



(11) **EP 1 402 078 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
27.02.2008 Patentblatt 2008/09

(51) Int Cl.:
C22B 21/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **02780764.3**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2002/006472

(22) Anmeldetag: **12.06.2002**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2002/103067 (27.12.2002 Gazette 2002/52)

(54) **VERFAHREN ZUM EINSCHMELZEN VON ALUMINIUM IN EINEM SCHACHTSCHMELZOFEN**
METHOD FOR MELTING DOWN ALUMINIUM
PROCEDE DE FUSION D'ALUMINIUM

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR

(30) Priorität: **19.06.2001 DE 10129219**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
31.03.2004 Patentblatt 2004/14

(73) Patentinhaber:
• **Air Liquide Deutschland GmbH**
40235 Düsseldorf (DE)
Benannte Vertragsstaaten:
DE GB
• **Messer Group GmbH**
65843 Sulzbach (DE)
Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DK ES FI FR GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR

(72) Erfinder:
• **SPOLJARIC, Davor**
AT-2103 Langenzersdorf (AT)
• **WIECK, Dietmar**
47918 Tönisvorst (DE)

(74) Vertreter: **Kahlhöfer, Hermann et al**
Patentanwälte
Kahlhöfer Neumann
Herzog Fiesser
Postfach 10 33 63
40024 Düsseldorf (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 428 117 DE-A- 2 315 748
DE-A- 4 324 111 US-A- 3 759 702
US-A- 3 982 889 US-A- 4 398 501
US-A- 4 664 702 US-A- 5 542 839

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 1999, no. 02, 26. Februar 1999 (1999-02-26) & JP 10 311688 A (NIPPON SAN SO KK), 24. November 1998 (1998-11-24)
• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 016, no. 455 (C-0987), 22. September 1992 (1992-09-22) & JP 04 160123 A (DAIDO STEEL CO LTD), 3. Juni 1992 (1992-06-03)
• **DATABASE WPI** Section Ch, Week 198337 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M22, AN 1983-763556 XP002242084 & SU 972 202 A (PENZA POLY), 17. November 1982 (1982-11-17)

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).

EP 1 402 078 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einschmelzen von Aluminium, umfassend die Verfahrensschritte: Zufuhr eines aluminiumhaltigen Einsatzmaterials zu einem Ofen, Vorwärmen des Einsatzmaterials durch Ofenabgas in einem oberen Bereich des Ofens, und Erhitzen des Einsatzmaterials mittels mindestens eines Brenners unter Bildung einer Aluminiumschmelze in einem unteren Bereich des Ofens, wobei dem Brenner ein sauerstoffreiches Gas und Brennstoff zugeführt und damit eine auf das Einsatzmaterial im Schmelzbereich einwirkende und zum Ofenabgas beitragende Brennerflamme erzeugt wird. Solche Verfahren sind beispielsweise in der JP 10 311688 A oder der JP 04 160123 A beschrieben. Auch aus der US 4,664,702 ist ein entsprechendes Verfahren prinzipiell bekannt.

[0002] In Aluminiumgießereien werden häufig Schachtschmelzöfen eingesetzt, in denen Einsatzstoffe in Form von Aluminiumbarren, -kreislauf oder -schrott erschmolzen werden. Bei diesem Ofentyp wird das Abgas der Brenner aus dem Warmhaltebereich und dem Schmelzbereich zur Vorwärmung der Einsatzstoffe genutzt. Diese werden in den Ofenschacht chargiert, darin beim Absinken vorgewärmt und im unteren Bereich mittels Brennern erschmolzen. Das geschmolzene Aluminium fließt über eine Schmelzbrücke in einen Herdbereich, der als Sammler und zum Einstellen der Temperatur erforderlich ist.

[0003] Die Schachtschmelzöfen sind üblicherweise für eine bestimmte Brennerleistung ausgelegt. Eine Erhöhung der Brennerleistung zum Zweck einer Steigerung der Schmelzleistung erfordert daher in der Regel auch eine Anpassung der Abgasführung und der Filteranlage.

