

(19)



(11)

EP 1 739 194 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
09.01.2013 Patentblatt 2013/02

(51) Int Cl.:
C21B 11/02 (2006.01)

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
30.01.2008 Patentblatt 2008/05

(21) Anmeldenummer: **06116219.4**

(22) Anmeldetag: **28.06.2006**

(54) Verfahren zur Überschall-Eindüsung eines Oxidationsmittels in einen Schmelzofen

Method of ultrasonic injection of an oxidation agent in a melting furnace

Procédé pour l'injection par ultrasons d'un agent d'oxidation dans un four de fusion

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR

• **Grognet, Philippe**
Messer France SAS
Appl. Tech.
75019, Paris (FR)

(30) Priorität: **02.07.2005 DE 102005031019**

(74) Vertreter: **Münzel, Joachim R.**
Messer Group GmbH
Messer-Platz 1
65812 Bad Soden (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.01.2007 Patentblatt 2007/01

(73) Patentinhaber: **Messer France S.A.S.**
92601 Asnières sur Seine Cédex (FR)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 946 848 EP-A- 0 992 753
EP-A- 1 242 781 DE-A1- 10 249 235
DE-A1- 19 729 624

(72) Erfinder:
• **Arnoux, Stéphane**
c/o Messer France SAS
Appl. Techn
F-95160, Montmorency (FR)

EP 1 739 194 B2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Schmelzofens, bei dem Einsatzstoffe, Brennstoff, und wenigstens ein Oxidationsmittel einer Schmelzzone zugeführt werden, wobei das Oxidationsmittel mittels mehrerer, um den Umfang des Schmelzofens in vorzugsweise gleichen Winkelabständen angeordneter Injektoren mit Überschallgeschwindigkeit in die Schmelzzone eingedüst wird und das Eindüsen zumindest in einem Verfahrensabschnitt durch eine zeitliche Abfolge von Fließ- und Ruhephasen (Pulse) der einzelnen Injektoren erfolgt.

[0002] Ein bekanntes Verfahren zur überschall-Eindüstung eines Oxidationsmittels in einen Kupolofen wird in der EP 0 946 848 B1 beschrieben. Bei diesem Verfahren werden im oberen Teil des Ofenschachtes die zu erschmelzenden metallischen Einsatzstoffe und als Energieträger Koks zugeführt. Im unteren Teil des Ofenschachtes wird zur Verbrennung des Energieträgers und zur Erzeugung einer heißen Schmelzzone Luft und zusätzlich Sauerstoff eingedüst. Die Zufuhr von Sauerstoff erhöht die Temperatur in der Schmelzzone und steigert die Schmelzleistung des Kupolofens. Um die Eindringtiefe des Sauerstoffstromes zu erhöhen, wird dieser zusammen mit einem Brenngas mittels sogenannter Sauerstoff-Injektionslanzen mit Überschallgeschwindigkeit in die Schmelzzone eingedüst. Hierzu sind in die Sauerstoff-Injektionslanzen jeweils Laval-Düsen eingesetzt.

[0003] Die Regelung der über eine Laval-Düse in die Schmelzzone eingebrachten Sauerstoffmenge ist jedoch problematisch. Aus physikalischen Gründen ist es nicht möglich, die Sauerstoffmenge herunterzeregeln, ohne die Strömungsgeschwindigkeit auf Schallgeschwindigkeit oder darunter zu drosseln. Dies führt dazu, daß bei einer für einen Betriebszustand des Schmelzofens ausgelegten vorgegebenen Bestückung mit Sauerstoff-Injektionslanzen der Sauerstoffeintrag in den Schmelzofen nicht verringert werden kann, ohne die Überschallgeschwindigkeit und damit deren Wirkung hinsichtlich der Eindringtiefe des Sauerstoffstromes aufzuheben.

