(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 437 017 A1**

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
04.04.2012 Patentblatt 2012/14

(21) Anmeldenummer: **11007882.1**

(22) Anmeldetag: **28.09.2011**

(51) Int Cl.:
F27B 1/02 *(2006.01)* ***F27B 1/10*** *(2006.01)*
F27B 1/28 *(2006.01)* ***F27D 99/00*** *(2010.01)*
C22B 15/00 *(2006.01)*

(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 MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(30) Priorität: **29.09.2010 DE 102010047056**

(71) Anmelder: **MKM Mansfelder Kupfer Und Messing Gmbh**
06333 Hettstedt (DE)

(72) Erfinder:
- **Albrecht, Michael, Dipl.-Ing.**
  06333 Walbeck (DE)
- **Schütt, Hans-Jürgen, Dipl.-Ing.**
  06333 Hettstedt (DE)
- **Dauterstedt, Joachim, Dipl.-Ing.**
  06295 Osterhausen (DE)

(74) Vertreter: **Tragsdorf, Bodo**
Patentanwalt
Heinrich-Heine-Strasse 3
06844 Dessau (DE)

(54) Verfahren zum Einschmelzen von NE-Metallen in einem gasbefeuerten Schachtofen und Schachtofenanlage zur Durchführung des Verfahrens

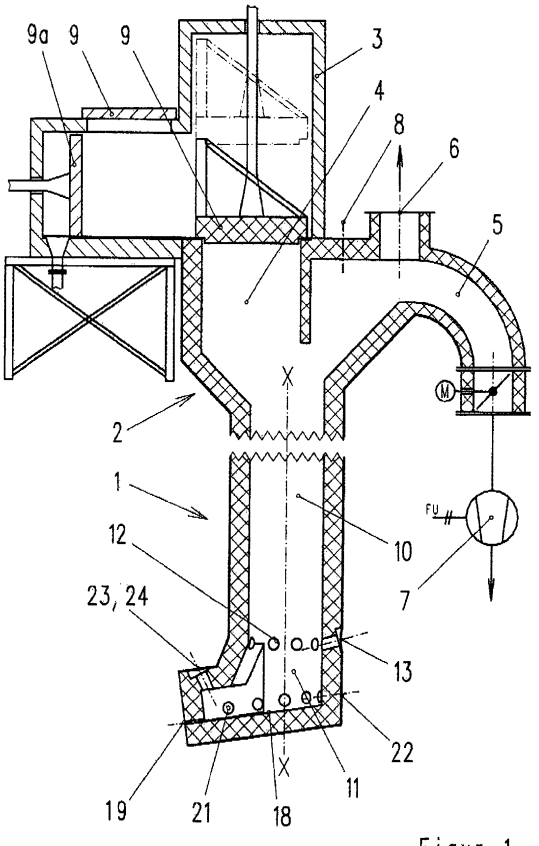
(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Einschmelzen von NE-Metallen, insbesondere Kupferkathoden und Kupferschrotte, mittels mehrerer gasbetriebener Brenner in einem Schachtofen.

Das einzuschmelzende Metall gelangt in eine vertikale zylindrische Vorwärmzone und wird unter Zuführung von Wärmeenergie aufgeheizt, über eine erste Brenneranordnung, die an der Phasengrenze zwischen Vorwärmzone und Schmelzzone vorgesehen ist, und die durch aufsteigende Abgase abgegebene Wärmeenergie.

In der nachfolgenden Schmelzzone wird über eine zweite Anordnung von Brennern die zum Schmelzen erforderliche Wärmeenergie zugeführt. Dabei erfolgt durch eine Schachtofenquerschnittserweiterung an der Phasengrenze zwischen Vorwärm- und Schmelzzone und nachfolgender kontinuierlicher Querschnittsverengung des Ofeninnenraumes in Richtung Austragsöffnung ein gezieltes Einschmelzen in Richtung Flüssigmetallaustrag. Das

Flüssigmetall fließt Im Bereich der Ofensohle als Gerinne in Richtung Austragsöffnung ab. Die Temperatur der zur Vorwärmung genutzten Abgase wird am Ofenkopf gemessen und durch Steuerung der Ofenbeschikkung und/oder durch Veränderung der thermischen Leistung der ersten und zweiten Brenneranordnung auf einen Wert von kleiner/gleich 600 °C eingestellt.

Mit diesen Maßnahmen wird eine wesentliche wirtschaftliche Verbesserung des Einschmelzprozesses erreicht.



Figur 1

EP 2 437 017 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Einschmelzen von NE-Metallen, insbesondere Kupferkathoden und Kupferschrotte, in einem gasbefeuerten Schachtofen, wobei das einzuschmelzende NE-Metall im Kopfbereich des Schachtofens zugeführt, infolge Schwerkraft nach unten sinkt und mittels mehrerer gasbetriebener Brenner aufgeschmolzen wird. Die Erfindung betrifft ferner eine geeignete Schachtofenanlage zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Ein heute noch in der Praxis zum Einsatz kommender Schachtofen ist aus der US 3 199 977 A und der US 3 366 465 A bekannt Der Ofen besteht aus einem vertikal angeordneten Ofenschacht mit kreisrundem Querschnitt. Am unteren Ende befindet sich ein flacher, zur Abstichöffnung hin geneigter Boden (Gefälle ca. 16%). Am oberen Ende sitzt eine Abgashaube auf der Ofenöffnung, über die die Ofenabgase abgeführt werden. Die Abgashaube hat eine große Öffnung, durch die Kupfer-Kathoden und Kupferschrott dem Schachtofen zugeführt werden.

[0003] Im unteren Teil des Ofenschachtes verengt sich der Schschtquerschnitt konisch kontinuierlich auf etwa 80% der Querschnittsfläche im oberen Bereich.

