

(19)



(11)

EP 4 521 048 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.03.2025 Patentblatt 2025/11

(21) Anmeldenummer: **23196140.0**

(22) Anmeldetag: **08.09.2023**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F27B 3/08 ^(2006.01) **F27D 11/08** ^(2006.01)
F27D 11/10 ^(2006.01) **C21B 13/12** ^(2006.01)
C21C 5/52 ^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F27B 3/085; C21B 13/0006; C21B 13/12;
C21C 5/562; F27D 11/08; F27D 11/10; C21C 5/52;
C21C 5/5217

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

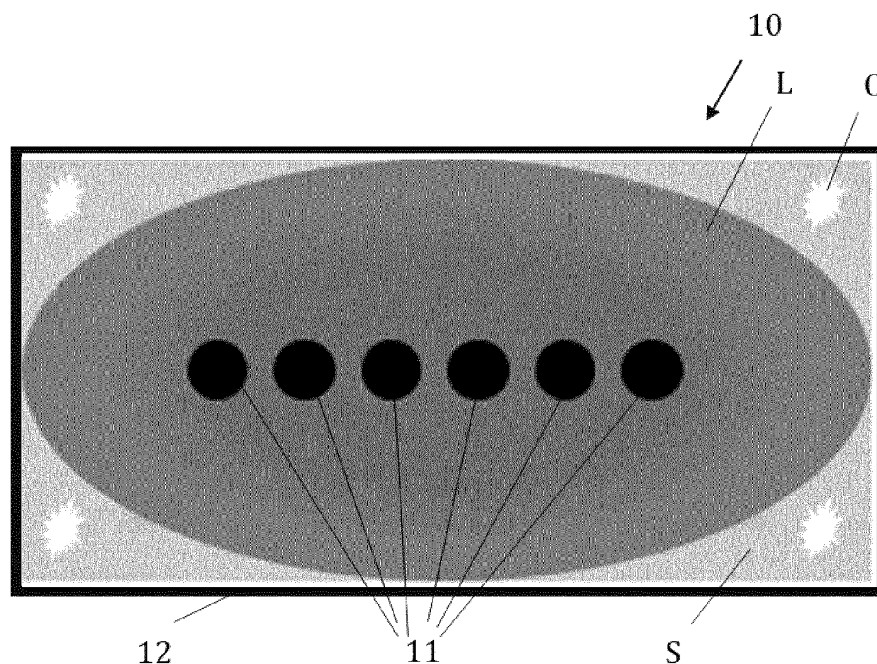
(71) Anmelder: **ThyssenKrupp Steel Europe AG**
47166 Duisburg (DE)

(72) Erfinder:
• **Fabry, Matthias Jonas**
48147 Münster (DE)
• **Kohnen, Dr. Boris**
45968 Gladbeck (DE)
• **Schubert, Dr. Daniel**
47057 Duisburg (DE)
• **Sommerfeld, Marcus**
47057 Duisburg (DE)

(74) Vertreter: **ThyssenKrupp Steel Europe AG**
Patente/Patent Department
Kaiser-Wilhelm-Straße 100
47166 Duisburg (DE)

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES ELEKTRISCHEN EINSCHMELZERS**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines elektrischen Einschmelzers (10).



Figur 1

EP 4 521 048 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines elektrischen Einschmelzers.

[0002] Die mittels Elektroden bereitgestellte Energie wird zum Erschmelzen der in elektrischen Einschmelzern eingebrachten Einsatzstoffe verwendet. Dabei wird ein Großteil der (Gesamt-) Energie in thermische Energie umgewandelt, welche zum Erschmelzen der Einsatzstoffe führt, und ein weiterer Teil zur Erwärmung der Zustellung des Einschmelzers führt. Um die Zustellung vor thermischer Belastung zu schützen, wird die Einschmelzerwandung (aktiv) gekühlt. Dadurch geht ein Teil der eingebrachten Energie durch die Kühlung wieder verloren. Um einen elektrischen Einschmelzer wirtschaftlich zu betreiben, wird der Einschmelzprozess in der sogenannten und der Fachwelt bekannten Sumpffahrweise umgesetzt. Das bedeutet, dass bei der Entleerung des elektrischen Einschmelzers die Flüssigschlacke und die darunter befindliche Eisenschmelze in unterschiedliche Behälternisse "abgestochen" werden und eine (bodendeckende) Resteischmelze mit einem darüberliegenden Schlackenschicht im Einschmelzer verbleibt, auf welche die neu zu erschmelzenden Einsatzstoffe eingebracht werden und der Prozess durch Beaufschlagung der Elektroden mit Energie kontinuierlich fortgeführt wird. Dadurch gehören die Verfahren und Vorrichtungen zum Herstellen von Eisenschmelzen in elektrischen Einschmelzern zum Stand der Technik.

[0003] Des Weiteren sind elektrische Einschmelzer, beispielsweise mit einer rechteckigen (horizontalen) Grundstruktur bekannt, s. beispielhaft EP 2 270 239 B1 und EP 3 542 595 B1. Durch die bekannte Sumpffahrweise ist auch bei einer rechteckigen horizontalen Grundstruktur der untere Teil des elektrischen Einschmelzers mit Resteischmelze und Schlacke bedeckt, während der Einschmelzer mit neuen Einsatzstoffen gefüllt wird. Zum Erschmelzen der Einsatzstoffe auf der gesamten rechteckigen horizontalen Grundstruktur ist ein hoher Energieeintrag über die Elektroden erforderlich, da der Abstand zur Einschmelzerwandung im Vergleich zu einem Einschmelzer mit einer kreisförmigen (horizontalen) Grundstruktur je nach Ausführung, Anzahl der Elektroden und Größe der Grundstruktur und dadurch bedingt der Energieeintrag höher ist, um eine vollständige Flüssigphase über die gesamte Fläche/Volumen des Einschmelzers zu erzeugen.

