



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 25 728 T2** 2006.07.20

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 230 403 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 25 728.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/AU00/00938**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 949 007.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2001/011091**

(86) PCT-Anmeldetag: **07.08.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **15.02.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **14.08.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **25.01.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **20.07.2006**

(51) Int Cl.⁸: **B21B 11/00** (2006.01)

B21B 13/00 (2006.01)

C21B 11/00 (2006.01)

C21B 13/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

PP205799 05.08.1999 AU

(73) Patentinhaber:

**Technological Resources Pty. Ltd., Melbourne,
Victoria, AU**

(74) Vertreter:

Kador & Partner, 80469 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

DRY, James, Rodney, City Beach, W.A. 6015, AU

(54) Bezeichnung: **DIREKT-SCHMELZOFEN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von geschmolzenem Eisen aus einem metallhaltigen Beschickungsmaterial, wie Erzen, teilweise reduzierten Erzen und metallhaltigen Abfallströmen, in einem auf einem Schmelzbad basierenden Direktschmelzverfahren für die Herstellung von geschmolzenem Eisen aus einem metallhaltigen Beschickungsmaterial.

[0002] Der Begriff "Direktschmelzverfahren" steht für ein Verfahren, das aus einem metallhaltigen Beschickungsmaterial ein geschmolzenes Material, in diesem Fall Eisen, erzeugt.

[0003] Ein bekanntes, auf einem Schmelzbad basierendes Direktschmelzverfahren für die Herstellung von geschmolzenem Eisenmetall ist der DIOS-Prozeß. Der DIOS-Prozeß schließt eine Vorreduktionsstufe und eine Schmelzreduktionsstufe ein. Beim DIOS-Prozeß wird Erz (-8 mm) vorgewärmt (750°C) und in aufwallenden Wirbelbetten vorreduziert (10 bis 30%), wobei Abgas aus einem Schmelzreduktionsgefäß verwendet wird, das ein Schmelzbad aus Metall und Schlacke enthält, wobei die Schlacke eine tiefe Schicht auf dem Metall bildet. Die feinen (-0,3 mm) und groben (-8 mm) Komponenten des Erzes werden in der Vorreduktionsstufe des Verfahrens abgetrennt, und die Komponenten mit -0,3 mm werden in einem Zyklon aufgefangen und mit Stickstoff in den Schmelzreduktionsofen eingeblasen, wohingegen das grobe Erz aufgrund der Schwerkraft zugeführt wird. Vorreduzierte Kohle wird von der Oberseite des Gefäßes direkt in den Schmelzreduktionsofen eingefüllt. Die Kohle zersetzt sich in der Schlackeschicht in Halbkoks und flüchtiges Material, und das Erz wird in der geschmolzenen Schlacke gelöst und bildet FeO. Dieses FeO wird an den Grenzflächen von Schlacke/Metall und Schlacke/Halbkoks reduziert, wodurch Eisen erzeugt wird. Das an der Grenzfläche von Metall/Schlacke und Schlacke/Halbkoks erzeugte Kohlenmonoxid bildet eine schäumende Schlacke. Sauerstoff wird durch eine speziell gestaltete Lanze eingeblasen, die den Sauerstoff im Inneren der aufgeschäumten Schlacke einführt und die sekundäre Verbrennung verbessert. Die Sauerstoffstrahlen verbrennen Kohlenmonoxid, das mit den Schmelzreduktionsreaktionen erzeugt wird, wodurch Wärme erzeugt wird, die zuerst auf die geschmolzene Schlacke und dann durch die starke Rührwirkung des von unten eingeblasenen Gases auf die Grenzfläche von Schlacke/Metall übertragen wird. Das vom Boden oder Seite des Schmelzreduktionsgefäßes in das heiße Metallbad eingeführte bewegende Gas verbessert die Wärmeübertragungsleistung und vergrößert die Grenzfläche von Schlacke/Metall für die Reduktion und somit die Produktivität des Gefäßes und den Wärmewirkungsgrad. Die Einblasraten müssen jedoch begrenzt sein, da eine starke Bewegung die se-

kundäre Verbrennung aufgrund einer höheren Wechselwirkung zwischen dem Sauerstoffstrahl und den Metalltropfen in der Schlacke verringert – mit einer anschließenden Verringerung der Produktivität und einem verstärkten Verschleiß des feuerfesten Materials. Schlacke und Metall werden periodisch abgestochen.

[0004] Ein anderes bekanntes Direktschmelzverfahren zur Herstellung von geschmolzenem eisenhaltigen Metall ist der Romelt-Prozeß. Der Romelt-Prozeß basiert auf der Verwendung eines stark bewegten Schlackebades mit einem großen Volumen als Medium zum Schmelzen von metallhaltigem Beschickungsmaterial zu Metall in einem Schmelzreduktionsgefäß und für die Nachverbrennung der gasförmigen Reaktionsprodukte und die Übertragung der Wärme, sowie es erforderlich ist, damit das Schmelzen des metallhaltigen Beschickungsmaterials weitergeht. Das metallhaltige Beschickungsmaterial, Kohle und Flußmittel werden durch eine Öffnung im Gewölbe des Gefäßes aufgrund der Schwerkraft in das Schlackebad eingeführt. Der Romelt-Prozeß schließt das Einblasen eines primären Gebläsewindes aus mit Sauerstoff angereicherter Luft durch eine untere Reihe von Düsen in die Schlacke, wodurch es zur erforderlichen Bewegung der Schlacke kommt, und das Einblasen von mit Sauerstoff angereicherter Luft oder Sauerstoff durch eine obere Reihe von Düsen in die Schlacke, um die Nachverbrennung zu fördern. Das in der Schlacke erzeugte geschmolzene Metall bewegt sich nach unten und bildet eine Metallschicht und wird durch einen Vorherd abgegeben. Beim Romelt-Prozeß stellt die Metallschicht kein wichtiges Reaktionsmedium dar.