[0004] Durch einen Einsatz von Brennstoff-Sauerstoffbrennern oder Luft-Sauerstoff-Mischbrennern lässt sich zwar - im Vergleich zu Schmelzverfahren, bei denen Luft als Oxidationsmittel eingesetzt wird - die Schmelzleistung des Ofens ohne größeren konstruktiven Aufwand steigern und der Energiebedarf reduzieren. Die Einsparung an Brennstoff beruht jedoch im wesentlichen darauf, dass der Stickstoffanteil der Luft nicht aufgeheizt werden muss. Der im Abgas fehlende Stickstoffanteil und die damit einhergehende geringere Menge an Brennerabgasen wirkt sich jedoch nachteilig auf die Vorwärmung des Aluminiumeinsatzes im Ofenschacht aus.

[0005] Als Sauerstoffbrenner kommen auch Mischbrenner (zum Beispiel sogenannte "Kombibrenner") in Betracht, bei denen der Brennstoff mit Luft oder mit sauerstoffangereicherter Luft oder mit Sauerstoff verbrannt wird.

[0006] Aus der DE 23 15 748 A ist es auch schon für einen Schachtkalkbrennofen bekannt, Ofengas im oberen Bereich des Ofens abzuziehen und im unteren Bereich wieder zuzuführen. Dies erfolgt mittels eines Gebläses, jedoch wird das zurückgeführte Ofengas nicht geregelt und separat von einem Brenner wieder zugeführt.

[0007] In der DE 43 24 111 A1 ist auch schon beschrieben, dass in einem speziellen Brennofen für mineralogische und petrographische Verbindungen Ofengas temperaturabhängig zum Brenner zurückgeführt werden kann, jedoch sind die Verhältnisse in einem solchen Ofen nicht mit denen beim Einschmelzen von Aluminium vergleichbar.

[0008] Aus der EP 0 428 117 B1 ist auch ein Heizkessel mit Abgasrückführung zum Brenner bekannt, bei dem sich aber auch nicht die Probleme stellen, die beim Vorheizen von einzuschmelzendem Aluminium auftreten.

[0009] Einen temperaturkontrollierten Brenner mit geringer Emission beschreibt noch die US 5,542,839, wobei dieser Brenner aber nicht für das Einschmelzen von Aluminium geeignet ist.

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Verfahren zum Einschmelzen von aluminiumhaltigem Einsatzmaterial unter Einsatz eines sauerstoffreichen Gases so zu modifizieren, dass die damit einhergehenden Nachteile hinsichtlich der Vorwärmung des Aluminiumeinsatzes vermieden werden.

[0011] Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0012] Unter einem "sauerstoffreichen Gas" wird Sauerstoff oder mit Sauerstoff angereicherte Luft verstanden. Das Ofenabgas besteht hauptsächlich aus den Verbrennungsprodukten CO_2 und H_2O . Es wird erfindungsgemäß aus dem oberen Bereich des Ofens mit einem Gebläse abgesaugt und diesem im unteren Bereich als rezirkuliertes Gas wieder zugeführt. Durch das Wiedereinleiten des Ofenabgases oder eines Teils davon als "erwärmtes, rezirkuliertes Gas" kann die mit dem Einsatz des sauerstoffreichen Gases einhergehende Verminderung an Brennerabgas ganz oder teilweise kompensiert werden. Die zusätzliche Gasmenge innerhalb des Ofens verbessert die konvektive Wärmeübertragung zur Vorwärmung des Einsatzmaterials im Ofenschacht.

[0013] Ein besonderer Vorteil dieser Verfahrensweise gegenüber einer Einspeisung zusätzlicher Luft besteht darin, dass das Ofenabgas - bei Einsatz eines Sauerstoffbrenners - im wesentlichen stickstofffrei ist und somit die NO_x -Bildung reduziert ist. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass das rezirkulierte Gas bereits erwärmt ist und somit zu einer besseren Energieausnutzung beiträgt. Die Wärmemenge des rezirkulierten Gases erhöht die Schmelzleistung des Ofens zusätzlich.

[0014] Es ist ein Brenner vorgesehen oder mehrere Brenner. Erfindungsgemäß wird das rezirkulierte Gas dem mindestens einen Brenner zugeführt. Eine zusätzliche Öffnung in der Ofenwandung zum Einleiten des rezirkulierten Gases und eine entsprechende Umbaumaßnahme eines bestehenden Ofens können so vermieden werden.

[0015] Dabei wird das Ofenabgas mittels eines Gebläses abgezogen und dient gleichzeitig dazu, dem Brenner das Ofenabgas - oder einen Teil davon - als rezirkuliertes Gas wieder zuzuführen. Das Gebläse sorgt somit für die Zirkulation

des Ofenabgases.