[0004] Ferner ist aus dem Stand der Technik bekannt, Gaslanzen an/in elektrischen Lichtbogenöfen vorzusehen, über welche Sauerstoff eingeblasen werden, um entweder das in der Atmosphäre vorhandene Kohlenstoffmonoxid zu Kohlenstoffdioxid zu verbrennen, vgl. DE 197 44 151 C5, oder um in Kombination mit einem kohlenstoffhaltigen Material ein bestimmtes Kohlenstoff-Sauerstoff-Verhältnis einzustellen, vgl. EP 4 029 954 B1, wobei in beiden Fällen bereits eine vollständige Flüssigphase vorliegt. Es werden auch Sauerstoffanlagen dazu verwendet, um mit Hilfe von unterstöchiometrischer Ver-

brennung CO Blasen zu erzeugen, um die Schlacke aufzuschäumen.

[0005] Durch Einbringung der elektrischen Energie können aufgrund von langsamem Wärmetransport lokal kalte Stellen, sogenannte "cold spots", im Einschmelzer entstehen. Dies führt zur einer Verringerung des effektiven Einschmelzervolumens, was eine Verminderung der Produktionsleistung bedeuten kann.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, dieses Verfahren und elektrische Einschmelzer derart weiterzuentwickeln, welches bzw. in welchen das Entstehen von "cold spots" im Wesentlichen reduziert oder verhindert werden kann.

[0007] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Ferner wird die Aufgabe durch einen elektrischen Einschmelzer mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst. Weiterführende Ausgestaltungen sind den Unteransprüchen beschrieben.

[0008] Die Erfindung betrifft gemäß einer ersten Lehre ein Verfahren zum Betreiben eines elektrischen Einschmelzers, in welchem Eisenschmelze und Flüssigschlacke durch Einbringen und Erschmelzen von eisenhaltigen Einsatzstoffen erzeugt wird, wobei der elektrische Einschmelzer mehrere Elektroden umfasst, welche die zum Erschmelzen benötigte Energie bereitstellen, um die Einsatzstoffe in eine Flüssigphase umfassend die Eisenschmelze und die auf der Eisenschmelze angeordnete Flüssigschlacke zu überführen, wobei während des Betriebes im Einschmelzer eine reduzierende Atmosphäre eingestellt und/oder aufrechterhalten wird, wobei zusätzliche Mittel angeordnet sind, welche während des Betriebes angesteuert werden, um unterstützend die Einsatzstoffe lokal zu erwärmen und optional in die Flüssigphase zu überführen.

[0009] Die Erfindung macht sich die Tatsache zunutze, dass zusätzliche Mittel vorgesehen sind, welche zusätzliche Energie bereitstellen, um die "cold spots" im Einschmelzer zu reduzieren oder gar zu vermeiden. Dabei dienen die Mittel, welche während des Betriebes angesteuert werden können, zum lokalen Erwärmen der Einsatzstoffe, das heißt, dass die Bereiche, welche mit zusätzlicher Energie beaufschlagt werden noch nicht flüssig sind. Diese Bereiche können optional auch bis zum Erschmelzen der Einsatzstoffe mit Energie versorgt werden, ist aber nicht erforderlich, wenn der Wärmetransport von den Elektroden ausreichend ist, um auch die noch festen Bereiche in die Flüssigphase zu überführen.

[0010] Der Vorteil der zusätzlichen Mittel führt im Wesentlichen zu einer Verringerung des Temperaturgradienten zwischen fester und flüssiger Phase, zu einer Erhöhung des effektiven Einschmelzervolumens, zu einer Homogenisierung der Flüssigschlacken- und Eisenschmelzzusammensetzung, und somit letztendlich zu einer effektiven Produktionssteigerung. Die zusätzlichen Mittel werden insbesondere temporär und somit nach Bedarf angesteuert.

[0011] Gemäß einer Ausgestaltung sind die zusätzlichen Mittel im Bereich der Einschmelzerwandung angeordnet und werden derart angesteuert, dass sich eine Temperatur der Einsatzstoffe einstellt, welche mindestens 200 K unterhalb der Liquidus-Temperatur TL der Einsatzstoffe beträgt. Es ist nicht zwingend erforderlich, die Mittel anzusteuern, so dass die Einsatzstoffe unbedingt Liquidus-Temperatur TL erreichen müssen. Die Temperatur der Einsatzstoffe kann insbesondere auf mindestens 150 K, vorzugsweise auf mindestens 100 K, bevorzugt auf mindestens 50 K unterhalb der Liquidus-Temperatur TL angesteuert werden. Alternativ können auch selbstverständlich die Mittel derart angesteuert werden, dass die Einsatzstoffe eine Temperatur gleich oder über der Liquidus-Temperatur TL erreichen, somit quasi erschmolzen werden.