[0005] Ein anderes bekanntes Direktschmelzverfahren zur Herstellung von geschmolzenem eisenhaltigen Metall ist der AISI-Prozeß. Der AISI-Prozeß schließt eine Vorreduktionsstufe und eine Schmelzreduktionsstufe ein. Beim AISI-Prozeß werden vorgewärmte und teilweise vorreduzierte Eisenerzpellets, Kohlen- oder Koksgrus und Flußmittel von oben in einen unter Druck stehenden Schmelzreaktor gefüllt, der ein Schmelzbad aus Metall und Schlacke enthält. Die Kohle wird in der Schlackeschicht von den flüchtigen Bestandteilen befreit, und die Eisenerzpellets lösen sich in der Schlacke und werden dann durch die Kohle (Halbkoks) in der Schlacke reduziert. Die Verfahrensbedingungen führen zum Aufschäumen der Schlacke. Kohlenmonoxid und Wasserstoff, die in diesem Verfahren erzeugt werden, werden in oder direkt über der Schlackeschicht nachverbrannt, wodurch die Energie bereitgestellt wird, die für die endothermen Reduktionsreaktionen erforderlich sind. Sauerstoff wird von oben durch eine mittige, wassergekühlte Lanze eingeblasen, und Stickstoff wird durch Düsen am Boden des Reaktors eingeblasen, um eine ausreichende Bewegung zu sichern, so daß die Wärmeübertragung der Nachver-

brennungsenergie auf das Bad erleichtert wird. Das Abgas des Verfahrens wird in einem Heißzyklon vom Staub befreit, bevor es einem Ofen vom Schachttyp zum Vorwärmen und Vorreduzieren der Pellets zu FeO oder Wüstit zugeführt wird.

[0006] Ein anderes bekanntes Direktschmelzverfahren, das im Gegensatz zu den vorstehend beschriebenen Verfahren auf einer Schicht aus geschmolzenem Metall als Reaktionsmedium basiert, wird allgemein als Hismelt-Prozess bezeichnet und schließt die folgenden Schritte ein:

- (a) Erzeugen eines Schmelzbades mit einer Metallschicht und einer Schlackeschicht auf der Metallschicht in einem Direktschmelzgefäß;
- (b) Einblasen von metallhaltigem Beschickungsmaterial und Kohle durch eine Vielzahl von Lanzen/Düsen in die Metallschicht;
- (c) Schmelzen des metallhaltigen Materials in der Metallschicht zu Metall;
- (d) Bewirken, daß geschmolzenes Material als Spritzer, Tropfen und Ströme über die ruhige Oberfläche des Schmelzbades geschleudert wird, wodurch eine Übergangszone gebildet wird; und
- (e) Einblasen eines sauerstoffhaltigen Gases durch eine oder mehr als eine Lanze/Düse in das Gefäß, um die aus dem Schmelzbad freigesetzten Reaktionsgase nachzuverbrennen, wobei die aufsteigenden und danach absinkenden Spritzer, Tropfen und Ströme des geschmolzenen Materials in der Übergangszone die Wärmeübertragung auf das Schmelzbad erleichtern und wobei die Übergangszone den Wärmeverlust aus dem Gefäß über die Seitenwände minimiert, die mit der Übergangszone in Kontakt stehen.

[0007] Eine bevorzugte Form dieses Hismelt-Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, daß die Übergangszone gebildet wird, indem Trägergas, metallhaltiges Beschickungsmaterial, Kohle und Flußmittel durch Lanzen in das Bad geblasen werden, die sich durch die Seitenwände des Gefäßes nach unten und einwärts erstrecken, so daß das Trägergas und das feste Material in die Metallschicht eindringen und dazu führen, daß geschmolzenes Material aus dem Bad geschleudert wird.

[0008] Diese Form des Hismelt-Prozesses stellt eine Verbesserung gegenüber früheren Formen des Verfahrens dar, die die Übergangszone durch Einblasen von Trägergas und Kohle durch Düsen von unten in das Bad erzeugen, was dazu führt, daß Tropfen und Spritzer und Ströme des geschmolzenen Materials aus dem Bad herausgeschleudert werden.

[0009] Die Romelt-, DIOS-, AISI- und Hismelt-Direktschmelzverfahren können Kohle als Energiequelle und Reduktionsmittel verwenden. Das stellt einen Vorteil der Direktschmelzverfahren gegenüber der Schachtofentechnologie dar, die Koks als Quelle für

die Energie/das Reduktionsmittel erfordert.

[0010] Die Romelt-, DIOS-, AISI- und Hismelt-Direktschmelzverfahren können mit einem weiten Bereich von metallhaltigen Beschickungsmaterialien arbeiten.

[0011] Eisenerz stellt die hauptsächliche Quelle der metallhaltigen Beschickungsmaterialien für die Herstellung von geschmolzenem Eisen durch die Romelt-, DIOS-, AISI- und Hismelt-Prozesse dar.

[0012] Eine Verfahrensoption für die Direktschmelzverfahren besteht darin, Eisenerz den Direktschmelzgefäßen direkt zuzuführen.

[0013] Eine andere Verfahrensoption besteht darin, Eisenerz in Vorreduktionsgefäßen im festen Zustand vorzuwärmen und teilweise zu reduzieren (die ein Schachtofen oder ein Wirbelbett- oder irgendein anderes geeignetes Gefäß sein können), das vorgewärmte/teilweise reduzierte Eisenerz den Direktschmelzgefäßen zuzuführen, die ein Schmelzbad aus Eisen und Schlacke enthalten, und das vorgewärmte/teilweise reduzierte Eisenerz in den Direktschmelzgefäßen zu einer Eisenschmelze zu schmelzen. Diese Verfahrensoption kann auch die Verwendung von Abgas aus den Direktschmelzgefäßen einschließen, um Eisenerz in den Vorreduktionsgefäßen vorzuwärmen/vorzureduzieren. Ein Vorteil dieser Verfahrensoption besteht darin, daß sie die Möglichkeit bietet, den gesamten Energieverbrauch zu minimieren. Ein Nachteil dieser Verfahrensoption besteht darin, daß unerwünschte Verunreinigungen, typischerweise von Kohle stammende Verunreinigungen, wie Schwefel und Alkalisalze, die in den Direktschmelzgefäßen abdampfen und als Teil des Abgases abgegeben werden, mit dem vorgewärmten/teilweise reduzierten Eisenerz zu den Direktschmelzgefäßen zurückkehren und sich in den Gefäßen sammeln. Insbesondere reagiert Schwefel in den Vorreduktionsgefäßen mit FeO und bildet FeS, und Alkalisalze kondensieren in den Vorreduktionsgefäßen, und das FeS und die kondensierten Alkalisalze werden mit dem vorgewärmten/teilweise reduzierten Eisenerz in die Direktschmelzgefäße befördert. Die Rückkehr von FeS in ein Direktschmelzgefäß zerstört die Reaktionsplätze des Schmelzprozesses und kann die Produktion signifikant beeinflussen. Eine Lösung dieses Problems besteht darin, die Temperatur des Mediums für das Schmelzen zu erhöhen. Das führt jedoch zu einem verstärkten Verschleiß des feuerfesten Materials und, wenn es zu weit betrieben wird, zur Verteilung des Phosphors im Metall statt in der Schlacke, und dies stellt einen wesentlichen Nachteil dar.