[0004] In der Ofenmantelfläche befinden sich in ringförmiger Anordnung acht oder neun Erdgas-Luft-Brenner, die auf einer Höhe liegen. Je nach Ofengröße sind drei oder vier derartiger Brenner-Ringe in unterschiedlichen Höhen (vom Boden aus betrachtet) beabstandet zueinander angeordnet. Der letzte Brennerring ist in einem Fall, z.B. in einer Höhe angeordnet, die 36% der Gesamthöhe beträgt. Auch der vorletzte Brennerring ist oberhalb der konischen Verjüngung, im zylindrischen Teil des Ofenschachtes angebracht.

[0005] Aus der DE 692 30 152 T2 ist eine Verfahrensweise bekannt, mit der die Beheizung des vorgenannten Schachtofens so gesteuert werden kann, dass eine Kupferschmelze entsteht, die nur geringe Mengen an Sauerstoff, Wasserstoff und Schwefel enthält.

[0006] Hierzu wird jeder Brenner mit einem Erdgas-Luft-Gemisch versorgt, das kontinuierlich analysiert wird. Das Analyseergebnis ist ein CO-Wert, der mit einem Sollwert verglichen und dann dazu benutzt wird, das Verhältnis von Erdgas und Luft so zu verändern, dass die Brennerflamme reduzierend eingestellt ist.

[0007] Der Nachteil dieses Ofens besteht darin, dass der feuerungstechnische Wirkungsgrad gering ist. Im praktischen Betrieb (Aufheizen, Anheizen, schlechtere Auslastung) werden nur Werte von knapp über 40% erreicht. Die Betriebkosten dieses Schachtofens sind sehr hoch. Außerdem fällt verfahrensbedingt ein relativ hoher Anteil an CO_2 pro Tonne Kupferschmelze an, wodurch die Umwelt belastet wird.

[0008] Bekannt ist auch ein Schachtschmelzofen (DE 3 603 251 A1) zum Schmelzen von Aluminium oder Aluminiumlegierungen, der aus einem zylindrischen Schacht und einem Ofenherd, der konkav und steil abfallend ausgebildet ist, sowie einem Auslasstrog besteht. Herd und Auslasstrog verlaufen gegen die Absticheinrichtung nach unten geneigt.

[0009] Die Brenner zum Beheizen des Schmelzgutes sind im Herd und im Schacht in verschiedenen Höhen angeordnet. Die Austrittsöffnungen der Brenner sind so gewählt, dass deren Achsen abwärts geneigt verlaufen, um zu verhindern, dass Metalltröpfchen an die gegenüberliegende Wandung bzw. die Brenneröffnung gelangen können. Der Auslasstrog muss mit einem separaten Brenner heiß gehalten werden. Das heiße Metall soll dadurch so schnell wie möglich in Richtung Austritt fließen.

[0010] Im Falle von Kupfer würde sich dies als Nachteil erweisen, weil die Überhitzung (Temperaturdifferenz zwischen Flüssigmetall und Schmelztemperatur) des Metalls sehr gering bleibt.

[0011] Dieser Ofen ist daher zum Schmelzen von Kupfer ungeeignet.

[0012] Da die Schmelztemperatur von Kupfer höher liegt als die von Aluminium, wären auch geringere Wirkungsgrade zu erwarten.

[0013] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Einschmelzen von NE-Metallen in einem gasbefeuerten Schachtofen zu schaffen, das sich im Vergleich zu den bekannten Verfahren durch einen höheren Wirkungsgrad auszeichnet und zu geringeren Umweltbelastungen führt. Ferner soll eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Schachtofenanlage geschaffen werden.

[0014] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die in den Ansprüchen 1 und 8 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind Gegenstand der jeweils abhängigen Ansprüche.

[0015] Gemäß der vorgeschlagenen Verfahrensweise gelangt das einzuschmelzende Metall (Vorlaufmaterial) zuerst in eine vertikale zylindrische Vorwärmzone. Über eine erste Anordnung von Brennern, die an der Phasengrenze zwischen Vorwärmzone und Schmelzzone im Schachtofen ringförmig in gleichen radialen Abständen zueinander eingebaut sind, sowie durch die durch aufsteigende, heiße Abgase abgegebene Wärmeenergie wird das Vorlaufmaterial aufgeheizt. Die Aufheizung wird so gesteuert, dass das Vorlaufmaterial gleichmäßig aufgeheizt wird, bis auf einen Temperaturbereich nahe der Schmelztemperatur, die im unteren Austrittsbereich der Vorwärmzone erreicht wird, in axialer Richtung des Schmelzofens besteht ein Temperaturgefälle. Die Regulierung der Wärmezufuhr in den Schachtofen wird so abgestimmt, dass in der Vorwärmzone noch kein Schmelzvorgang stattfindet.

[0016] Das weiter nach unten sinkende heiße Vorlaufmaterial wird in der nachfolgenden Schmelzzone vollständig zu Flüssigmetall aufgeschmolzen.

[0017] Der hierzu erforderliche Wärmeeintrag erfolgt über eine zweite Brenneranordnung, wobei die Brenner in einer Ebene gleichmäßig über den Umfang verteilt angeordnet sind, vorzugsweise in einem radialen Versatz zu den Brennem der ersten Anordnung.

[0018] Die Schmelzzone unterscheidet sich in ihrer Ofengeometrie deutlich von der Vorwärmzone. An der Phasengrenze zwischen Vorwärm- und Schmelzzone erfolgt eine Schachtofenquerschnittserweiterung mit anschließender kontinuierlicher Querschnittsverengung des Ofeninnenraumes in Richtung Austragsöffnung. Beispielsweise entspricht die Geometrie des Ofeninnenraumes der Schmelzzone der äußeren Form eines Obelisk.

[0019] Diese spezielle Gestaltung des Ofeninnenraumes in Verbindung mit der gezielten Wärmezuführung ermöglicht ein gezieltes Einschmelzen in Richtung Flüssigmeiallaustrag. Im Bereich der Ofensohle fließt das Flüssigmetall als Gerinne in Richtung Austragsöffnung ab.

