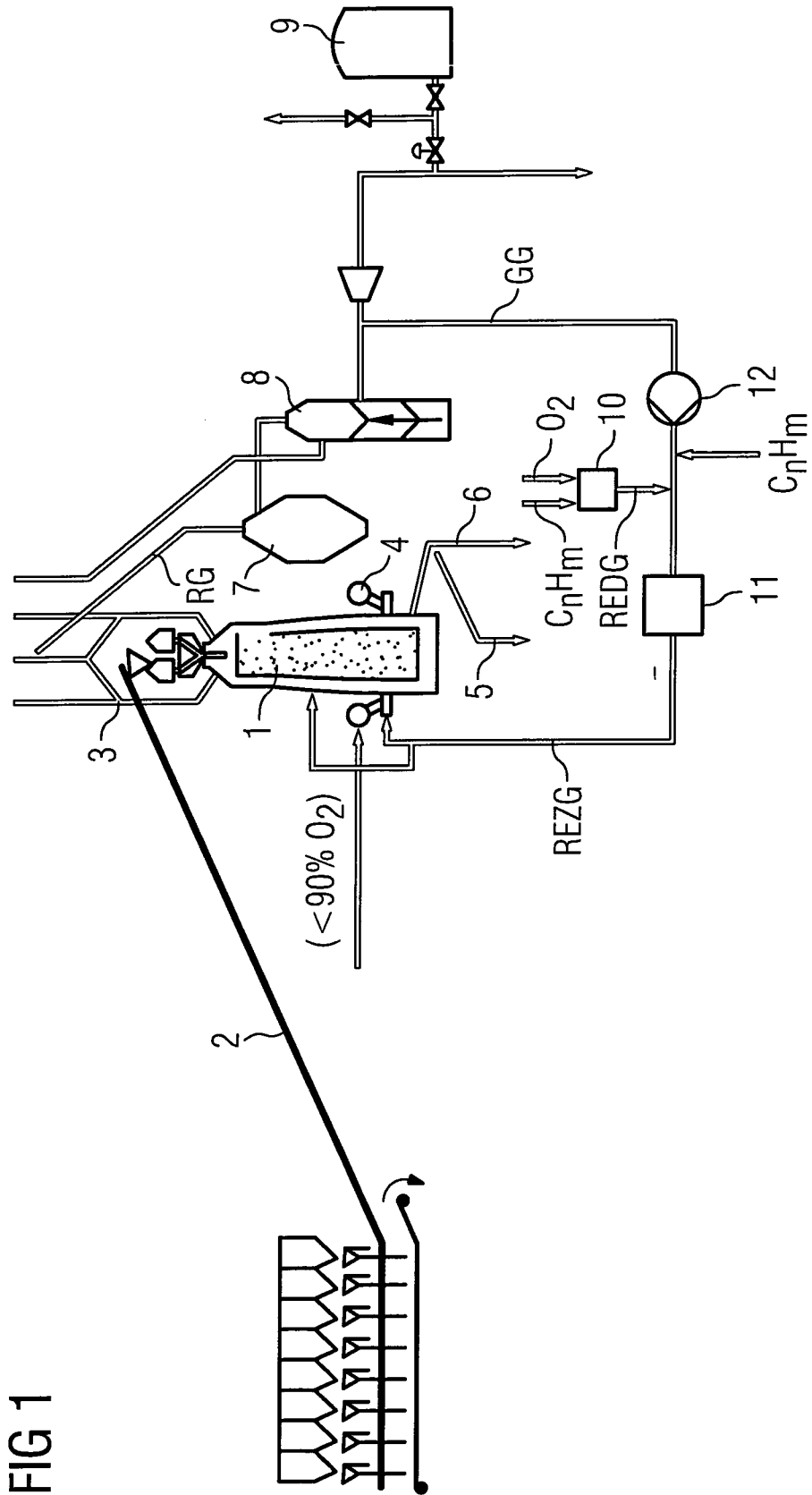


FIG 1



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2009/000556

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 INV. C21B5/00 C21B5/06 C21B13/00 C21B13/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**  
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 C21B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)  
 EPO-Internal, WPI Data, COMPENDEX, INSPEC

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 909 446 A (MIYASHITA ISUNEO ET AL) 30 September 1975 (1975-09-30) column 8, line 67 - column 11, line 7; figure 2	1-7
A	DE 10 2004 036767 A1 (SCHEIDIG KLAUS [DE]; SCHINGNITZ MANFRED [DE] SCHEIDIG KLAUS [DE]; SCHI) 3 March 2005 (2005-03-03) cited in the application paragraphs [0008] - [0012]	1-7
A	DE 40 41 689 A1 (ORINOCO SIDERURGICA [VE]) 24 October 1991 (1991-10-24) column 3, line 40 - column 4, line 68; figure 1	1-7
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

- \* Special categories of cited documents :
- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
  - \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
  - \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
  - \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
  - \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
  - \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
  - \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
  - \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
  - \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  19 Mai 2009	Date of mailing of the international search report  28/05/2009
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Juhart, Matjaz
--	--

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2009/000556

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 19 39 354 A1 (BRITISH IRON STEEL RESEARCH) 11 February 1971 (1971-02-11) cited in the application page 11, paragraph 3 - page 13, paragraph 1; figure 1; example 1 -----	1-7

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2009/000556

Patent document cited in search report	Publication date	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3909446	A	30-09-1975	DE 2316002 A1	18-10-1973
			FR 2178959 A1	16-11-1973
			IT 981806 B	10-10-1974
<hr/>				
DE 102004036767 A1	A1	03-03-2005	NONE	
<hr/>				
DE 4041689	A1	24-10-1991	BR 9101501 A	03-12-1991
			CA 2039940 A1	21-10-1991
			GB 2243840 A	13-11-1991
<hr/>				
DE 1939354	A1	11-02-1971	NONE	
<hr/>				

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/000556

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. C21B5/00 : C21B5/06 : C21B13/00 C21B13/14		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) C21B		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data, COMPENDEX, INSPEC		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 3 909 446 A (MIYASHITA ISUNEO ET AL) 30. September 1975 (1975-09-30) Spalte 8, Zeile 67 - Spalte 11, Zeile 7; Abbildung 2	1-7
A	DE 10 2004 036767 A1 (SCHEIDIG KLAUS [DE]; SCHINGNITZ MANFRED [DE] SCHEIDIG KLAUS [DE]; SCHI) 3. März 2005 (2005-03-03) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0008] - [0012]	1-7
A	DE 40 41 689 A1 (ORINOCO SIDERURGICA [VE]) 24. Oktober 1991 (1991-10-24) Spalte 3, Zeile 40 - Spalte 4, Zeile 68; Abbildung 1	1-7
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :		
*A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		*T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 19. Mai 2009		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 28/05/2009
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Juhart, Matjaz

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/000556

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>DE 19 39 354 A1 (BRITISH IRON STEEL RESEARCH) 11. Februar 1971 (1971-02-11)                      in der Anmeldung erwähnt                      Seite 11, Absatz 3 - Seite 13, Absatz 1;                      Abbildung 1; Beispiel 1                      -----</p>	1-7

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/000556

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3909446 A	30-09-1975	DE 2316002 A1	18-10-1973
		FR 2178959 A1	16-11-1973
		IT 981806 B	10-10-1974
DE 102004036767 A1	03-03-2005	KEINE	
DE 4041689 A1	24-10-1991	BR 9101501 A	03-12-1991
		CA 2039940 A1	21-10-1991
		GB 2243840 A	13-11-1991
DE 1939354 A1	11-02-1971	KEINE	