[0014] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, die Nachteile des bekannten zweistufigen Direktschmelzverfahrens zu verringern, die im

vorhergehenden Absatz beschrieben sind, und insbesondere dann, wenn das Schmelzmedium Metall ist.

[0015] Allgemein ausgedrückt gibt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Direktschmelzen eines metallhaltigen Beschickungsmaterials an, das die folgenden Schritte einschließt:

- (a) teilweises Reduzieren von Eisenoxiden im festen Zustand in einem Vorreduktionsgefäß und Erzeugen von teilweise reduzierten Eisenoxiden;
- (b) Direktschmelzen der im Schritt (a) erzeugten teilweise reduzierten Eisenoxide zu geschmolzenem Eisen in einem Direktschmelzgefäß, das ein Schmelzbad von Eisen und Schlacke enthält und dem ein festes kohlehaltiges Material als eine Reduktionsmittel- und Energiequelle zugeführt wird, und mit einem sauerstoffhaltigen Gas für die Nachverbrennung von Kohlenmonoxid und Wasserstoff, die im Gefäß erzeugt worden sind;
- (c) Erzeugen eines Abgases, das Schwefel enthält, im Direktschmelzschritt (b) und Freisetzen des Abgases aus dem Direktschmelzgefäß; und
- (d) Verwendung von nur einem Teil des aus dem Direktschmelzgefäß freigesetzten Abgases im Vorreduktionsschritt (a), um Eisenoxide im Vorreduktionsgefäß vorzureduzieren, wodurch die Schwefelmenge gesteuert wird, die aus dem Vorreduktionsgefäß zum Direktschmelzgefäß zurückgeleitet wird.

[0016] Der Effekt vom Schritt (d), nur einen Teil statt des gesamten Abgases aus dem Direktschmelzgefäß im Vorreduktionsschritt (a) zu verwenden, besteht darin, die Ausbildungsrate unerwünschter Verunreinigungen, typischerweise von Kohle stammende Verunreinigungen, im Direktschmelzgefäß zumindest zu minimieren. Wie vorstehend angegeben, besteht ein Nachteil des bekannten zweistufigen Direktschmelzverfahrens darin, daß eine Anzahl von unerwünschten Verunreinigungen, typischerweise von Kohle stammende Verunreinigungen, wie Schwefel und Alkalisalze, die in Direktschmelzgefäßen abdampfen, in Vorreduktionsgefäßen gewonnen und danach wieder den Direktschmelzgefäßen zugeführt werden.

[0017] Der Schritt (d) schließt vorzugsweise eine Regelung der Abgasmenge ein, die aus dem Direktschmelzgefäß freigesetzt und im Vorreduktionsschritt (a) verwendet wird, so daß die Schwefelmenge in der Eisenschmelze, die im Direktschmelzschritt (b) erzeugt wird, weniger als 0,2 Gew.-% des Gesamtgewichts der Eisenschmelze beträgt.

[0018] Das Verfahren schließt vorzugsweise die Behandlung des restlichen Abgases ein, das aus dem Direktschmelzgefäß abgegeben wird, zum Erwärmen und/oder für die Stromerzeugung ein, ohne daß der größte Teil des Schwefels in diesem Teil des Abgases

wieder zum Direktschmelzgefäß zurückgeleitet wird.

[0019] Der Schritt (b) schließt vorzugsweise die Nachverbrennung von Kohlenmonoxid und Wasserstoff im Gefäß bis zu einem Wert von mindestens 40% ein, die wie folgt berechnet wird:

$$[\text{CO}_2] + [\text{H}_2\text{O}]$$

$$[\text{CO}_2] + [\text{H}_2\text{O}] + [\text{CO}] + [\text{H}_2]$$

worin: $[\text{CO}_2]$ = Vol.-% CO_2 im Abgas
 $[\text{H}_2\text{O}]$ = Vol.-% H_2O im Abgas
 $[\text{CO}]$ = Vol.-% CO im Abgas
 $[\text{H}_2]$ = Vol.-% H_2 im Abgas.

[0020] Das Schmelzbad hat vorzugsweise eine Temperatur von 1580°C oder weniger.

[0021] Der Direktschmelzschritt (b) schließt vorzugsweise das Einblasen von vorgewärmter Luft oder mit Sauerstoff angereicherter Luft als das sauerstoffhaltige Gas in das Direktschmelzgefäß ein.

[0022] Stärker bevorzugt schließt das Verfahren die Verwendung eines ersten Stroms des Abgases aus dem Direktschmelzgefäß im Vorreduktionsschritt (a) und die Verwendung eines zweiten Stroms des Abgases als Energiequelle zum Erwärmen von Luft oder mit Sauerstoff angereicherter Luft ein, bevor diese Luft oder mit Sauerstoff angereicherte Luft dem Direktschmelzgefäß zugeführt wird.

[0023] Der zweite Strom schließt vorzugsweise zumindest 20 Vol.-% des Abgases ein, das aus dem Direktschmelzgefäß freigesetzt worden ist.

[0024] Stärker bevorzugt schließt der zweite Strom mindestens 30 Vol.-% des Abgases ein, das aus dem Direktschmelzgefäß freigesetzt worden ist.

[0025] Es ist besonders bevorzugt, daß der zweite Strom mindestens 40 Vol.-% des Abgases einschließt, das aus dem Direktschmelzgefäß freigesetzt worden ist.