[0020] Im Bereich der Austragsöffnung wird über eine dritte Brenneranordnung, die aus einem Brenner bestehen kann, ebenfalls Wärmeenergie zugeführt. Diese Maßnahme gewährleistet einen sicheren kontinuierlichen Austrag des Flüssigmetalls aus der Austragsöffnung und eine gegebene Flüssigmetallüberhitzung.

[0021] Während des Betriebes des Schachtofens wird die Temperatur der Abgase am Ofenkopf gemessen und durch Steuerung der Ofenleistung (Schmelzleistung) und/oder durch Veränderung der thermischen Leistung der Brenner so geregelt, dass diese kleiner, höchstens 600 °C wird. Bei bekannten Schachtöfen zum Schmelzen von Kupferschrott liegen die Abgastemperaturen am Kopf des Schachtofens bei über 1000 °C.

[0022] Die erfindungsgemäßen Maßnahmen zur Reduzierung der Abgastemperatur sind für eine wirtschaftliche Betriebsweise von entscheidender Bedeutung. Die spezielle Ofengeometrie wirkt sich vorteilhaft auf eine Absenkung der Abgastemperatur aus, ohne nachteilige Auswirkungen auf die Schmelzleistung. Die Ofengeometrie sorgt für eine gleichmäßig konstante Strömung des Abgases im Ofenschacht. Die vorgeschlagene Verfahrensweise ermöglicht die Erzielung feuerungstechnischer Wirkungsgrade ηf von ca. 0,70. Der Verbrauch an Brenn- bzw. Erdgas, um eine Tonne Kupferschrott zu schmelzen, lässt sich somit in Abhängigkeit der jeweils gewählten Schmelzleistung um ca. 20 bis 25% verringern.

[0023] Die Zuführung von Wärmeenergie in die Vorwärmzone und Schmelzzone kann separat (getrennte Heizzonen) voneinander geregelt werden. Dadurch kann die Feuerungsleistung gezielt auf die Qualität und Beschaffenheit des Vorlaufmaterials abgestimmt werden. Die am Schachtofenkopf gemessene Abgastemperatur wird als Leitgröße zur Steuerung und Regelung der Prozessparameter (des Schachtofenschmelzbetriebes) verwendet, durch Verknüpfung der Feuerungsleistungsregelung je Heizzone, der Steuerung des Beschickungspegelstandes sowie der Steuerung der mechanischen Abgasableitung. Wie bereits erwähnt, wird die Temperatur der zur Vorwärmung genutzten Abgase in der Abgasleitung gemessen und auf einen Wert von kleiner/gleich 600 °C eingestetlt.

[0024] Der Ofenraumdruck im Kopfbereich des Schachtofens kann durch Veränderung der Förderleistung zur Abgasabsaugung auf einen Wert < Nullniveau eingeregelt werden.

[0025] Über die In der Vorwärmzone vorgesehene erste Anordnung an Brennern können 40 bis 50% und über die in der Schmelzzone vorgesehene zweite und dritte Anordnung an Brennern 50 bis 60% der Gesamtfeuerungsleistung zugeführt werden.

[0026] Die Ofenabgase werden abgesaugt und einer Abgasnachbehandlung unterzogen. Entsprechend der Betriebsweise kann die Abwärme der anfallenden Abgase primär oder sekundär genutzt werden.

[0027] Insbesondere zum sauerstoffarmen Einschmelzen von Kupfer wird die Gasbefeuerung aller Brenner über eine Gas/Luft/Verhäitnisregetung vorgenommen.

[0028] Eine geeignete Schachtofenaniage zum Einschmelzen von NE-Metallen, insbesondere Kupferkathoden und Kupferschrotte, ist durch folgende Merkmale charakterisiert:

a) einer unterhalb der Beschickungsöffnung vertikal angeordneten Vorwärmzone mit einem zylindrischen Ofeninnenraum, dessen Ofenvolumen 60 bis 80% des Gesamtvolumens des Schachtofens beträgt,

b) einer sich an die Vorwärmzone anschließenden Schmeizzone, die eine Schachtofenquerschnittserweiterung mit einer Verjüngung in Richtung Flüssigmetallaustragsöffnung besitzt, wobei die Schmelzzone durch eine in Fließrichtung leicht geneigt angeordnete ebene Ofensohle, an deren Ende sich die Austragsöffnung befindet, begrenzt ist,

c) einer ersten Anordnung gasbefeuerter Brenner, die an der Phasengrenze zwischen Vorwärmzone und Schmelzzone in der zylindrischen Wandung in einer Ebene ringförmig angeordnet ist und

d) einer zweiten Anordnung gasbefeuerter Brenner, die im unteren Bereich der Schmelzzone In der Wandung in einer Ebene angeordnet Ist,

e) in dem gegenüberllegend zur Ofensohle angeordneten Wandabschnitt eine dritte Anordnung mit mindestens einem gasbefeuerter Brenner vorgesehen ist, wobei die vertikale Achse der Brenner in Richtung vertikaler Mittelachse Schachtofen geneigt ist, und

f) einer Messeinrichtung für die Abgastemperatur sowie einer computergestützten Steuer-und Regeleinheit mindestens zur Veränderung der Vorlaufmateriaimenge und/oder Feuerleistung der Brenner der ersten und/oder zweiten Brenneranordnung.

[0029] Die Höhe bzw. Länge der Vorwärmzone beträgt ca. 4D bis 6D, wobei D der lichte Innendurchmesser des Ofenschachtes ist.

[0030] Die Höhe der Schmelzzone, bezogen auf die Mittelachse des Schachtofens liegt im Bereich von ca. 1 D bis 1,SD.