[0012] Gemäß einer Ausgestaltung sind die Mittel Gaslanzen, durch welche ein sauerstoffhaltiges oder oxidativ wirkendes Gas geleitet und das Einleiten derart beeinflusst wird, dass die reduzierende Atmosphäre im Einschmelzer aufrechterhalten wird. In vorteilhafterweise wird ein sauerstoffhaltiges oder oxidativ wirkendes Gas eingeleitet, welches sich mit dem Gas in der Atmosphäre des Einschmelzers vormischt oder am Austritt der Gaslanze mischt und entzündet, wobei die Gaslanze und damit die Flamme auf die kalte Stelle gerichtet wird, um den Einsatzstoff zu erwärmen und optional zu erschmelzen. Die Atmosphäre im Einschmelzer enthält zündfähige Komponenten, u.a. Kohlenstoffmonoxid und Wasserstoff. Die Gaslanzen werden bevorzugt auf die "cold spots" während des Betriebes gerichtet oder angeordnet, um thermisch insbesondere temporär, schneller einen Temperatenausgleich zwischen der flüssigen und festen Phase zu erzielen.

[0013] Alternativ oder zusätzlich können die Mittel auch Brenner sein, welche mit einem Brenngas und einem sauerstoffhaltigen Gas, beispielsweise Luft, gespeist werden. Brenngas kann beispielsweise Anteile von Wasserstoff enthalten, welcher bevorzugt aus einer Elektrolyse mit grüner Energie (Wind, Wasser, Sonne) gewonnen werden kann. Auch die Verwendung von anderen Gasen, insbesondere brennbare Hüttengase sind denkbar. Die Luftzahl wird beispielsweise unterstöchiometrisch eingestellt, um eine reduzierende Atmosphäre im Einschmelzer aufrechtzuerhalten.

[0014] Gemäß einer alternativen oder zusätzlichen Ausgestaltung können die Mittel Elektroden sein. Die zusätzlichen Elektroden sind in den Bereichen angeordnet, in welchen "cold spots" während des Betriebes entstehen (können), um elektrisch, insbesondere temporär, schneller einen Temperatenausgleich zwischen der flüssigen und festen Phase zu erzielen.

[0015] Das Erfassen der "cold spots" kann entweder durch Vorversuche oder bei Auslegung des Einschmelzers simulativ ermittelt werden, so dass dem Fachmann bekannt ist, in welchem oder in welchen Bereichen die zusätzlichen Mittel vorzusehen bzw. anzuordnen sind.

[0016] Gemäß einer Ausgestaltung kommen als ei-

senhaltige Einsatzstoffe bevorzugt reduziertes Eisenerz in Form von Eisenschwamm-Stücken und/oder Eisenschwamm-Pellets mit einem Kohlenstoffgehalt zwischen 0 und 4,5 Gew.-%, insbesondere > 0 Gew.-%, und einem Metallisierungsgrad von mindestens 70 % zur Anwendung, insbesondere bis zu 100 % möglich, vorzugsweise bis zu 98 %. Der Metallisierungsgrad spiegelt das Verhältnis des metallischen Eisenanteils bezogen auf den gesamten Eisengehalt im Eisenschwamm wieder. Der Kohlenstoffgehalt hat auch einen Einfluss auf die Liquidus-Temperatur TL, so dass diese mit Zunahme des Kohlenstoffgehalts sinkt, was von Vorteil ist, da die erforderliche Energie zum Erschmelzen ebenfalls gesenkt werden kann. Falls die Eisenschmelze einen definierten Kohlenstoffgehalt, welcher zwischen 0, insbesondere > 0, und 4,5 Gew.-% liegen kann, nicht über die eisenhaltigen Einsatzstoffe bereitgestellt werden kann, sind kohlenstoffhaltige Zusatzstoffe in der Menge zu berücksichtigen, dass der gewünschte Kohlenstoffgehalt in der Eisenschmelze erreicht werden kann.

[0017] Der Einsatz der Erfindung ist beispielsweise auch bei elektrischen Einschmelzern denkbar, welche mit Schrott und/oder Rohstahl als eisenhaltige Einsatzstoffe betrieben werden.

[0018] Zusätzlich können im Bereich der Mittel Zusatzstoffe, insbesondere Hüttenkreislaufstoffe und/oder (Hütten-)Stäube, welche beispielsweise eisenhaltig sein können, zugegeben werden. Im Falle der Gaslanzen als Mittel können die Zusatzstoffe, beispielhaft eisenhaltiges Pulver und/oder Stäube, im Gasstrom des sauerstoffhaltigen oder oxidativ wirkenden Gases mit eingeblasen werden.

[0019] Die bevorzugte Verwendung von Eisenschwamm als eisenhaltiger Einsatzstoff bringt auch schlackenbildende Bestandteile mit sich, welche im Eisenerz naturgemäß enthalten sind und nicht in einem vorausgegangenen Reduktionsprozess ausgetrieben werden können, und als Gangart bezeichnet werden. Ist die über den Eisenschwamm bereitgestellte Gangart nicht ausreichend, können bei Bedarf weitere Schlackenbildner als Zusatzstoffe eingebracht werden, um eine weiterverarbeitbare flüssige Schlacke zu erzeugen. So werden gemäß einer Ausgestaltung bevorzugt Schlackenbildner zugegeben, dass sich eine Basizität B3 in der flüssigen Schlacke zwischen 0,7 und 1,8 einstellt. B3 kann insbesondere mindestens 1,0, vorzugsweise mindestens 1,1 und insbesondere maximal 1,7, vorzugsweise maximal 1,6 betragen. Die Basizität B3 entspricht dem Verhältnis $(CaO+MgO)$ zu $(SiO_2+Al_2O_3)$, wobei die Ermittlung der charakteristischen Größen in der Schlacke im festen Zustand dem Fachmann geläufig sind. Der Schlackenbildner umfasst mindestens eines oder mehrere der Elemente aus der Gruppe $(CaO, MgO, SiO_2, Al_2O_3)$.