[0016] Durch Veränderung der Gebläsedrehzahl kann die Menge des abgezogenen Ofenabgases den Erfordernissen angepasst werden. Zu dem Zweck eignet sich insbesondere ein regelbares Heißgasgebläse. Im Hinblick hierauf hat es sich als günstig erwiesen, erfindungsgemäß eine für die Ofenatmosphäre charakteristische Kenngröße zu erfassen und die Leistung des Gebläses in Abhängigkeit von der Kenngröße zu regeln.

[0017] Als charakteristische Kenngröße werden vorzugsweise der Sauerstoffgehalt oder die Temperatur erfasst.

[0018] In einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Sauerstoffgehalt der Ofenatmosphäre gemessen und der Messwert als Stellgröße für eine Regelung einer Sauerstoffzufuhr zum Brenner eingesetzt. Damit ist es möglich die Stöchiometrie der Brennerflamme in Bezug auf Sauerstoff konstant zu halten.

[0019] Dies macht sich insbesondere dann vorteilhaft bemerkbar, wenn in den Ofen zusätzlich brennbare Bestandteile gelangen, wie zum Beispiel Öl auf Aluminiumspänen. In dem Fall gewährleistet die Messung des Sauerstoffgehalts in der Ofenatmosphäre einen stabilen und reproduzierbaren Schmelzvorgang durch eine Regelung der Flammenstöchiometrie.

[0020] Dies spielt auch bei einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung eine Rolle, bei der im Gebläse eine Nachverbrennung brennbarer Bestandteile der Ofenatmosphäre erfolgt. Durch die Nachverbrennung werden brennbare Bestandteile der Ofenatmosphäre, wie Öl auf Aluminiumspänen - aus dem Ofenabgas beseitigt und damit eine stabile Verbrennung gewährleistet. Hierfür ist eine geregelte Zufuhr von Sauerstoff vorteilhaft, die durch eine Messung des Sauerstoffgehalts in der Ofenatmosphäre gewährleistet wird.

[0021] In einer besonders bevorzugten Verfahrensvariante wird das rezirkulierte Gas oberhalb und/oder unterhalb der Brennerflamme in den Ofen eingeleitet. Das rezirkulierte Gas ist kälter als die Brennerflamme und trägt daher zu einer Verringerung von deren Temperatur bei. Dadurch wird die Bildung von NO_x gesenkt. Bei dieser Verfahrensweise wird insbesondere das Gewölbe vor der Strahlung der Brennerflamme zusätzlich geschützt und dadurch der Verschleiß an Feuerfestmaterial reduziert. Im Hinblick hierauf wird im Idealfall das rezirkulierte Gas derart in den Ofen eingeleitet, dass es die Brennerflamme umhüllt.

[0022] Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Das Ausführungsbeispiel betrifft die Umrüstung eines bisher mit Luftbrennern betriebenen Schachtabschmelzofens für Aluminiumbarren und -kreislaufmaterial mit Sauerstoffbrennern.

[0023] Typische Daten dieses Schachtabschmelzofens vor der Umrüstung waren:

Schmelzleistung: 1,4 t/h (bei Einsatz von Luftbrennern)

Vorwärmtemperatur: 200 bis 450 °C

Energieverbrauch: 1000 kWh/t Aluminium

Krätzeanfall: 3 bis 4 %

[0024] Das Aluminium wird dabei über eine automatische Chargierung in den Schacht befördert, dort beim Absinken vorgewärmt und mit Brennern geschmolzen. Das geschmolzene Metall fließt in einen Herdbereich, der als Sammler und zum Einstellen der Temperatur erforderlich ist. Bei diesem Ofentyp wird das Abgas zur Vorwärmung des festen Aluminiums genutzt.

[0025] Aus den oben genannten Gründen ist der Einsatz von Sauerstoff auch bei Schachtabschmelzöfen von Vorteil. Für die entsprechende Umrüstung des Ofens wurden Sauerstoff-Brenner, die in einem keramischen Block eingebaut sind, eingesetzt. Der keramische Block wird einfach in die Mauerung des Ofens montiert. Eine Kühlung des Brenners ist nicht erforderlich.