[0004] In der EP 1 242 781 B1 wird ein verbessertes Verfahren zum Betreiben eines Schmelzofens beschrieben, bei dem das Eindüsen des Sauerstoffs in Form von Pulsen, d.h. durch eine zeitliche Abfolge von Fließphasen, während derer Sauerstoff eingedüst wird, und Ruhephasen, während derer kein Sauerstoff mit überschall zugeführt wird, erfolgt. Werden mehrere symmetrisch um den Umfang des Schmelzofens angeordnete Sauerstoffinjektionslanzen eingesetzt, können die Sauerstofflanzen synchron, also gleichzeitig pulsend, oder aber asynchron, also zeitlich versetzt zueinander, betrieben werden; die Pulsdauern aller Injektoren sind dabei jedoch stets gleich, um eine gleichmäßige Sauerstoffzufuhr zu ermöglichen. Um die insgesamt zugeführte Sauerstoffmenge zu regulieren, wird die Gesamtdauer der Fließphasen durch Änderungen des Verhältnisses der

Dauern von Fließphase zu Ruhephase sowie der Pulsfrequenz variiert; vorzugsweise beträgt die Dauer der Fließphasen zwischen 50% und 99% der Dauer des gesamten Verfahrensabschnitts.

[0005] Das Verfahren hat sich in der Praxis gut bewährt. Beim Einsatz in hinsichtlich ihrer Sauerstoffeintragskapazität überdimensionierten Öfen sind mitunter jedoch Ruhephasen erforderlich, deren Gesamtdauer 50% der Dauer des jeweiligen Verfahrensabschnitts deutlich übersteigt. Dies führt zu einer ungünstigen Beeinflussung des Schmelzergebnisses.

[0006] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mittels dem der Schmelzbetrieb in einem Schmelzofen, insbesondere in einem Schachtofen, der mit mehreren Injektoren zum Eindüsen eines Oxidationsmittels mit Überschallgeschwindigkeit ausgestattet ist, wohldosiert und gleichmäßig gestaltet werden kann.

[0007] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0008] Die Menge an Oxidationsmittel, die dem Schmelzofen pro Zeiteinheit mit überschall zugeführt wird, lässt sich durch folgende Formel beschreiben:

$$D = \frac{(N - N_c) \cdot Q \cdot (T - T_{eff})}{T}$$

mit

$$T = T_{eff} + T_{ceff}$$

[0009] Dabei ist

D : Menge des in die Schmelzzone mit überschall eingeleiteten Oxidationsmittels pro Zeiteinheit
 T_{ieff} : Effektive Dauer der Fließphasen der Injektoren
 T_{ceff} : Effektive Dauer der Ruhephasen der Injektoren
 N : Gesamtzahl an Injektoren
 N_c : Zahl der nicht zugeschalteten Injektoren
 Q : maximaler Fluss durch einen Injektor pro Zeiteinheit

[0010] Als "effektive Dauer der Fließphasen" bzw. "effektive Dauer der Ruhephasen" soll dabei die gegebenenfalls auf einen oder mehreren Pulse verteilte Gesamtdauer verstanden werden, während der der Injektor geöffnet, also in Fließphase, oder geschlossen, also in Ruhephase ist. Während einer Fließphase wird das Oxidationsmittel mit Überschallgeschwindigkeit in die Schmelzzone eingedüst und während einer Ruhephase wird das Eindüsen auf eine Geschwindigkeit unterhalb von Überschallgeschwindigkeit gedrosselt oder gänzlich abgestellt. Der Einstellbereich für die Menge des in die