[0020] Um eine Erhöhung der Reaktivität im Einschmelzer zu bewirken, können die Schlackenbildner alternativ oder zusätzlich über die Gaslanzen, welche bevorzugt als zusätzliche Mittel im Einschmelzer vor-

handen sind, im Gasstrom des sauerstoffhaltigen oder oxidativ wirkenden Gases mit eingeblasen werden. Vorteil wäre beispielsweise ein beschleunigtes Erwärmen und damit instantane Verflüssigen der eingebrachten Schlackenbildner.

[0021] Um die Recyclingrate zu verbessern bzw. erhöhen, kann Schrott zusätzlich zu den eisenhaltigen Einsatzstoffen, bevorzugt zu den Eisenschwamm-Stücken und/oder Eisenschwamm-Pellets zugegeben werden. Dies kann beispielsweise in der Art erfolgen, dass > 0 kg, insbesondere mindestens 20 kg, vorzugsweise mindestens 50 kg, bevorzugt mindestens 80 kg bis zu 200 kg Schrott pro erzeugter Tonne Eisenschmelze zugegeben werden kann.

[0022] Zum Erschmelzen der eisenhaltigen Feststoffe verfügt der elektrische Einschmelzer über mehrere Elektroden, welche mit elektrischem Strom beaufschlagbar sind und damit die erforderliche Energie bereitstellen, um die Feststoffe in eine Flüssigphase umfassend eine Eisenschmelze und eine Flüssigschlacke zu überführen. Je nach Größe/Dimension des elektrischen Einschmelzers können drei, vier, fünf, sechs oder mehr als sechs Elektroden verwendet werden. Die zum Erschmelzen benötigte Energie wird bevorzugt aus regenerativer Energie (Sonne, Wind, Wasser, Biomasse) bereitgestellt, zumindest zum Teil aus regenerativer Energie. Dadurch kann der elektrische Einschmelzer umweltfreundlicher betrieben werden.

[0023] Im Falle, dass zusätzliche Elektroden als Mittel zur Reduzierung oder Vermeidung von "cold spots" zum Einsatz kommen, können auch diese während des Betriebes zum Einsatz kommenden zusätzlichen Elektroden mit regenerativ erzeugter Energie gespeist werden, zumindest zum Teil aus regenerativer Energie.

[0024] Im Falle, dass zusätzliche Gaslanzen als Mittel zur Reduzierung oder Vermeidung von "cold spots" zum Einsatz kommen, kann vorzugsweise Sauerstoff als Gas gespeist werden, welches bevorzugt aus einer regenerativ betriebenen Elektrolyse oder Luftzerlegung stammt.

[0025] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist die Grundstruktur des elektrischen Einschmelzers im Wesentlichen rechteckig mit je zwei gleich langen gegenüberliegenden Seiten der Einschmelzerwandung ausgeführt, wobei die Elektroden, beispielsweise vier oder mehr, vorzugsweise in einer Reihe angeordnet sind.

[0026] Die Elektroden werden derart angesteuert, dass sich um die Elektroden herum eine Flüssigphase mit einer Temperatur von mehr als TL, beispielsweise von mindestens TL + 30 K, insbesondere mindestens TL + 50 K einstellt. Die Liquidus-Temperatur von reinem Eisen liegt theoretisch bei ca. 1538 °C. Die Temperatur bezieht sich im Wesentlichen auf die Temperatur der Eisenschmelze, welche mit bekannten Mitteln erfasst werden kann. Bekannte Messmittel sind beispielsweise direkt in die Eisenschmelze einzutauchende Thermoelemente oder kontaktlose Pyrometer. Auch kann es durchaus üblich sein, qualifizierte Annahmen zu treffen, die Rückschlüsse auf die Temperatur im Einschmelzer zu-

lassen, wie zum Beispiel ein optisches Verfolgen des Schmelzbades und Feststellen von unterschiedlich starker Strahlung, anderem Fließverhalten der Flüssigschlacke/Eisenschmelze, Änderungen der Morphologie sowie Erschmelzen von der Einsatzstoffe oder Messen der Temperatur(en) der Einschmelzerwandung. Das Ermitteln/Erfassen der Temperatur ist dem Fachmann geläufig.

[0027] Mittels bildgebenden Mitteln, beispielsweise mittels Kamera oder Kameras, kann der Einschmelzprozess (-zyklus) überwacht werden, beispielsweise in Form eines Temperaturprofil in Draufsicht. So können beispielsweise helle Bereiche, heiße und flüssige Phasen und dunkle, etwas kühlere, Mischphasen oder feste Phasen kennzeichnen, aber auch "cold spots". Da sich während des Erschmelzens und Überführens der Einsatzstoffe und optionalen Zusatzstoffe in eine Flüssigphase, welche die Eisenschmelze und die Flüssigschlacke umfasst, bildet sich die Flüssigschlacke aufgrund der geringeren Dichte im Vergleich zur Eisenschmelze auf der Eisenschmelze aus. Die Temperatur der in Draufsicht erfassten Flüssigphase entspricht somit nicht der Eisenschmelze sondern der darauf ausgebildeten Flüssigschlacke, welche mit bis zu 200 K (plus) von der tatsächlichen Temperatur der Eisenschmelze abweichen kann, insbesondere dann, wenn in dem Einschmelzer der Energieeintrag über die Flüssigschlacke erfolgt. Das Temperaturprofil kann daher im Bereich der Flüssigphase mit einem Korrekturfaktor in der bildbearbeitenden Software versehen werden, um die ungefähre Temperatur der Eisenschmelze bildhaft in hell/dunkel darstellen zu können.