[0026] Das Verfahren schließt vorzugsweise das Entfernen von mitgerissenem Schwefel und mitgerissenen Alkalisalzen aus dem zweiten Strom ein, bevor der zweite Strom als Energiequelle zum Erwärmen von Luft oder mit Sauerstoff angereicherter Luft verwendet wird.

[0027] Die mit Sauerstoff angereicherte Luft enthält vorzugsweise weniger als 50 Vol.-% Sauerstoff.

[0028] Der Vorreduktionsschritt (a) wärmt das Eisenerz vorzugsweise bis zu einer Temperatur im Bereich von 600 bis 1000°C vor.

[0029] Das Abgas aus dem Vorreduktionsschritt (a) wird vorzugsweise als Heizgas zum Erwärmen oder für die Stromerzeugung verwendet.

[0030] Der Schmelzschrift (b) kann irgendein geeignetes Direktschmelzverfahren einschließen und entweder das Metall oder die Schlacke als Schmelzmedium verwenden.

[0031] Der Schmelzschrift (b) schließt vorzugsweise die Verwendung von Metall als Schmelzmedium und stärker bevorzugt als grundsätzliches Schmelzmedium ein.

[0032] Der Schmelzschrift (b) schließt vorzugsweise das Direktschmelzen von teilweise reduzierten Eisenoxiden gemäß dem Hismelt-Prozeß ein, der die folgenden Schritt aufweist:

- (i) Erzeugen des Schmelzbades mit einer Schicht aus geschmolzenem Eisen und einer Schicht aus geschmolzener Schlacke auf der Eisenschicht im Direktschmelzgefäß;
- (ii) Einblasen der teilweise reduzierten Eisenoxide und von Kohle in die Eisenschicht über eine Vielzahl von Lanzen/Düsen;
- (iii) Schmelzen der teilweise reduzierten Eisenoxide zu geschmolzenem Eisen in der Eisenschicht;
- (iv) Bewirken, daß geschmolzenes Material als Spritzer, Tropfen und Ströme in den Raum oberhalb der nominell ruhigen Oberfläche des Schmelzbades herausgeschleudert wird und eine Übergangszone bildet; und
- (v) Einblasen des sauerstoffhaltigen Gases in das Direktschmelzgefäß über eine oder mehr als eine Lanze/Düse und Nachverbrennen von Kohlenmonoxid und Wasserstoff, die aus dem Schmelzbad freigesetzt wurden, wobei die aufsteigenden und danach absinkenden Spritzer, Tropfen und Ströme des geschmolzenen Materials in der Übergangszone die Wärmeübertragung auf das Schmelzbad erleichtern und wobei die Übergangszone den Wärmeverlust aus dem Gefäß über die Seitenwand des Gefäßes minimiert, die mit der Übergangszone in Kontakt steht.

[0033] Der Begriff "ruhige Oberfläche" steht im Zusammenhang mit dem Schmelzbad hier für die Oberfläche des Schmelzbades bei Verfahrensbedingungen, bei denen kein Gas/keine Feststoffe eingeblasen werden und das Bad folglich nicht bewegt wird.

[0034] Die vorliegende Erfindung wird anhand eines Beispiels und unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen weiter beschrieben, welche zeigen:

[0035] **Fig. 1** ein Fließschema in einer weitestgehenden schematischen Form einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

[0036] **Fig. 2** eine senkrechte Schnittansicht durch eine bevorzugte Form eines Direktschmelzgefäßes für die Verwendung bei dem in **Fig. 1** gezeigten Verfahren.

[0037] Siehe **Fig. 1**; Eisenerz, typischerweise in Form von Feinstoffen, wird in einem Vorreduktionsgefäß **103** erwärmt und teilweise reduziert und dann mit einer Temperatur im Bereich von 600 bis 1000°C zu einem Direktschmelzgefäß **105** befördert und in einem Schmelzbad in diesem Gefäß zu geschmolzenem Eisen geschmolzen.

[0038] Kohle, Flußmittel und mit Sauerstoff angereicherte Luft werden dem Direktschmelzgefäß **105** zugeführt. Die Kohle wird als Energiequelle und Reduktionsmittel bereitgestellt; die mit Sauerstoff angereicherte Luft wird für die Nachverbrennung der brennbaren Reaktionsprodukte bereitgestellt, die in diesem Verfahren erzeugt werden; und das Flußmittel wird bereitgestellt, um Schlacke zu bilden.

[0039] Das Vorreduktionsgefäß **103** kann irgendein geeigneter Typ und irgendeine geeignete Konfiguration für das Beschickungsmaterial aus Eisenerz sein. Wenn die Eisenerzbeschickung z.B. Stückerz ist, ist das Vorreduktionsgefäß typischerweise ein Schacht-ofen. Wenn die Eisenerzbeschickung Feinstoffe ist, ist das Vorreduktionsgefäß zudem typischerweise ein auf einem Wirbelbett basierender Ofen.

[0040] Das Beschickungsmaterial ist in Form von Eisenerz wird im Vorreduktionsgefäß **103** durch das Abgas erwärmt und teilweise reduziert, das aus dem Direktschmelzgefäß **105** abgegeben wird. Das Abgas strömt aus dem Vorreduktionsgefäß **103** und kann als energiearmes Heizgas zum Erwärmen oder zur Stromerzeugung verwendet werden (nicht gezeigt).

[0041] Das Abgas kann aus dem Direktschmelzgefäß **105** direkt dem Vorreduktionsgefäß **103** zugeführt werden. In diesem Fall ist das Ausmaß der Erwärmung und der Reduktion im Vorreduktionsgefäß **103** eine Funktion der Temperatur und der Zusammensetzung des Abgases, die wiederum eine Funktion des Direktschmelzverfahrens ist, das im Direktschmelzgefäß **105** durchgeführt wird.

[0042] Das Abgas kann auch mit einem Gasreformer (nicht gezeigt) oder einer anderen Einrichtung, die das Abgas vorkonditioniert (precondition), stromaufwärts des Vorreduktionsgefäßes **103** aus dem Direktschmelzgefäß **105** zum Vorreduktionsgefäß **103** befördert werden.

[0043] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird das Abgas aus dem Direktschmelzgefäß **105** in zwei (oder mehr) Ströme aufgeteilt, wobei ein Strom direkt oder indirekt dem Vorreduktionsgefäß **103** zugeführt

wird, wie es in den vorstehenden Absätzen beschrieben ist, und der andere Strom auf der Verbrennungsseite von Öfen **107** verwendet wird, die mit Sauerstoff angereicherte Luft für die Nachverbrennung der Reaktionsprodukte im Direktschmelzgefäß **105** vorwärmen.