[0026] Aufgrund der niedrigeren Abgasmengen beim Einsatz von Sauerstoff geht weniger Energie mit dem Abgas verloren. Die geringeren Abgasmengen verringern aber auch den konvektiven Wärmeübergang bei der Schrottvorwärmung im Schacht. Um eine hohe Schmelzleistung bei niedrigen NO_x-Werten zu erhalten, wurde der Ofen deshalb zusätzlich mit einer Heißgasrezirkulierung ausgestattet.

[0027] Hierzu wurde am oberen Ende des Ofenschachts ein Heißgasgebläse installiert, mittels dem das Verbrennungs-Abgas abgezogen und über den Brenner dem Ofen wieder zugeführt wird. Dadurch wird ein großes Gasvolumen für den konvektiven Wärmeübergang erhalten, das - abhängig von der Ofengröße - bis zu 10.000 m³/h beträgt. Das Abgas tritt aus dem Brenner über eine ringförmige Außendüse aus, so dass die Sauerstoffflamme von heißem Ofengas umhüllt wird. Diese Abschirmung der Brennerflamme schützt die feuerfeste Auskleidung vor Überhitzung. Zusätzlich wird die Flammentemperatur und der Stickstoffgehalt der Ofenatmosphäre gesenkt und dadurch die NO_x-Bildung reduziert.

[0028] Zur Leistungsregelung des Heißgasgebläses ist eine Drehzahlregelung installiert. Außerdem wird der Sauerstoffgehalt der Ofenatmosphäre gemessen. Der Messwert wird für die Regelung der Sauerstoffzufuhr zu den Brennern verwendet, in der Art, dass die Brenner mit konstanter Flammenstöchiometrie betrieben werden.

[0029] Die Temperatur des Ofenabgases im Gebläse liegt bei ca. 1200 °C. Durch die Zufuhr von Sauerstoff wird im Gebläse eine Nachverbrennung von Pyrolysegas, das brennbare Bestandteile enthält, ermöglicht.

[0030] Im konkreten Ausführungsbeispiel wird der Schachtabschmelzofen mit zwei Brennern betrieben, wobei der

Volumenanteil des zugeführten Ofenabgases je nach Betriebsweise zwischen dem 2- bis 10-fachen der übrigen Brennergase (Brenngase und Sauerstoff) beträgt.

[0031] Durch den Einsatz von Sauerstoff wird der thermische Wirkungsgrad bei der Verbrennung erhöht, so dass die Schmelzleistung von 1,4 t/h (bei Einsatz von Luftbrennern, Chargierung 50%Kreislau/ 50%Masseln) auf 3,5 t/h gesteigert und der Energieverbrauch mehr als halbiert werden konnte.

[0032] Die hohe Schmelzleistung und weitere Verbesserungen am Ofen verminderten die Metallverluste um ca. 50 %. Ein Vergleich verschiedener Parameter bei einem Luftbrenner, einem Luft/Sauerstoff- Brenner und einem erfindungsgemäßen Sauerstoff-Brenner + Heißgasgebläse bei einem 15-Tonnen-Schachtschmelzofen sind in der folgenden Tabelle 1 zusammengefasst:

Tabelle 1

	Luftbrenner	Luft/ Sauerstoff-Brenner	Sauerstoff-Brenner + Heißgasgebläse
Schmelzleistung [t/h]	1,4	2,1	3,5
Schmelzleistung [%]	100	150	250
Erdgasverbrauch [Nm³/t]	100	45	43
Sauerstoffverbrauch [Nm³/t]	0	75	86
Produktion [t/a]	10080	15000	25200
Krätzemengen [%]	100	71	45
Aluminiumgewinn [t/a]		150	554

[0033] Die Energieersparnis und das höhere Metallausbringen garantieren trotz der Kosten für Sauerstoff eine erhebliche Kostenersparnis durch die Reduzierung der Energiekosten, eine Verringerung der Krätzemengen und Einsparung an Personalkosten.