[0028] Die Erfindung betrifft gemäß einer zweiten Lehre einen elektrischer Einschmelzer umfassend mehrere Elektroden mit einer rechteckigen Grundstruktur umgebende Einschmelzerwandung, wobei zusätzliche Mittel im Bereich der Einschmelzerwandung angeordnet sind.

[0029] Unter rechteckiger (horizontaler) Grundstruktur ist die grundlegende Form insbesondere des Innenraums des elektrischen Einschmelzers zum Erwärmen und letztendlich zum Erschmelzen der Einsatzstoffe und optionalen Zusatzstoffe im horizontalen (Quer-)Schnitt zu verstehen, wobei die Eckbereiche des Innenraums nicht unbedingt einen rechten Winkel aufweisen müssen.

[0030] Der elektrische Einschmelzer kann bevorzugt ein Ofen der Gattung OSBF (Open Slag Bath Furnace) sein. Hierzu zählen Elektroreduktionsöfen, vor allem SAF (Submerged Electric Arc Furnace), welche Schmelzöfen mit Lichtbogen-Widerstandserwärmung sind, die Lichtbögen zwischen der Elektrode und dem Einsatzstoff und/oder der Flüssigphase bilden oder welche den Einsatzstoff und/oder die Flüssigphase mittels Joule-Effekt erwärmen. Beim SAF sind die Elektroden in den Einsatzstoff und/oder die Flüssigphase, insbesondere in die Flüssigschlacke eingetaucht. Je nach Funktionsprinzip/Betriebsweise können die Elektroreduk-

tionsöfen als Wechselstrom-Lichtbogen-Reduktionsöfen (SAFac) oder Gleichstrom-Lichtbogen-Reduktionsöfen (SAFdc) ausgeführt sein.

[0031] Alternativ können auch Schmelzöfen mit direkter Lichtbogeneinwirkung, welche vom oben beschriebenen Funktionsprinzip/Betriebsweise abweichen, sogenannte EAF (Electric Arc Furnace) zum Einsatz kommen, welche Lichtbögen zwischen der Elektrode und der Flüssigphase bilden. Dies umfasst den Wechselstrom-Lichtbogen-Schmelzofen (EAFac), den Gleichstrom-Lichtbogen-Schmelzofen (EAFdc) und den Pfannenofen LF (Ladle Furnace).

[0032] Voraussetzung ist jedoch eine Einstellung und/oder Aufrechterhaltung einer reduzierten Atmosphäre im elektrischen Einschmelzer, quasi im Innenraum des elektrischen Einschmelzers. Sollte dies bei Einschmelzern mit direkter Lichtbogeneinwirkung (EAF) nicht möglich sein, kommen bevorzugt Elektroreduktionsöfen mit Lichtbogen-Widerstandserwärmung (SAF) zur Anwendung.

[0033] Gemäß einer Ausgestaltung sind die zusätzlichen Mittel bei einer rechteckigen Grundstruktur im Bereich der Ecken der Grundstruktur angeordnet. Da der Abstand zur Einschmelzerwandung von den im Mittenbereich zentral angeordneten Elektroden zum Erwärmen und Erschmelzen der Einsatzstoffe unterschiedlich ist, sind die Ecken oder Eckbereiche typische "cold spots", die thermisch und/oder elektrisch, insbesondere temporär, durch die entsprechenden Mittel mit Energie beaufschlagbar sind, um die vorgenannten Vorteile und damit verbunden auch eine Erhöhung der Produktionsleistung erzielen zu können.

[0034] Näher erläutert wird die Erfindung anhand der folgenden Ausführungsbeispiele in Verbindung mit der Zeichnung.

[0035] Die Erfindung wird mit Hilfe der Figuren 1 und 2 am Beispiel eines elektrischen Einschmelzers (10) mit einer rechteckigen (horizontalen) Grundstruktur näher erläutert. Zwar zeigen die Figuren 1 und 2 skizzenhaft ein Beispiel mit einer im Wesentlichen rechteckigen Grundstruktur, denkbar ist aber auch eine hier nicht dargestellte quadratische oder kreisförmige oder elliptische Grundstruktur in einem elektrischen Einschmelzer zu berücksichtigen.