Schmelzzone mit überschall eingedüsten Oxidationsmittels bewegt sich zwischen Null (bei einer gegen Null gehenden Dauer der Fließphase) und der maximalen Auslegungsmenge aller eingesetzten Injektoren (bei Vollastbetrieb aller Injektoren und einer gegen Null gehenden Dauer der Ruhephase). Somit lässt sich die Menge des in die Schmelzzone mit überschall eingedüsten Oxidationsmittels in weitem Rahmen variieren. In Abhängigkeit von der erforderlichen Gesamtmenge an mit überschall zuzuführendem Oxidationsmittel pro Zeiteinheit kann die Zahl der zugeschalteten Injektoren und die jeweilige effektive Öffnungsdauer nach obiger Formel (1) leicht berechnet werden. Die Formel (1) bietet daher eine gute Grundlage für eine automatisierte Steuerung der Injektoren. Durch Angabe der pro Zeiteinheit mit überschall zuzuführenden Menge an Oxidationsmittel kann mittels eines Computerprogramms die Zahl der zugeschalteten Injektoren sowie der effektiven Dauern der Fließ- und Ruhephasen bestimmt werden. In einem solchen Computerprogramm können auch empirisch erfasste Werte über die für die jeweilige Einstellung optimale Pulsfrequenz und ggf. eine optimierte Abfolge verschiedener Pulse sowie über und den optimalen Arbeitsbereich der eingesetzten Injektoren einbezogen werden.

[0011] Durch das Wechselspiel von Änderung des Verhältnisses aus Fließ- und Ruhephase einerseits und Änderung der Anzahl der mit überschall eindüsenden Injektoren andererseits wird der Zustrom an Oxidationsmittel in die Schmelzzone sowohl zeitlich als auch räumlich optimiert. Der Oxidationsmittelstrom wird sehr genau beeinflusst, ohne dass dadurch die überschalleindüsung beeinträchtigt wird. Zu lange Ruhephasen, während derer kein Oxidationsmittel mit überschall eingedüst wird, werden ebenso vermieden wie eine ungleichförmige Beaufschlagung der Schmelzzone. Der Ausstoß an Schadstoffen wie NO_x und CO wird deutlich reduziert. Ebenso kann der Materialverschleiß am Ofen, wie auch der Verbrauch an Brennstoffen, Koks und elektrischer Energie gesenkt werden. Das erfindungsgemäße Verfahren ist insbesondere für Schmelzprozesse geeignet, bei denen unter Verbrennung eines Brennstoffes mit einem Oxidationsmittel in einem Schmelzofen eine Schmelzzone erzeugt wird, in der ein Einsatzstoff erschmolzen wird. Hierfür kommen die Schachtöfen in Frage, insbesondere Kupolöfen, wie Heißwind-, Warmwind-, Kaltwind-, Sekundärwind-, Langzeit-, oder Wechselöfen. Das Einsatzmaterial wird dem Schmelzofen zum Beispiel in Form von Stahlschrott, Gußbruch, Roheisen oder Spänen zugegeben. Es werden auch nichtmetallische Zuschlagstoffe wie Koks, Siliziumcarbid, Ferrosilizium, Ferromangan, Kalk und Kies eingesetzt. Beim Oxidationsmittel handelt es sich bevorzugt um Sauerstoff. Zusätzlich kann ein weiteres Oxidationsmittel, beispielsweise Luft, in die Schmelzzone zeitlich konstant oder ebenfalls pulsierend eingebracht werden.

[0012] Erfindungsgemäß wird die Zufuhr des Oxidationsmittels derart geregelt, dass dann, wenn die Differenz zwischen der maximal möglichen Leistung aller mit über-