[0044] In der bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist der Zweck der Aufteilung des Abgasstromes ein zweifacher.

[0045] Erstens verringert die Beförderung von nur einem Teil des Abgasstroms zum Vorreduktionsgefäß **103** die angesammelte Menge von unerwünschten Verunreinigungen, typischerweise von Kohle stammende Verunreinigungen, wie Schwefel und Alkalisalze, im Direktschmelzgefäß **105**, die im Direktschmelzgefäß abgasen und im Vorreduktionsschritt gewonnen und mit dem ankommenden teilweise reduzierten Eisenerz zum Direktschmelzgefäß **105** zurückgeführt werden.

[0046] Zweitens ist die Verwendung eines Teils des Abgasstroms zum Erwärmen der Öfen **107** angesichts der Minimierung des gesamten Energieverbrauchs von Vorteil. Dieser zweite Vorteil gilt besonders bei auf Luft basierenden Direktschmelzverfahren, bei denen es gewöhnlich mehr Abgas gibt, als es für das Erwärmen/Reduzieren von Eisenerz im Vorreduktionsgefäß **103** erforderlich ist, und das Aufteilen des Abgases beeinflusst den Betrieb des Vorreduktionsgefäßes **103** nicht nachteilig.

[0047] Das Direktschmelzverfahren, das im Direktschmelzgefäß **105** durchgeführt wird, kann irgendein geeignetes Verfahren sein und kann ein auf kaltem Sauerstoff basierendes System sein.

[0048] Das bevorzugte Direktschmelzverfahren, das in diesem Direktschmelzgefäß durchgeführt wird, ist der HISMelt-Prozeß, wie er hier nachstehend anhand von [Fig. 2](#) allgemein und in der Internationalen Anmeldung PCT/AU99/00538 im Namen dieses Anmelders ausführlicher beschrieben ist, und die Beschreibung in der Patentschrift, die mit dieser Internationalen Anmeldung eingereicht worden ist, wird hier als Querverweis aufgenommen.

[0049] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung basiert das Direktschmelzverfahren, das in dieser Internationalen Anmeldung beschrieben ist, auf folgendem:

- (a) Erzeugen des Schmelzbades mit einer Schicht aus geschmolzenem Eisen und einer Schicht aus geschmolzener Schlacke auf der Eisenschicht im Direktschmelzgefäß **105**;
- (b) Einblasen des teilweise reduzierten Eisenerzes und von Kohle und Flußmitteln in die Eisenschicht über eine Vielzahl von Lanzen/Düsen;
- (c) Schmelzen des teilweise reduzierten Eisener-

zes zu geschmolzenem Eisen in der Metallschicht;

(d) Bewirken, daß geschmolzenes Material als Spritzer, Tropfen und Ströme in den Raum oberhalb der nominell ruhigen Oberfläche des Schmelzbades herausgeschleudert wird und eine Übergangzone bildet; und

(e) Einblasen der erwärmten, mit Sauerstoff angereicherten Luft in das Direktschmelzgefäß **105** über eine oder mehr als eine Lanze/Düse und Nachverbrennen von Reaktionsgasen, typischerweise Kohlenmonoxid und Wasserstoff, die aus dem Schmelzbad freigesetzt wurden, bis zu einem Nachverbrennungswert von mindestens 40% und Erzeugen von Temperaturen in der Größenordnung von 2000°C oder darüber in der Übergangzone, wobei die aufsteigenden und danach absinkenden Spritzer, Tropfen und Ströme des geschmolzenen Materials in der Übergangzone die Wärmeübertragung auf das Schmelzbad erleichtern und wobei die Übergangzone den Wärmeverlust aus dem Gefäß über die Seitenwände minimiert, die mit der Übergangzone in Kontakt stehen.

[0050] Das Direktschmelzgefäß **105** kann irgendein geeignetes Gefäß sein.

[0051] Das bevorzugte Direktschmelzgefäß ist das Gefäß, das hier nachstehend unter Bezugnahme auf [Fig. 2](#) allgemein und in der Internationalen Anmeldung PCT/AU99/00537 im Namen dieses Anmelders ausführlicher beschrieben ist, und die Beschreibung in der Patentschrift, die mit dieser Internationalen Anmeldung eingereicht worden ist, wird hier als Querverweis aufgenommen.

[0052] Das in [Fig. 2](#) gezeigte Gefäß **105** weist folgendes auf: einen Herd, der eine Basis und Seiten **55** aus feuerfesten Ziegeln aufweist; Seitenwände **5**, die ein im allgemeinen zylindrisches Gefäß bilden, das sich von den Seiten **55** des Herdes nach oben erstreckt und das einen oberen Gefäßabschnitt **51** und einen unteren Gefäßabschnitt **53** einschließt; ein Gewölbe **7**; einen Auslaß **9** für Abgase; einen Vorherd **77** für die kontinuierliche Abgabe von Metallschmelze; eine Vorherdverbindung **71**, die den Herd und den Vorherd **77** miteinander verbindet; und ein Abstichloch **61** für die Abgabe der geschmolzenen Schlacke.

[0053] Bei Verwendung unter stabilen Verfahrensbedingungen enthält das Gefäß **105** das Schmelzbad, das eine Schicht **15** aus geschmolzenem Eisen und eine Schicht **16** aus geschmolzener Schlacke auf der Eisenschicht **15** einschließt. Der Pfeil mit der Bezugsziffer **17** kennzeichnet die Position der nominell ruhigen Oberfläche der Eisenschicht **15**, und der Pfeil mit der Bezugsziffer **19** kennzeichnet die Position der nominell ruhigen Oberfläche der Schlackeschicht **16**. Der Begriff "ruhige Oberfläche" soll für die Oberfläche

stehen, wenn kein Gas und keine Feststoffe in das Gefäß eingeblasen werden.