Patentansprüche

- Verfahren zum Einschmelzen von Aluminium, umfassend die Verfahrensschritte: Zufuhr eines aluminiumhaltigen Einsatzmaterials zu einem Ofen, Vorwärmen des Einsatzmaterials durch Ofenabgas in einem oberen Bereich des Ofens, und Erhitzen des Einsatzmaterials mittels mindestens eines Brenners unter Bildung einer Aluminiumschmelze in einem unteren Bereich des Ofens, wobei dem Brenner ein sauerstoffreiches Gas und Brennstoff zugeführt und damit eine auf das Einsatzmaterial im Schmelzbereich einwirkende und zum Ofenabgas beitragende Brennerflamme erzeugt wird, wobei das Ofenabgas im oberen Bereich des Ofens mittels eines Gebläses abgezogen und im unteren Bereich mindestens teilweise als rezirkuliertes, erwärmtes Gas dem Brenner wieder zugeführt wird, wobei weiter eine für die Ofenatmosphäre charakteristische Kenngröße erfasst und die Leistung des Gebläses in Abhängigkeit von der Kenngröße geregelt wird.
- Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als charakteristische Kenngröße der Sauerstoffgehalt oder die Temperatur erfasst wird.
- Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sauerstoffgehalt der Ofenatmosphäre gemessen und der Messwert als Stellgröße für eine Regelung einer Sauerstoffzufuhr zum Brenner eingesetzt wird.
- Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Gebläse eine Nachverbrennung brennbarer Bestandteile der Ofenatmosphäre erfolgt.
- Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das rezirkulierte Gas oberhalb und/oder unterhalb der Brennerflamme in den Ofen eingeleitet wird.
- Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das rezirkulierte Gas derart in den Ofen eingeleitet wird, dass es die Brennerflamme umhüllt.

Claims

1. Method for melting down aluminium, comprising the method steps of: supplying a starting material containing aluminium to a furnace, preheating the starting material by furnace flue gas in an upper region of the furnace, and heating the starting material by means of at least one burner to form an aluminium melt in a lower region of the furnace, the burner being supplied with an oxygen-rich gas and fuel, and thereby creating a burner flame that acts on the starting material in the melting region and contributes to the furnace flue gas, the furnace flue gas being extracted in the upper region of the furnace by means of a blower and returned at least partially as recirculated, heated gas to the burner in the lower region, a characteristic variable that is characteristic of the furnace atmosphere also being detected and the output of the blower controlled in dependence on the characteristic variable.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the oxygen content or the temperature is detected as the characteristic variable.
3. Method according to Claim 2, **characterized in that** the oxygen content of the furnace atmosphere is measured and the measured value is used as a manipulated variable for a closed-loop control of an oxygen supply to the burner.
4. Method according to Claim 1, **characterized in that** an afterburning of combustible constituents of the furnace atmosphere takes place in the blower.
5. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the recirculated gas is introduced into the furnace above and/or below the burner flame.
6. Method according to Claim 5, **characterized in that** the recirculated gas is introduced into the furnace in such a way that it envelops the burner flame.

Revendications

1. Procédé de fusion d'aluminium, comprenant les étapes de procédé suivantes : apport d'un matériau de charge contenant de l'aluminium à un four, chauffage préalable du matériau de charge par le gaz de rejet du four dans une zone supérieure du four, et chauffage du matériau de charge à l'aide d'au moins un brûleur avec formation d'une masse en fusion d'aluminium dans une zone inférieure du four, un gaz enrichi en oxygène et du combustible étant acheminés au brûleur et une flamme de brûleur, agissant sur le matériau de charge dans la zone de fusion et contribuant au gaz de rejet du four, étant ainsi produite, le gaz de rejet du four étant retiré à l'aide d'une soufflante dans la zone supérieure du four et étant à nouveau acheminé au brûleur dans la zone inférieure, au moins partiellement, en tant que gaz réchauffé en recirculation, un paramètre caractéristique de l'atmosphère du four étant en outre déterminé et la puissance de la soufflante étant réglée en fonction du paramètre.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on détermine en tant que paramètre caractéristique la teneur en oxygène ou la température.
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la teneur en oxygène de l'atmosphère du four est mesurée et **en ce que** la valeur de mesure est utilisée en tant que grandeur de consigne pour une régulation de l'apport d'oxygène au brûleur.
4. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'a lieu**, dans la soufflante, une postcombustion des constituants combustibles de l'atmosphère du four.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le gaz en recirculation est introduit dans le four au-dessus et/ou en dessous de la flamme de brûleur.
6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le gaz en recirculation est introduit dans le four de telle sorte qu'il entoure la flamme de brûleur.

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- JP 10311688 A [0001]
- JP 4160123 A [0001]
- US 4664702 A [0001]
- DE 2315748 A [0006]
- DE 4324111 A1 [0007]
- EP 0428117 B1 [0008]
- US 5542839 A [0009]