[0031] Die Länge der Ofensohle ab Mittelachse Schachtofen beträgt ca. 1,07D bis 1,2D.

[0032] Die in der Wandung der Vorwärmzone angeordneten Brenner sind In Achsrichtung in einem Winkel von ca. 8 bis 15° nach unten geneigt angeordnet.

[0033] Die in der Wandung von Vorwärmzone und Schmelzzone angeordneten Brenner sind als erste Anordnung und zweite Anordnung in ihren Ebenen zueinander radial versetzt.

[0034] Die Beschickungsöffnung ist verschließbar und am Kopf des Schachtofens ist eine unter Saugkraft stehende Abgasleitung mit einer Temperaturmesseinrichtung vorgesehen.

[0035] Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In der zugehörigen Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Schachtschmelzofenantage in vereinfachter schematischer Darstellung, als Längsschnitt,
Fig. 2 den mittleren und unteren Teil des Schachtschmelzofens gemäß Fig. 1 in perspektivischer Darstellung,
Fig. 3 den unteren Teil des Schachtschmelzofens gemäß Fig. 1 als Längsschnitt,
Fig. 4 einen Schnitt gemäß der Linie B-B in Fig. 3,
Fig. 5 einen Schnitt gemäß der Unie A-A in Fig. 3 und
Fig. 6 die Einzelheit X in Fig. 4 als Längsschnitt.

[0036] Die in Fig. 1 gezeigte Schachtschmelzofenanlage besteht aus einem gasbeheizten Schachtofen 1 und einem Schachtofen-Oberteil 2 mit einer Beschickungsschleuse 3 und einem Schacht 4 zur Zuführung von einzuschmelzendem Material, wie Kupferkathoden und Kupferschrott, sowie einer Abgasleitung bzw. Abgaskanal 5. In die Abgasleitung 5 sind eine Notesse 6 und ein Saugzug 7 eingebunden. Außerdem ist in der Wandung der Abgasleitung ein Temperaturfühler 8 Installiert, mit dem die Abgastemperatur gemessen wird. Die gemessenen Werte werden an eine computergestützte, nicht weiter gezeigte Steuer- und Regeleinheit übermittelt, auf die nachfolgend noch kurz eingegangen wird.

[0037] Zur Beschickungsschleuse 3 gehört mindestens ein Schleusentor 9 mit Schieber 9a. Über das Schleusentor 9 wird die Öffnung des Beschickungsschachtes 4 verschlossen.

[0038] Der Schachtofen 1 besteht aus einem vertikal angeordneten, zylindrischen Ofenschacht 10a, als Vorwärmzone 10, an den sich ein Abschnitt 11a anschließt, der die Schmelzzone 11 bildet. Der Innenraum der Vorwärmzone 10 ist zylindrisch, Der Innenraum der Schmelzzone 11 hat eine sich stetig nach unten, in Richtung Ofensohle 18, vergrößernde Erweiterung, die z.B. die Form eines Obelisken hat. Der Ofeninnenraum verjüngt sich in der Flüssigmetallzone in Richtung Flüssigmetallaustrag 19,

[0039] Die Höhe eines Schachtofens 1 beträgt in etwa das 5 bis 7,5-fache des Innendurchmessers D. Die Höhe bzw. Länge der Vorwärmzone beträgt 4D bis 6D, wobei D der lichte Innendurchmesser des Ofenschachtes Ist und z.B. 1,5 bis 2 m beträgt.

[0040] Das Ofenvolumen der Vorwärmzone beträgt ca. 80 bis 90% des Gesamtofenvoiumens. Die Vorwärmzone 10 ist ausschließlich als zylindrischer Raum mit konstantem Innendurchmesser D ausgeführt.

[0041] An der Phasengrenze zwischen Vorwärmzone 14 und Schmelzzone 11 befindet sich eine erste ringförmige Brenneranordnung 12, die aus neun gasbetriebenen Brennem 13 besteht, die in gleichen radialen Abständen (jeweils 4D°) zueinander in einer Ebene angeordnet sind, wie in den Figuren 1 bis 3 zu sehen ist. Wie in Fig. 6 gezeigt, sind die einzelnen Brenner 13 so angeordnet, dass die Brennerachsen leicht nach unten, in Richtung Ofensohle 18 zeigen. In der Zeichnung sind die Brenner 13 nicht detailliert dargestellt, sondern nur die entsprechenden Einsätze zur Aufnahme der Brenner angedeutet.

[0042] Die Schmelzzone 11 beginnt unmittelbar nach der Brenneranordnung 12 und Ist nach unten durch eine ebene Ofensohle 18 begrenzt, die leicht geneigt in Fließrichtung verläuft. Am vorderen, tiefsten Ende der Ofensohle 18 befindet sich die Austragsöffnung 19 für das Flüssigmetall. Die hintere Wand 16 der Schmelzzone ist halbkreisförmig, wie insbesondere in den Figuren 2 und 4 zu sehen ist. Die vordere Wand 14 des Schachtofens 1 geht in den oberen Wandabschnitt 20 über, welcher in etwa parallel zur Ofensohle 18 verläuft. Die sich unten an der hinteren Wand 16 anschließenden Seitenwände 17 verlaufen konisch verjüngt in Richtung Austragsöffnung 19. Die Ofensohle 18 hat z.B. einen tropfenförmigen Querschnitt, wie in Fig. 4 zu sehen.