schall eindüsenden Injektoren und der mit überschall zuzuführenden Oxidationsmittelmenge der maximalen Leistung eines einzelnen Injektors entspricht, die Zahl der mit überschall eindüsenden Injektoren um eins verkleinert und dann, wenn die mit überschall zuzuführende Oxidationsmittelmenge die maximal mögliche Leistung aller mit überschall eindüsenden Injektoren übersteigt, die Zahl der mit überschall eindüsenden Injektoren um eins vergrößert wird, wobei jeweils anschließend die mit überschalleindüsung zuzuführende Oxidationsmittelmenge gleichmäßig auf die mit überschall eindüsenden Injektoren verteilt wird. Bei Vollast arbeiten alle also Injektoren des Schmelzofens im kontinuierlichen Betrieb. Ist es erforderlich, die Zufuhr an mit überschall eingedüstem Oxidationsmittel zu reduzieren, gehen zunächst alle Injektoren in einen pulsweisen Betrieb über, d.h. alle Injektoren werden in einer Abfolge aus Fließphase und Ruhephase betreiben, entsprechend dem in der EP 1 242 781 B1 beschriebenen Verfahren, wobei die insgesamt mit überschall zugeführte Menge an Oxidationsmittel durch die Änderung des Verhältnisses aus Fließ- und Ruhephase eingestellt wird. Je geringer der Bedarf an Oxidationsmittel ist, desto länger ist die Dauer der Ruhephasen der Injektoren. Sinkt der Bedarf derart, dass die Summe der Ruhephasen aller Injektoren insgesamt der maximalen Leistung eines einzelnen Injektors entspricht, wird einer der Injektoren abgeschaltet. Der Gesamtfluss des mit überschall eingedüsten Oxidationsmittels wird gleichmäßig auf die zugeschalteten Injektoren verteilt, d.h. die verbliebenen zugeschalteten Injektoren arbeiten zunächst in Vollast, und gehen in den pulsweisen Betrieb über, sobald der Bedarf weiter reduziert wird. Entsprechendes gilt bei einer Erhöhung des Bedarfs.

[0013] Vorzugsweise erfolgt die Abschaltung derart, dass die verbliebenen zugeschalteten Injektoren gleichmäßig um den Umfang des Schmelzofens verteilt sind. Es ist jedoch auch möglich, dass die Injektoren asymmetrisch am Schmelzofen betrieben werden und nach einer nicht allzu langen Zeitdauer ein Wechsel der zugeschalteten Injektoren erfolgt. Da Ziel ist dabei in jedem Fall, die Schmelzzone des Schmelzofens möglichst gleichmäßig mit Sauerstoff zu beaufschlagen.

[0014] Arbeiten die zugeschalteten Injektoren im Pulsbetrieb, sieht eine abermals vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Fließ- und Ruhephasen der zugeschalteten Injektoren derart aufeinander abgestimmt sind, dass die zugeschalteten Injektoren alternierend zueinander angesteuert werden. Damit wird auch in zeitlicher Hinsicht eine sehr gleichmäßige Beaufschlagung der Schmelzzone mit Oxidationsmittel erzielt.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert:

[0015] In den oberen Teil des Schachts eines Kupolofens werden kontinuierlich Stahlschrott, Späne, Roheisen, Kreislaufmaterial und nichtmetallische Zuschlagstoffe wie Koks und Kalk zugegeben. Im unteren Bereich

des Schachtes wird Luft - der sogenannte Ofenwind - über einen Windring und von dort in die Schmelzzone eingeführt. Die Zufuhr rate an Luft beträgt konstant 10 000 m³/h. Im unteren Teil des Ofenschachtes sind um die Schmelzzone herum sechs, untereinander baugleiche Sauerstoff-Injektionslanzen in gleichen Winkelabständen angeordnet. Mittels der Sauerstoff-Injektionslanzen wird technischer Sauerstoff mit Überschallgeschwindigkeit in die Schmelzzone eingedüst. Durch diese Eindüsung ergibt sich eine große Eindringtiefe des Sauerstoffstromes, so daß die Temperatur in der Schmelzzone erhöht und die Schmelzleistung des Kupolofens gesteigert wird. In die Sauerstoff-Injektionslanzen sind jeweils Laval-Düsen eingesetzt.