[0036] Die Erfindung sieht ein Verfahren zum Betreiben eines elektrischen Einschmelzers (10) mit vorzugsweise einer rechteckigen Grundstruktur umgebende Einschmelzerwandung (12) vor, in welchem Eisenschmelze und Flüssigschlacke durch Einbringen und Erschmelzen von eisenhaltigen Einsatzstoffen (S) erzeugt wird. Über nicht dargestellte Mittel können die erforderlichen Einsatzstoffe zugeführt werden. Die eisenhaltigen Einsatzstoffe umfassen oder bestehen bevorzugt aus Eisenschwamm-Stücken und/oder -Pellets. Zusätzlich können auch weitere eisenhaltige Einsatzstoffe, wie zum Beispiel eisenhaltiger Schrott, um die Recyclingrate zu erhöhen, zugeführt werden. Weitere Zusatzstoffe, wie zum Beispiel Schlackenbildner wie

Kalk, Siliziumdioxid, Magnesiumoxid und/oder Aluminiumoxid können zusätzlich eingebracht werden, insbesondere wenn die sogenannte Gangart des vorzugsweise eingesetzten Eisenschwamms nicht ausreicht, um in Abhängigkeit davon, die gewünschte Basizität B3 der abzusteichenden Flüssigschlacke einstellen zu können. Die Einstellung der gewünschten Basizität durch entsprechende Mischung/Zugabe ist dem Fachmann geläufig. Die eingebrachte Menge an eisenhaltigen Einsatzstoffen bemisst sich an der gewünschten Ausbringung der Eisenschmelze. Der elektrische Einschmelzer (10) umfasst mehrere Elektroden (11), beispielsweise sechs in Reihe angeordnet, vgl. Figuren 1 und 2, welche die zum Erschmelzen benötigte Energie bereitstellen, um die Einsatzstoffe (S) in eine Flüssigphase (L) umfassend die Eisenschmelze und die auf der Eisenschmelze angeordnete Flüssigschlacke zu überführen, wobei während des Betriebes im Einschmelzer (10) eine reduzierende Atmosphäre eingestellt und/oder aufrechterhalten wird.

[0037] Die zum Erschmelzen benötigte elektrische Energie kann vorzugsweise aus regenerativer Energie (Sonne, Wind, Wasser) erzeugt worden sein.

[0038] Um das Entstehen von "cold spots" im Wesentlichen zu reduzieren oder gar zu verhindern, sind zusätzliche Mittel (E, O) angeordnet, welche während des Betriebes angesteuert werden, um unterstützend die Einsatzstoffe (S) zu Erwärmen und optional in die Flüssigphase (L) zu überführen. Die zusätzlichen Mittel (E, O) sind im Bereich der Einschmelzerwandung (12), vorzugsweise im Bereich der Ecken der Grundstruktur, angeordnet und werden derart angesteuert werden, dass sich eine Temperatur der Einsatzstoffe (S) einstellt, welche mindestens 200 K unterhalb der Liquidus-Temperatur TL der Einsatzstoffe (S) beträgt.

[0039] Der Unterschied zwischen den Figuren 1 und 2 ist, dass in Figur 1 als Mittel (O) Gaslanzen vorgesehen sind, durch welche ein sauerstoffhaltiges Gas geleitet und das Einleiten derart beeinflusst wird, dass die reduzierende Atmosphäre aufrechterhalten wird. Symbolisiert sind helle Bereiche in den Ecken, welche das Ausrichten der Gaslanzen (O) auf die Einsatzstoffe (S) darstellen sollen. In Figur 2 sind insbesondere alternativ zusätzliche Elektroden als Mittel (E) vorgesehen, welche durch im beispielsweise kleinere vom Umfang her im Vergleich zu den (Haupt-)Elektroden (11) Elektroden (E) in den Ecken dargestellt sind. Die zusätzlichen Elektroden (E) können von oben, insbesondere zustellbar sein, über welche entweder die Einsatzstoffe (S) mittels Lichtbogen-Widerstandserwärmung oder direkter Lichtbogeneinwirkung eine Erwärmung erzielt wird. Alternativ oder zusätzlich können die zusätzlichen Elektroden (E) auch im Boden des Einschmelzers (10) aufgenommen/integriert sein. Alternativ oder zusätzlich können auch nicht dargestellte Brenner zur Anwendung kommen. Es können auch mehr als nur eine Elektrode (E) je "cold spot" zur Anwendung kommen, hier nicht dargestellt.

[0040] Nicht dargestellt sind entsprechende Öffnun-

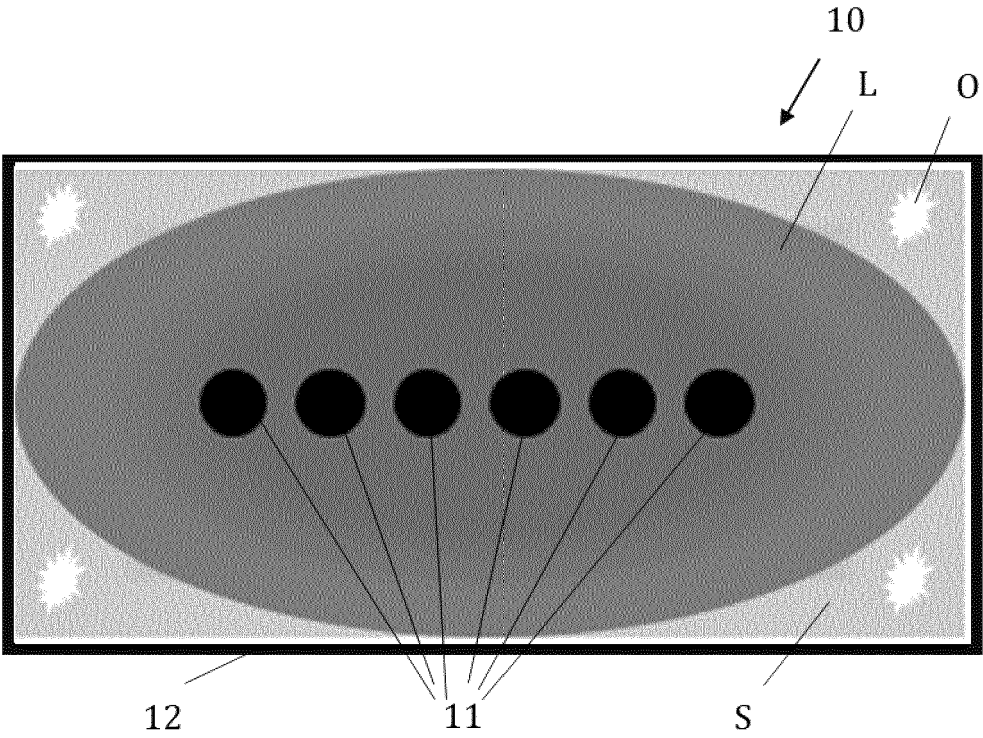
gen in der Einschmelzerwandung (12) vorgesehen, durch die Flüssigschlacke und die Eisenschmelze abgestochen/abgelassen werden können.