[0043] Im unteren Bereich der Schmelzzone 11, oberhalb der Ofensohle 18, ist eine zweite Brenneranordnung 21 vorgesehen, bestehend aus zehn Brennern 22. Die Brenner 22 sind in gleichen Abständen zueinander in einer Ebene angeordnet (Figuren 1 bis 3). Die im halbreisförrnigen Abschnitt 16 angeordneten Brenner 22 sind in einem radialen Abstand von 36° angeordnet. Bezogen auf die Brenner 13 der ersten Brenneranordnung 12 sind die Brenner 22 um die Hälfte des radialen Abstandes versetzt (Fig. 3). In der zugehörigen Zeichnung sind nur die Brennereinsätze zu sehen,

[0044] Zusätzlich ist in dem oberen Wandabschnitt 20 noch eine dritte Brenneranordnung 23 vorgesehen, die z.B. nur aus einem Brenner 24 besteht. Über diesen Brenner 24 wird im Dauerbetriebszustand dem Bereich in unmittelbarer Nähe der Austragsöffnung 19 so viel Wärmeenergie zugeführt, dass das Flüssigmetall kontinuierlich abfließen kann. Gegebenenfalls kann über diesen Brenner 24 auch eine Überhitzung des Flüssigmetallgerinnes erzeugt werden. Dieser Brenner 24 ist in Richtung zur Mittelachse des Schachtofens 1 geneigt (Fig. 1) und so angeordnet, dass ein möglicher Einlauf von Flüssigmetall weitgehend ausgeschlossen ist.

[0045] Der gezeigte Schachtofen 1 ist insgesamt mit zwanzig Brennern ausgerüstet. Durch die versetzte An-

ordnung der Brenner 13 und 22 der ersten und zweiten Brenneranordnungen 12 und 21 wird im Betriebszustand eine kontinuierliche Querschnittswärmebelastung erzielt, die sich günstig auf den Schmelzprozess auswirkt.

[0046] Bezogen auf eine Auslegung des gasbeheizten Schachtschmelzofens mit einer Schmelzleistung von 30 t/h (Kupferkathoden und Kupferschrotte) ist von folgenden charakteristischen Ofendaten auszugehen:

- Gesamthöhe des Schachtofens: 5 bis 7,5 fache des lichten Schachtofendurchmessers, bezogen auf Leerrohrgeschwindigkeit im Normzustand,
- Lichter Ofenschachtdurchmesser 1,5 m bis 2 m,
- Anzahl der Brenner 20 Stück (Anordnung wie vorstehend),
- Brennerleistung je Brenner ≤ 450 kW (ohne primäre Abwärmerückführung),
- Brenngas: Erdgas H.

[0047] Nachfolgend wird die Verfahrensweise näher erläutert.

[0048] Die Brenner des Schachtofens 1 werden mit Erdgas Hals Brenngas betrieben. Die Parameter dieses Brenngases sind allgemein bekannt. Zur Einhaltung eines sauerstoffarmen Einschmelzens erfolgt die Befeuerung über die Brenner 12, 21 und 24 mit einer Gas-Luft-Verhältnisregelung. Gegebenenfalls kann auch noch eine Verbrennungsluftvorerwärmung erfolgen.

[0049] Das zu schmelzende Vorlaufmaterial (Kupferkathoden, Kupferschrotte) wird aus einer Beschickungsschleuse 3 in den zylindrischen Ofenschacht 4 entsprechend der jeweils geforderten Schmelzleistung abgesenkt.

[0050] In der Vorwärmzone 10 wird das zugeführte Vorlaufmaterial durch die spezifische Feuerungsleistung der ringförmig angeordneten Brenner 13 der ersten Brenneranordnung 12 und der aufsteigenden heißen Abgase auf Temperaturen nahe Schmelzpunkt aufgeheizt. Da die Abgase entsprechende Wärme an das Vorlaufmaterial abgeben, wird deren Temperatur gesenkt. Durch die Absaugung der Abgase (mechanische Abgasableitung) wird im Bereich der Vorwärmzone 10 eine auf den gesamten Ofenquerschnitt bezogene kontinuierliche Abgasumströmung des Vorlaufmateriais erreicht. Gleichzeitig wird somit auch der Ofenrauminnendruck geregelt. Die Regelung ist so vorzunehmen, dass die Nulldruckebene im Bereich der Schnittstelle zwischen Vorwärmzone 10 und Schmelzzone 11 liegt, insbesondere, um Falschluftansaugungen über den Flüssigmetallaustritt zu vermeiden. Verfahrenstechnisch wird somit sichergestellt, dass das Abgas gleichmäßig abströmt und keinen größeren Temperaturschwankungen unterworfen ist.

[0051] Dadurch kann die Abgastemperatur als Leitgröße bzw. wesentlicher Regelparameter für die gesamte Prozessteuerung des Schmelzofens verwendet werden.

[0052] Die Abgastemperatur wird mittels Temperaturfühler 8 am oberen Ende der Vorwärmzone 10 kontinuierlich gemessen und durch mengenmäßige Veränderung bzgl. der Zuführung von Vorlaufmaterial (Schmelzleistung) und/oder Veränderung der Feuerungsleistung, insbesondere der Brenner 13 an der Phasengrenze zwischen Vorwärmzone 10 und Schmelzzone 11, so eingestellt, dass die tatsächliche Abgastemperatur im Dauerbetrieb möglichst unter und höchstens 600 °C beträgt. Der Vorteil der vergleichsweise niedrigen Abgastemperatur besteht in einer erheblich kostenmindernden Nachbehandlung (Reinigung) des Abgases. Zusätzlich kann das anfallende Abgas noch als Sekundärenergie wirtschaftlich genutzt werden.

[0053] In der Schmelzzone 11 wird das zugeführte vorgewärmte Vorlaufmaterial geschmolzen, die hierzu erforderliche Wärmeenergiezuführung erfolgt über die beiden Gasbrenneranordnungen 12 und 21. Die vorgeschlagene Ofengeometrie, insbesondere die Schachtofenquerschnittserweiterung 15 mit nachfolgender kontinuierlicher Verjüngung durch die Seitenwände 17, sorgt für ein über den Querschnitt kontinuierliches Einschmelzen sowie einer gleichmäßigen und annähernd konstanten Temperaturverteilung im Flüssigmetall. Das zu Flüssigmetall geschmolzene Vorlaufmaterial sammelt sich als Gerinne auf der leicht schräg geneigten Ofensohle 18 und fließt am Ende der Ofensohle über die Austragsöffnung 19 ab.