[0016] Die Regelung der Sauerstoffzufuhr erfolgt folgendermaßen: Im Voillastbetrieb erfolgt die Zufuhr über sämtliche Injektoren. Bei einer Reduktion der Sauerstoffanforderung gehen die Injektoren in einen pulsweisen Betrieb über, d.h. die Zuführung des Sauerstoffs erfolgt bei diesen Lanzen in diskreten Zeitabständen in Form einer Abfolge von Fließphase und Ruhephase, deren Dauer sich aus der jeweiligen Sauerstoffanforderung ergibt. Je geringer der Sauerstoffbedarf ist, desto länger ist die Dauer der Ruhephasen der Injektoren. Um die Sauerstoffzuführung möglichst gleichmäßig zu gestalten, werden die Injektoren abwechselnd in Pulsen unterschiedlicher Länge gefahren, wobei jedoch darauf geachtet wird, dass die Injektion stets im Wesentlichen symmetrisch zur Mittelachse des Ofens erfolgt. Wird die Sauerstoffanforderung um einen Wert reduziert, der der Leistung eines Injektors entspricht, so wird ein Injektor abgeschaltet, wobei die Abschaltung in der Weise erfolgt, dass die noch zugeschalteten Injektoren die Schmelzzone des Schachtofens möglichst gleichmäßig beaufschlagen. Gleichzeitig verkürzen sich mit Abschaltung des Injektors die Ruhephasen der zugeschalteten Injektoren entsprechend, um einen stetigen Übergang der Oxidationsmittelmengenzufuhr sicher zu stellen. Die zugeschalteten Injektoren werden in gleicher Weise wie oben beschrieben betrieben. In diesem Betriebszustand ist es zweckmäßig, die zugeschalteten Injektoren alternierend anzusteuern. Um eine gleichmäßige Nutzung der Injektoren sicherzustellen, werden in nachfolgenden Verfahrensschritten oder beim Aufschmelzen einer nachfolgenden Charge bevorzugt die während des beschriebenen Verfahrensschritts abgeschalteten Injektoren zugeschaltet, so dass jeweils ein Wechsel der zuzuschaltenden Injektoren erfolgt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Schmelzofens, bei dem Einsatzstoffe, Brennstoff, und wenigstens ein Oxidationsmittel einer Schmelzzone zugeführt werden, wobei das Oxidationsmittel mittels mehrerer, um den Umfang des Schmelzofens in vorzugsweise gleichen Winkelabständen angeordneter Injektoren

mit Überschallgeschwindigkeit in die Schmelzzone eingedüst wird und das Eindüsen zumindest in einem Verfahrensabschnitt durch ein zeitliches Aufeinanderfolgen von Fließ- und Ruhephasen (Pulse) der einzelnen Injektoren erfolgt,

sowie in Abhängigkeit von einer vorgegebenen oder laufend ermittelten zuzuführenden Oxidationsmittelmenge nach einem vorgegebenen Programm das Verhältnis aus Fließ- und Ruhephase der Injektoren sowie die Anzahl der mit überschall eindüsenden Injektoren derart variiert wird, dass ein stetiger Verlauf der mit überschall zugeführten Oxidationsmittelmenge sowie ein die Schmelzzone im wesentlichen gleichmäßig abdeckendes Strömungsbild erreicht wird,

dadurch gekennzeichnet, dass jeweils dann, wenn die Differenz zwischen der maximalen Leistung aller mit überschall eindüsenden Injektoren und der insgesamt mit überschalleindüsung zuzuführenden Oxidationsmittelmenge der maximalen Leistung eines einzelnen Injektors entspricht, die Zahl der mit überschall eindüsenden Injektoren um eins verkleinert wird und dann, wenn die mit überschalleindüsung zuzuführende Oxidationsmittelmenge die maximale Leistung aller mit überschall eindüsenden Injektoren übersteigt, die Zahl der mit überschall eindüsenden Injektoren um eins vergrößert wird wobei jeweils anschließend die mit überschalleindüsung zuzuführende Oxidationsmittelmenge gleichmäßig auf die mit überschall eindüsenden Injektoren verteilt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die jeweils mit überschall eindüsenden Injektoren gleichmäßig um den Umfang des Schmelzofens angeordnet werden.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fließ- und Ruhephasen der im Pulsbetrieb arbeitenden mit überschall eindüsenden Injektoren derart aufeinander abgestimmt werden, dass die mit überschall eindüsenden Injektoren alternierend angesteuert werden.