[0041] Der elektrische Einschmelzer (10) mit seiner vorzugsweise rechteckigen Grundstruktur ist feststehend und nicht schwenkbar ausgeführt. Das Betreiben von elektrischen Einschmelzern (10) ist dem Fachmann geläufig.

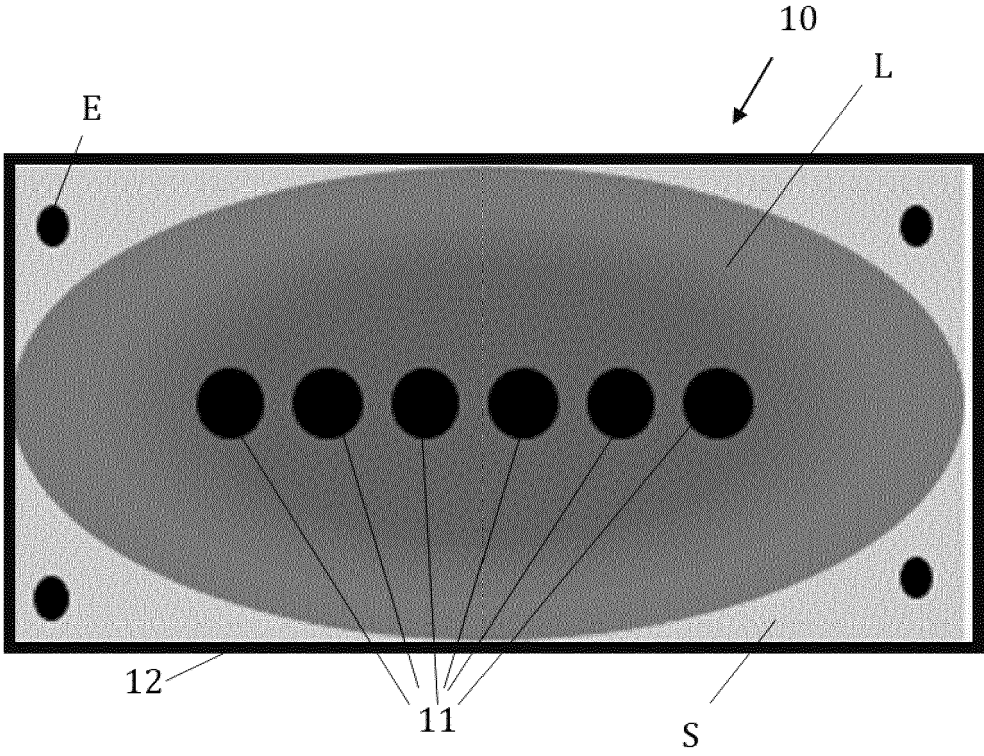
[0042] Ebenfalls nicht dargestellt ist, wie die Eisenschmelze entnommen und einem Weiterverarbeitungsschritt zugeführt wird. Bevorzugt wird die Eisenschmelze einem Behandeln zugeführt, um den Kohlenstoff in der Eisenschmelze auf ein gewünschtes Maß zu reduzieren. Dies erfolgt beispielsweise mittels Sauerstoff in einem sogenannten Sauerstoffblasprozess, besonders bevorzugt in einem Konverter. Auch die abgestochene Flüssigschlacke wird vorzugsweise einer Granulation zugeführt, um Schlacke insbesondere für die Bauindustrie zu erzeugen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines elektrischen Einschmelzers (10), in welchem Eisenschmelze und Flüssigschlacke durch Einbringen und Erschmelzen von eisenhaltigen Einsatzstoffen (S) erzeugt wird, wobei der elektrische Einschmelzer (10) mehrere Elektroden (11) umfasst, welche die zum Erschmelzen benötigte Energie bereitstellen, um die Einsatzstoffe (S) in eine Flüssigphase (L) umfassend die Eisenschmelze und die auf der Eisenschmelze angeordnete Flüssigschlacke zu überführen, wobei während des Betriebes im Einschmelzer (10) eine reduzierende Atmosphäre eingestellt und/oder aufrechterhalten wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzliche Mittel (E, O) angeordnet sind, welche während des Betriebes angesteuert werden, um unterstützend die Einsatzstoffe (S) zu Erwärmen und optional in die Flüssigphase (L) zu überführen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die zusätzlichen Mittel (E, O) im Bereich der Einschmelzerwandung (12) angeordnet sind und derart angesteuert werden, dass sich eine Temperatur der Einsatzstoffe (S) einstellt, welche mindestens 200 K unterhalb der Liquidus-Temperatur T_L der Einsatzstoffe (S) beträgt.
3. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei die Mittel (O) Gaslanzen sind, durch welche ein sauerstoffhaltiges Gas geleitet und das Einleiten derart beeinflusst wird, dass die reduzierende Atmosphäre aufrechterhalten wird.
4. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei die Mittel (E) Elektroden sind.
5. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei als eisenhaltige Einsatzstoffe reduziertes Eisenerz in Form von Eisenschwamm-Stücken und/oder Eisenschwamm-Pellets mit einem Kohlenstoffgehalt zwischen 0 und 4,5 Gew.-% und einem Metallisierungsgrad von mindestens 70 % zur Anwendung kommen.
6. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei Schlackenbildner zugegeben werden, welche mindestens eines oder mehrere der Elemente aus der Gruppe (CaO, MgO, SiO₂, Al₂O₃) umfassen, dass sich eine Basizität B3 in der Flüssigschlacke zwischen 0,7 und 1,8 einstellt.
7. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei die zum Erschmelzen benötigte Energie zumindest zum Teil aus regenerativer Energie bereitgestellt wird.
8. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, wobei die Grundstruktur des elektrischen Einschmelzers (10) rechteckig mit je zwei gleich langen gegenüberliegenden Seiten der Einschmelzerwandung (12) ausgeführt ist, wobei die Elektroden (11), vier oder mehr, vorzugsweise in einer Reihe angeordnet sind.
9. Elektrischer Einschmelzer (10) umfassend mehrere Elektroden (11) mit einer insbesondere eine rechteckige Grundstruktur umgebende Einschmelzerwandung (12), **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzliche Mittel (E, O) im Bereich der Einschmelzerwandung (12) angeordnet sind.
10. Elektrischer Einschmelzer (10) nach Anspruch 9, wobei die zusätzlichen Mittel (E, O) bei einer rechteckigen Grundstruktur im Bereich der Ecken der Grundstruktur angeordnet sind.