[0054] Die geometrische Auslegung der Schmelzzone 11 in Verbindung mit der Anordnung der Brenner, insbesondere des Brenners 24, ermöglichen einen kontinuierlichen und konstanten Flüssigmetallaustrag.

[0055] Über die Steuer- und Regeleinheit wird ausgehend von der momentan gemessenen Abgastemperatur die aktuelle Schmelzleistung ermittelt und angezeigt. Auch der aktuelle Verbrauch an Erdgas wird für jeden Brenner gesondert angezeigt sowie als Gesamtverbrauchswert. Liegt die gemessene Abgastemperatur oberhalb von 600 °C, so wird zuerst berechnet, ob eine Korrektur über die Anpassung der Füllhöhe im Schacht erfolgen kann. Ist dies nicht möglich, so muss die Feuerungsleistung angepasst werden.

[0056] Sowohl die Vorwärmzone als auch die Schmelzzone können technologisch unabhängig voneinander geregelt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Einschmelzen von NE-Metallen, insbesondere Kupferkathoden und Kupferschrotte, In einem gasbefeuerten Schachtofen, wobei das einzuschmelzende NE-Metall im Kopfbereich des Schachtofens (1) zugeführt, in einem zylindrischen Ofenabschnitt (10a) vorgewärmt und in einer sich daran anschließenden Zone mittels mehrerer betriebener Brenner zu Flüssigmetall aufgeschmolzen wird, das aus der Austragsöffnung 19 ausgetragen wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** das einzuschmelzende Metall im Bereich des zylindrischen Ofenabschnittes (10a) unter Zuführung von in einer

Ebene ringförmig in gleichen radialen Abständen zueinander, an der Phasengrenze zwischen Vorwärmzone (10) und Schmelzzone (11) angeordneten Brennern (13) einer ersten Brenneranordnung (12) erzeugter und durch aufsteigende Abgase abgegebener Wärmeenergie aufgeheizt und nachfolgend in der Schmelzzone (11) über in einer Ebene, gleichmäßig über den Umfang verteilt angeordnete Brenner (22) einer zweiten Brenneranordnung (21) die zum Schmelzen erforderliche Wärmeenergie zugeführt wird, wobei an der Phasengrenze zwischen Vorwärm- (10) und Schmelzzone (11) durch eine Schachtofenquerschnittserweiterung mit In Richtung Ofensohle (18) und Austragsöffnung (19) folgender Verjüngung ein gezieltes Einschmelzen in Richtung Austragsöffnung (19) erfolgt, wobei das Flüssigmetall im Bereich der Ofensohle (18) als Gerinne in Richtung Austragsöffnung (19) abfließt und im Bereich des oberen Wandabschnittes (20) über mindestens einen Brenner (24) einer dritten Brenneranordnung (23) Wärmeenergie eingeleitet wird, um einen sicheren kontinuierlichen Abfluss des Flüssigmetalls aus der Austragsöffnung (19) zu gewährleisten, und die Temperatur der zur Vorwärmung genutzten Abgase in der Abgasleitung (5) gemessen und durch Veränderung der Ofenleistung (Schmelzleistung) und/oder thermischen Leistung auf einen Wert von ≤ 600 °C eingestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zuführung von Wärmeenergie in die Vorwärmzone (10) und Schmelzzone (11) und in die Zone des Flüssigmetallaustrages separat voneinander geregelt wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gemessene Abgastemperatur als Leitgröße zur Steuerung und Regelung der Prozessparameter verwendet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** über die in der Vorwärmzone (10) vorgesehenen Brenner (13) der ersten Brenneranordnung (12) 40 bis 50% der Gesamtfeuerungsleistung zugeführt werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** über die in der Schmelzzone (11) vorgesehenen Brenner (22, 24) der zweiten und dritten Brenneranordnung (21, 23) 50 bis 60% der Gesamtfeuerungsleistung zugeführt werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ofenraumdruck im Kopfbereich des Schachtofens (1) durch Veränderung der Förderleistung zur Abgasabsaugung auf einen Wert < Nullniveau eingeregelt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum sauerstoffarmen Einschmelzen von Kupfer die Gasbeheizung aller Brenner (13, 22, 24) über eine Gas/Luft/Verhältnisregelung vorgenommen wird.

8. Schachtofenanlage zum Einschmelzen von NE-Metallen, insbesondere Kupferkathoden und Kupferschrotte, mit folgenden Merkmalen:

   a) einer unterhalb der Beschickungsöffnung (4) vertikal angeordneten Vorwärmzone (10) mit einem zylindrischen Ofeninnenraum, dessen Ofenvolumen 60 bis 80% des Gesamtvolumens des Schachtofens (1) beträgt,
   b) einer sich an die Vorwärmzone (10) anschließenden Schmelzzone (11) mit einer Schachtofenquerschnittserweiterung (15), die sich in Richtung Austragsöffnung (19) verjüngt, wobei die Schmelzzone (11) durch eine In Fließrichtung leicht geneigt angeordnete ebene Ofensohle (18), an deren unterem Ende sich die Austragsöffnung (19) befindet, begrenzt ist,
   c) einer ersten Brenneranordnung (12) mit gasbetriebenen Brennern (13), die an der Phasengrenze zwischen Vorwärmzone (10) und Schmelzzone (11) in der zylindrischen Wandung in einer Ebene ringförmig angeordnet ist,
   d) einer zweiten Brenneranordnung (21) mit gasbetriebenen Brennern (22), die im unteren Bereich der Schmelzzone (11) in einer Ebene in der Ofenwandung angeordnet ist,
   e) einer dritten Brenneranordnung (23) mit mindestens einem gasbetriebenen Brenner (24), die in dem gegenüberliegend zur Ofensohle (18) angeordneten oberen Wandabschnitt (20) angeordnet ist, wobei die vertikale Achse der Brenner (24) in Richtung zur vertikalen Mittelachse (X) des Schachtofens (1) geneigt ist, und
   f) einer Messeinrichtung für die Abgastemperatur sowie einer computergestützten Steuer-und Regeleinheit mindestens zur Veränderung der Vorlaufmaterialmenge und/oder Feuerleistung der Brenner der ersten und/oder zweiten Brenneranordnung (12, 21).