[0054] Das Gefäß **105** weist auch zwei Lanzen/Düsen **11** zum Einblasen von Feststoffen auf, die sich in einem Winkel von 30 bis 60° zur Senkrechten nach unten einwärts durch die Seitenwände **5** und in die Schlackeschicht **16** erstrecken. Die Position der Lanzen/Düsen **11** wird so gewählt, daß sich die unteren Enden bei stabilen Verfahrensbedingungen über der ruhigen Oberfläche **17** der Eisenschicht **15** befinden.

[0055] Bei Verwendung unter stabilen Verfahrensbedingungen werden das teilweise reduzierte Eisenerz, Kohle und Flußmittel (typischerweise Kalk und Magnesiumoxid), die in einem Trägergas (typischerweise N₂) mitgerissen werden, durch die Lanzen/Düsen **11** in die Eisenschicht **15** eingeblasen. Der Impuls von festem Material/Trägergas bewirkt, daß festes Material und Gas in die Eisenschicht **15** eindringen. Kohlenstoff löst sich teilweise im Metall und bleibt teilweise als feste Kohle zurück. Das vorreduzierte Eisenerz wird zu Eisen geschmolzen, und die Schmelzreaktion erzeugt gasförmiges Kohlenmonoxid. Die Gase, die in die Eisenschicht **15** transportiert und durch das Schmelzen erzeugt werden, rufen eine deutliche Auftriebsbewegung von geschmolzenem Eisen, fester Kohle und Schlacke (die als Folge des Einblasens von Feststoff/Gas in die Eisenschicht **15** gezogen wird) aus der Eisenschicht **15** hervor, was zu einer Aufwärtsbewegung von Spritzern, Tropfen und Strömen des geschmolzenen Materials führt, und diese Spritzer und Tropfen und Ströme reißen Schlacke mit sich, wenn sie sich durch die Schlackeschicht **15** bewegen.

[0056] Die Auftriebsbewegung von geschmolzenem Metall, fester Kohle und Schlacke führt zu einer wesentlichen Bewegung in der Eisenschicht **15** und der Schlackeschicht **16**, mit dem Ergebnis, daß das Volumen der Schlackeschicht **16** größer wird und sie die mit dem Pfeil **30** bezeichnete Oberfläche hat. Das Ausmaß der Bewegung ist derart, daß es im Metall- und im Schlackebereich eine vernünftig gleichmäßige Temperatur gibt – typischerweise 1450 bis 1550°C bei einer Temperaturschwankung in der Größenordnung von 30° in jedem Bereich.

[0057] Außerdem erstreckt sich die Aufwärtsbewegung von Spritzern, Tropfen und Strömen des geschmolzenen Materials, die durch die Auftriebsbewegung von geschmolzenem Eisen, fester Kohle und Schlacke hervorgerufen wird, in den oberen Raum **31** über dem geschmolzenen Material im Gefäß und:

- (a) bildet eine Übergangszone **23**; und
- (b) schleudert etwas geschmolzenes Material (vorwiegend Schlacke) über die Übergangszone hinaus und auf den. Teil des oberen Gefäßabschnittes **51** der Seitenwände **5**, der sich über der Übergangszone **23** befindet, und auf das Gewöl-

be **7**.

[0058] Allgemein ausgedrückt ist die Schlackeschicht **16** ein durchgängiges Flüssigkeitsvolumen mit Gasblasen darin, und die Übergangszone **23** ist ein durchgängiges Gasvolumen mit Spritzern, Tropfen und Strömen von geschmolzenem Metall und geschmolzener Schlacke.

[0059] Das Gefäß **105** schließt ferner eine Lanze **13** zum Einblasen der erwärmten, mit Sauerstoff angereicherten Luft in das Gefäß **105** ein. Die Lanze **13** befindet sich mittig und erstreckt sich senkrecht nach unten in das Gefäß. Die Position der Lanze **13** und der Gasdurchsatz durch die Lanze **13** werden so ausgewählt, daß das sauerstoffhaltige Gas bei stabilen Verfahrensbedingungen in den mittleren Bereich der Übergangszone **23** eindringt und um das Ende der Lanze **13** einen im wesentlichen von Metall/Schlacke freien Raum **25** aufrechterhält.

[0060] Bei Verwendung unter stabilen Verfahrensbedingungen verbrennt das Einblasen von sauerstoffhaltigem Gas durch die Lanze **13** Reaktionsgase CO und H₂ in der Übergangszone **23** und im freien Raum **25** um das Ende der Lanze **13** nach und erzeugt im Gasraum hohe Temperaturen in der Größenordnung von 2000°C oder darüber. Die Wärme wird in dem Bereich, in den das Gas eingeblasen wird, auf die aufsteigenden und absinkenden Spritzer, Tropfen und Ströme von geschmolzenem Material übertragen, und diese Wärme wird dann teilweise auf die Eisenschicht **15** übertragen, wenn Metall/Schlacke zur Eisenschicht **15** zurückkehrt.

[0061] Der freie Raum **25** ist wichtig, um hohe Nachverbrennungswerte zu erzielen, da er das Mitreißen von Gasen im Raum über der Übergangszone **23** in den Endbereich der Lanze **13** ermöglicht und dadurch verfügbare Reaktionsgase verstärkt einer Nachverbrennung ausgesetzt werden.

[0062] Der kombinierte Effekt aus der Position der Lanze **13**, Gasdurchsatz durch die Lanze **13** und Aufwärtsbewegung von Spritzern, Tropfen und Strömen des geschmolzenen Materials besteht darin, die Übergangszone **23** um den unteren Bereich der Lanze **13** zu formen – der allgemein mit den Bezugsziffern **27** bezeichnet ist. Dieser geformte Bereich bietet eine teilweise Sperre für die Wärmeübertragung durch die Strahlung auf die Seitenwände **5**.

[0063] Außerdem stellen bei stabilen Verfahrensbedingungen die aufsteigenden und absinkenden Tropfen, Spritzer und Ströme des Materials eine wirksame Maßnahme zur Wärmeübertragung von der Übergangszone **23** auf das Schmelzbad dar – mit dem Ergebnis, daß die Temperatur der Übergangszone **23** im Bereich der Seitenwände **5** in der Größenordnung von 1450 bis 1550°C liegt.