Figur 1



Figur 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 19 6140

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2009/151510 A1 (SHVER VALERY [US]) 18. Juni 2009 (2009-06-18)	1-3, 5-7	INV. F27B3/08 F27D11/08 F27D11/10 C21B13/12 C21C5/52
Y	* Absatz [0002] - Absatz [0019] * * Absatz [0058] - Absatz [0077] * * Abbildungen 1-13 *	4	
X	AT 407 398 B (VOEST ALPINE IND ANLAGEN [AT]) 26. Februar 2001 (2001-02-26)	1-3, 5-10	
Y	* Seite 7 * * Seite 10 - Seite 11 * * Abbildungen 1-6a *	4	
X	US 2010/252968 A1 (GLASS JOSHUA W [US]) 7. Oktober 2010 (2010-10-07)	1-3, 5-7	
Y	* Absatz [0033]; Abbildungen 1-8 *	4	
X	US 9 453 678 B2 (TETSUMOTO MASAHIKO [JP]; KOBE STEEL LTD [JP]) 27. September 2016 (2016-09-27)	1-3, 5-10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Y	* Abbildungen 1-5 *	4	
Y	US 5 471 495 A (BERGER HARALD [AT] ET AL) 28. November 1995 (1995-11-28) * Abbildungen 1-7 *	4	F27B F27D C21C C21B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 23. Januar 2024	Prüfer Desvignes, Rémi
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 23 19 6140

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten
Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

23-01-2024

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2009151510 A1	18-06-2009	US 2003000338 A1	02-01-2003
		US 2005005735 A1	13-01-2005
		US 2009151510 A1	18-06-2009

AT 407398 B	26-02-2001	AT 407398 B	26-02-2001
		TW 545486 U	01-08-2003
		ZA 994054 B	20-12-1999

US 2010252968 A1	07-10-2010	KEINE	

US 9453678 B2	27-09-2016	AU 2010304229 A1	05-04-2012
		CA 2773239 A1	14-04-2011
		CA 2783205 A1	14-04-2011
		CN 102575305 A	11-07-2012
		EP 2487265 A1	15-08-2012
		KR 20120085255 A	31-07-2012
		NZ 598672 A	28-06-2013
		NZ 601164 A	25-10-2013
		RU 2012118640 A	20-11-2013
		RU 2012132628 A	10-02-2014
		TW 201132919 A	01-10-2011
		US 2012193842 A1	02-08-2012
		WO 2011043472 A1	14-04-2011

US 5471495 A	28-11-1995	CA 2083129 A1	19-05-1993
		CN 1072459 A	26-05-1993
		EP 0548041 A2	23-06-1993
		JP 2875120 B2	24-03-1999
		JP H05223457 A	31-08-1993
		KR 930010512 A	22-06-1993
		PL 296650 A1	28-06-1993
		RU 2096706 C1	20-11-1997
		SK 341992 A3	06-07-1994
		US 5471495 A	28-11-1995
		US 5573573 A	12-11-1996

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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 2270239 B1 [0003]
- EP 3542595 B1 [0003]
- DE 19744151 C5 [0004]
- EP 4029954 B1 [0004]