9. Schachtofenanlage nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Höhe (Länge) der Vorwärmzone (10) 4D bis 6D beträgt, wobei D der lichte Innendurchmesser des Ofenschachtes ist.

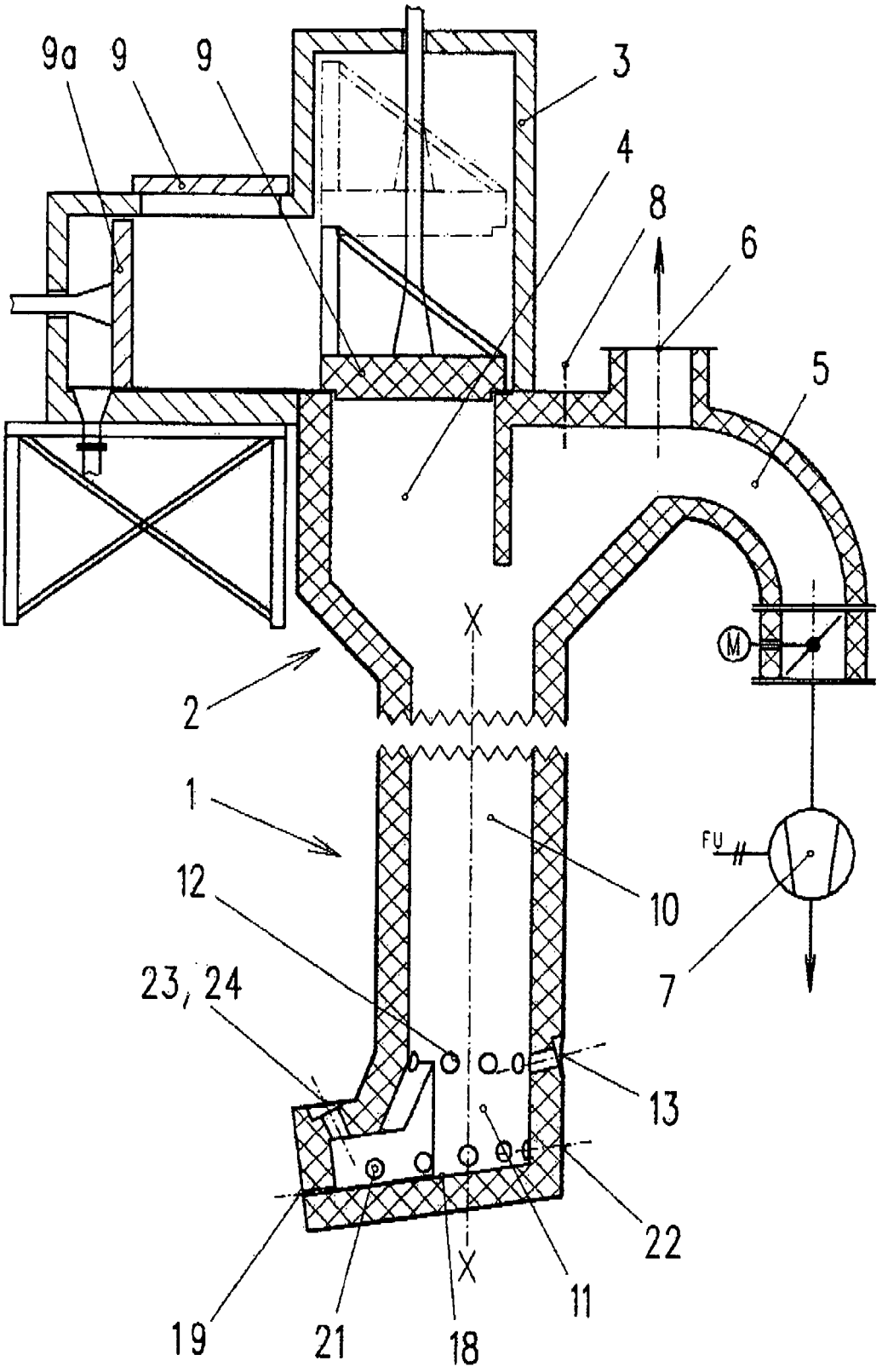
10. Schachtofenanlage nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Höhe der Schmelzzone (11), bezogen auf die Mittelachse (X) des Schachtofens (1) 1 D bis 1,5D beträgt, wobei D der lichte Innendurchmesser des Ofenschachtes ist.

11. Schachtofenanlage nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Länge der Ofensohle (18) ab Mittelachse (X) des Schachtofens (1) 1,07D bis 1,2D beträgt, wobei D der lichte Innendurchmesser des Ofenschachtes ist.