[0064] Das Gefäß **105** ist in bezug auf das Niveau von Eisenschicht **15**, Schlackeschicht **16** und Übergangszone **23** im Gefäß **105**, wenn das Verfahren bei stabilen Verfahrensbedingungen durchgeführt wird, und in bezug auf die Spritzer, Tropfen und Ströme von geschmolzenem Material, die in den oberen Raum **31** über der Übergangszone **23** geschleudert werden, wenn das Verfahren bei stabilen Verfahrensbedingungen durchgeführt wird, so gestaltet, daß:

- (a) der Herd und der untere Gefäßabschnitt **53** der Seitenwände **5**, der mit der Eisen/Schlackeschicht **15/16** in Kontakt steht, aus Ziegeln aus einem feuerfesten Material gebildet ist (in der Figur durch Kreuzschraffur dargestellt);
- (b) zumindest ein Teil des unteren Gefäßabschnittes **53** der Seitenwände **5** mit wassergekühlten Platten **8** hinterlegt ist; und
- (c) der obere Gefäßabschnitt **51** der Seitenwände **5** und das Gewölbe **7**, die mit der Übergangszone **23** und dem oberen Raum **31** in Kontakt stehen, aus wassergekühlten Platten **57**, **59** gebildet ist.

[0065] Jede wassergekühlte Platte **8**, **57**, **59** (nicht gezeigt) im oberen Gefäßabschnitt **51** der Seitenwände **5** weist parallele Ober- und Unterkanten und parallele Seitenkanten auf und ist gekrümmt, so daß ein Abschnitt des zylindrischen Gefäßes definiert wird. Jede Platte schließt ein inneres Kühlwasserrohr und ein äußeres Kühlwasserrohr ein. Die Rohre sind serpentinenförmig ausgebildet, wobei die waagerechten Abschnitte durch gekrümmte Abschnitte miteinander verbunden sind. Jedes Rohr schließt ferner einen Wassereinlaß und einen Wasserauslaß ein. Die Rohre sind senkrecht versetzt, so daß die waagerechten Abschnitte des äußeren Rohrs nicht unmittelbar hinter den waagerechten Abschnitten des inneren Rohrs liegen, wenn das ganze von der freiliegenden Seite der Platte, d.h. der Seite betrachtet wird, die zum Gefäßinneren zeigt. Jede Platte schließt ferner gestampftes feuerfestes Material ein, das die Räume zwischen den benachbarten waagerechten Abschnitten jedes Rohrs und zwischen den Rohren füllt. Jede Platte weist ferner eine Trägerplatte auf, die eine Außenseite der Platte bildet.

[0066] Die Wassereinlässe und die Wasserauslässe der Rohre sind mit einem Wasserversorgungskreis (nicht gezeigt) verbunden, der Wasser mit einem hohen Durchsatz durch die Rohre zirkulieren läßt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Direktschmelzen eines metallhaltigen Beschickungsmaterials, das die folgenden Schritte aufweist:

- (a) teilweises Reduzieren von Eisenoxiden im festen Zustand in einem Vorreduktionsgefäß und Erzeugen von teilweise reduzierten Eisenoxiden;
- (b) Direktschmelzen der im Schritt (a) erzeugten teilweise reduzierten Eisenoxide zu geschmolzenem Ei-

sen in einem Direktschmelzgefäß, das ein Schmelzbad von Eisen und Schlacke enthält und dem ein festes kohlehaltiges Material als eine Reduktionsmittel- und Energiequelle zugeführt wird, und mit einem sauerstoffhaltigen Gas, das vorgewärmte Luft oder mit Sauerstoff angereicherte Luft einschließt, für die Nachverbrennung von Kohlenmonoxid und Wasserstoff, die im Gefäß erzeugt worden sind;

(c) Erzeugen eines Abgases, das Schwefel enthält, im Direktschmelzschritt (b) und Freisetzen des Abgases aus dem Direktschmelzgefäß;

(d) Verwenden eines ersten Stroms des aus dem Direktschmelzgefäß freigesetzten Abgases im Vorreduktionsschritt (a), um Eisenoxide im Vorreduktionsgefäß vorzureduzieren, wodurch die Schwefelmenge geregelt wird, die aus dem Vorreduktionsgefäß zum Direktschmelzgefäß zurückgeführt wird; und

(e) Verwendung eines zweiten Stroms, der zumindest 20 Vol.-% des Abgases enthält, das aus dem Direktschmelzgefäß freigesetzt worden ist, im Vorreduktionsschritt (a) als Energiequelle zum Erwärmen von Luft oder mit Sauerstoff angereicherter Luft, bevor die Luft oder die mit Sauerstoff angereicherte Luft dem Direktschmelzgefäß zugeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt (d) die Regelung der Abgasmenge einschließt, die aus dem Direktschmelzgefäß freigesetzt wird und im Vorreduktionsschritt (a) verwendet wird, so daß die Schwefelmenge in der im Direktschmelzschritt (b) erzeugten Eisenschmelze weniger als 0,2 Gew.-% der Gesamtmenge der Eisenschmelze beträgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, das die Behandlung des restlichen Abgases einschließt, das aus dem Direktschmelzgefäß freigesetzt worden ist, zum Erwärmen und/oder zur Stromerzeugung, ohne daß der größte Teil des Schwefels in diesem Teil des Abgases zum Direktschmelzgefäß zurückgeleitet wird.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der zweite Strom mindestens 30 Vol.-% des aus dem Direktschmelzgefäß freigesetzten Abgases einschließt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der zweite Strom mindestens 40 Vol.-% des aus dem Direktschmelzgefäß freigesetzten Abgases einschließt.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, das das Entfernen von mitgerissenem Schwefel und mitgerissenen Alkalimetallsalzen aus dem zweiten Strom vor der Verwendung des zweiten Stroms als Energiequelle zum Erwärmen von Luft oder mit Sauerstoff angereicherter Luft einschließt.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das sauerstoffhaltige Gas Luft oder mit Sauerstoff angereicherter Luft ist, die weniger als

50 Vol.-% Sauerstoff enthält.

mindestens 40%.

8. Verfahren nach Anspruch 7, das das Vorwärmen der Luft oder der mit Sauerstoff angereicherten Luft für die Verwendung im Direktschmelzschrift (b) einschließt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei das Schmelzbad eine Temperatur von 1580°C oder weniger hat.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Vorreduktionsschrift (a) das Eisenerz auf eine Temperatur im Bereich von 600 bis 1000°C vorwärmt.