Claims

1. Method for operating a melting furnace, wherein charge materials, fuel and at least one oxidizing agent are fed to a melting zone, the oxidizing agent being injected into the melting zone at supersonic speed by means of a plurality of injectors which are arranged at preferably equal angular intervals around the periphery of the melting furnace, and the injection, at least in one process step, being effected by a temporal sequence of flow and rest phases

(pulses) of the individual injectors, and the ratio of flow and rest phases of the injectors and the number of injectors injecting supersonically are varied according to a predetermined program as a function of a predetermined or continuously determined quantity of oxidizing agent that is to be supplied, in such a manner as to achieve a smooth profile of the quantity of oxidizing agent supplied supersonically and a flow pattern that substantially uniformly covers the melting zone, **characterized in that** whenever the difference between the maximum power of all the injectors injecting supersonically and the total quantity of oxidizing agent to be supplied by ultrasonic injection corresponds to the maximum power of a single injector, the number of injectors injecting supersonically is reduced by one, and whenever the quantity of oxidizing agent to be supplied by ultrasonic injection exceeds the maximum power of all the injectors injecting supersonically, the number of injectors injecting supersonically is increased by one, wherein thereafter in each case the quantity of oxidizing agent to be supplied by ultrasonic injection is distributed uniformly between the injectors that are injecting supersonically.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the injectors which are in each case injecting supersonically are arranged uniformly around the periphery of the melting furnace.
3. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the flow and rest phases of the injectors which are operating in pulsed mode and are injecting supersonically are adapted to one another in such manner that the injectors which are injecting supersonically are actuated alternately.

Revendications

1. Procédé d'exploitation d'un four de fusion, dans lequel des matériaux de charge, du combustible et au moins un agent oxydant sont introduits dans une zone de fusion, l'agent oxydant étant injecté dans la zone de fusion à une vitesse supersonique au moyen d'une pluralité d'injecteurs disposés à des intervalles angulaires de préférence égaux autour de la périphérie du four de fusion, et l'injection, à au moins une des étapes du processus, est effectuée par une séquence temporelle de phases d'écoulement et de repos (impulsions) des injecteurs individuels, et on fait varier le rapport des phases d'écoulement et de repos des injecteurs et le nombre d'injecteurs injectant de manière supersonique selon un programme prédéterminé en fonction d'une quantité prédéterminée ou déterminée en continu d'agent oxydant à fournir, de manière à réaliser un profil lisse de la quantité d'agent oxydant fournie de manière super-

sonique et un schéma d'écoulement qui recouvre de façon sensiblement uniforme la zone de fusion, **caractérisé en ce que**, chaque fois que la différence entre la capacité maximale de tous les injecteurs injectant de manière supersonique et la quantité totale d'agent oxydant à fournir par injection supersonique correspond à la capacité maximale d'un seul injecteur, le nombre d'injecteurs injectant de manière supersonique est réduit d'une unité, et **en ce que**, chaque fois que la quantité d'agent oxydant à fournir par injection supersonique dépasse la capacité maximale de tous les injecteurs injectant de manière supersonique, le nombre d'injecteurs injectant de manière supersonique est augmenté d'une unité, la quantité d'agent oxydant à fournir par injection supersonique étant ensuite, dans chaque cas, répartie uniformément entre les injecteurs injectant de manière supersonique.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les injecteurs qui sont, dans chaque cas, en cours d'injection de manière supersonique sont disposés uniformément autour de la périphérie du four de fusion.
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les phases d'écoulement et de repos des injecteurs fonctionnant en mode pulsé et injectant de manière supersonique sont adaptées les unes aux autres de telle manière que les injecteurs injectant de manière supersonique soient actionnés alternativement.

EP 1 739 194 B2

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

- EP 0946848 B1 [0002]
- EP 1242781 B1 [0004] [0012]