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, das das Freisetzen des Abgases aus dem Vorreduktionsschrift (a) und die Verwendung dieses Abgases als Heizgas zum Erwärmen oder zur Stromerzeugung einschließt.

11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Schmelzschrift (b) das Direktschmelzen von teilweise reduzierten Eisenoxiden entsprechend der folgenden Schritte einschließt:

(i) Erzeugen des Schmelzbades mit einer Schicht aus geschmolzenem Eisen und einer Schicht aus geschmolzener Schlacke auf der Eisenschicht im Direktschmelzgefäß;

(ii) Einblasen der teilweise reduzierten Eisenoxide und von Kohle in die Eisenschicht über eine Vielzahl von Lanzen/Düsen;

(iii) Schmelzen der teilweise reduzierten Eisenoxide zu geschmolzenem Eisen in der Eisenschicht;

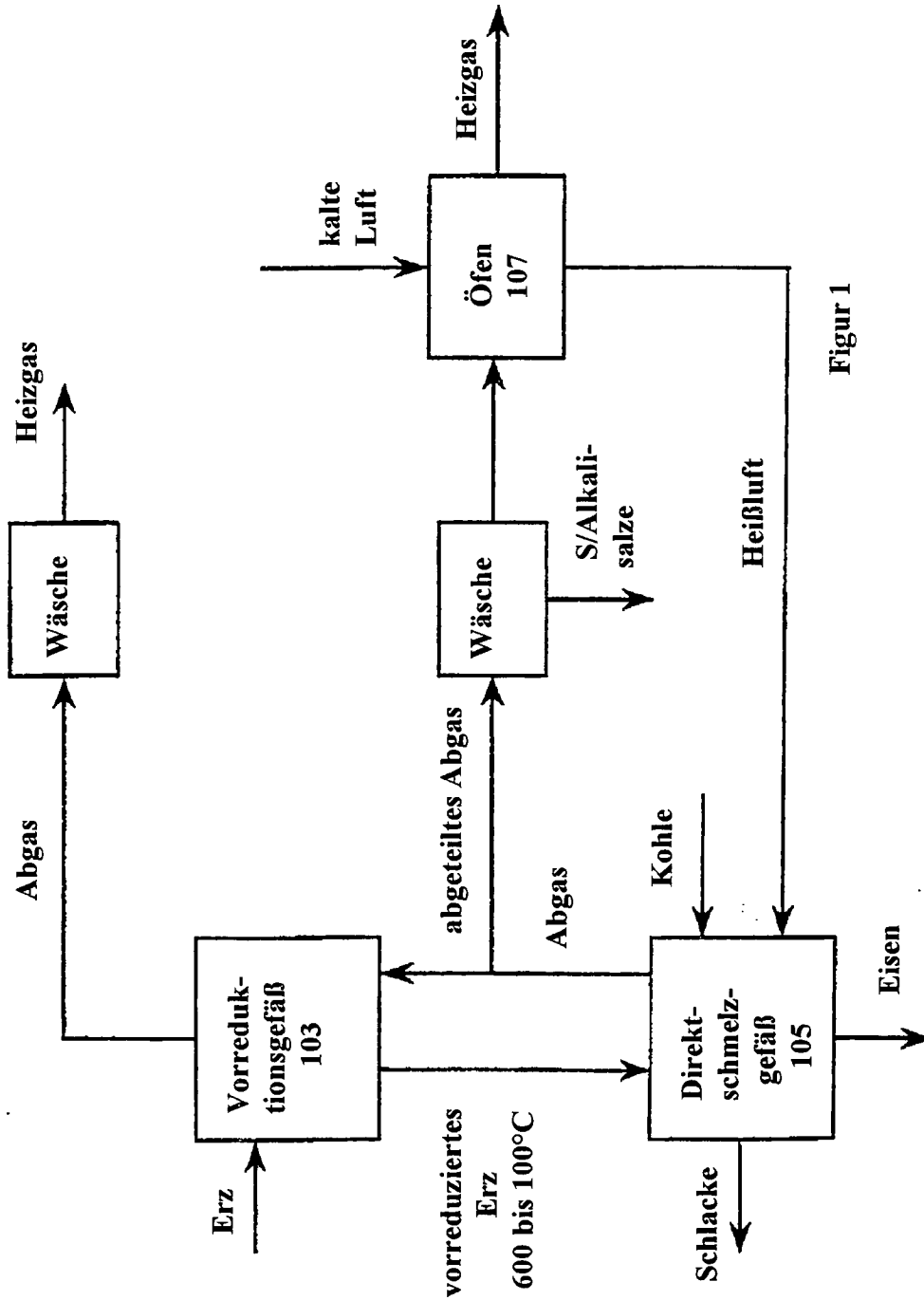
(iv) Bewirken, daß geschmolzenes Material als Spritzer, Tropfen und Ströme in den Raum oberhalb der nominell ruhigen Oberfläche des Schmelzbades herausgeschleudert wird und eine Übergangszone bildet; und

(v) Einblasen des sauerstoffhaltigen Gases in das Direktschmelzgefäß über eine oder mehr als eine Lanze/Düse und Nachverbrennen von Kohlenmonoxid und Wasserstoff, die aus dem Schmelzbad freigesetzt wurden, wobei die aufsteigenden und danach absinkenden Spritzer, Tropfen und Ströme des geschmolzenen Materials in der Übergangszone die Wärmeübertragung auf das Schmelzbad erleichtern und wobei die Übergangszone den Wärmeverlust aus dem Gefäß über die Seitenwand des Gefäßes minimiert, die mit der Übergangszone in Kontakt steht.

12. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt (b) wie folgt ist:

Direktschmelzen der im Schritt (a) erzeugten teilweise reduzierten Eisenoxide zu geschmolzenem Eisen in einem Direktschmelzgefäß, das ein Schmelzbad aus Eisen und Schlacke enthält und dem festes kohlenhaltiges Material als Reduktionsmittel- und Energiequelle zugeführt wird, und mit einem sauerstoffhaltigen Gas für die Nachverbrennung von Kohlenmonoxid und Wasserstoff, die im Gefäß erzeugt worden sind, bis zu einem Nachverbrennungswert von

Anhängende Zeichnungen



Figur 1