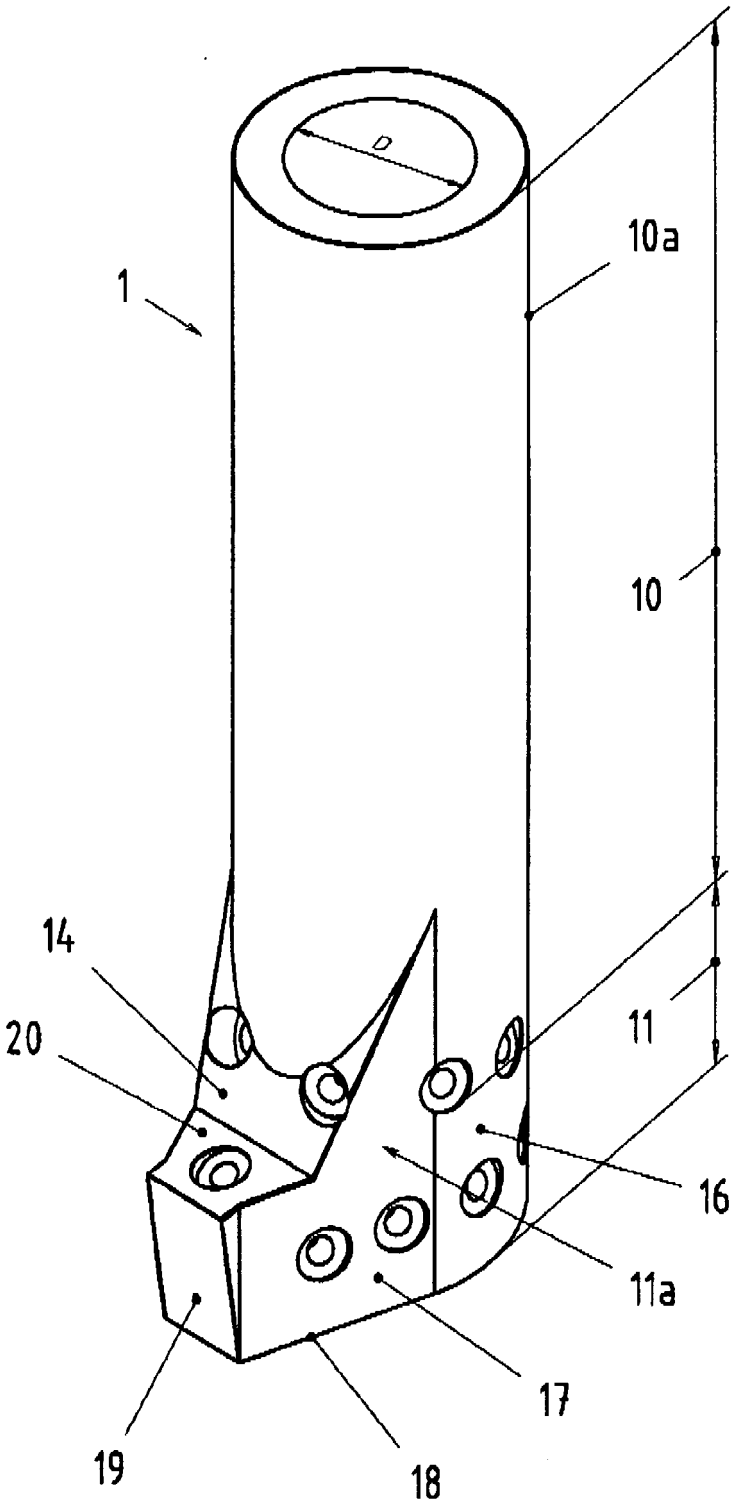
12. Schachtofenanlage nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die in der Wandung der Vorwärmzone (10) angeordneten Brenner (13) in Achsrichtung in einem Winkel von 8 bis 15° nach unten, in Richtung Ofensohle (18), geneigt angeordnet sind,

13. Schachtofenanlage nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die in der Wandung von Vorwärmzone (10) und Schmelzzone (11) angeordneten Brenner (13, 22) ersten und zweiten Brenneranordnung (12, 21) in ihren Ebenen zueinander radial versetzt sind.

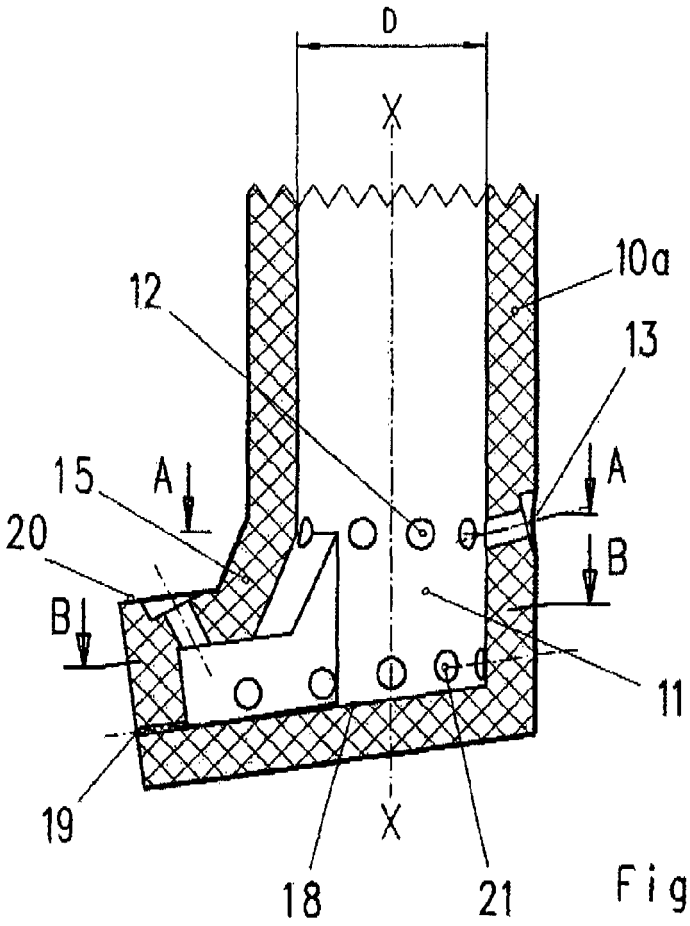
14. Schachtofenanlage nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschikkungsöffnung (4) verschließbar ist und am Kopf des Schachtofens (1) eine unter Saugkraft stehende Abgasleitung (5) mit einer Temperaturmesseinrichtung (8) vorgesehen ist.



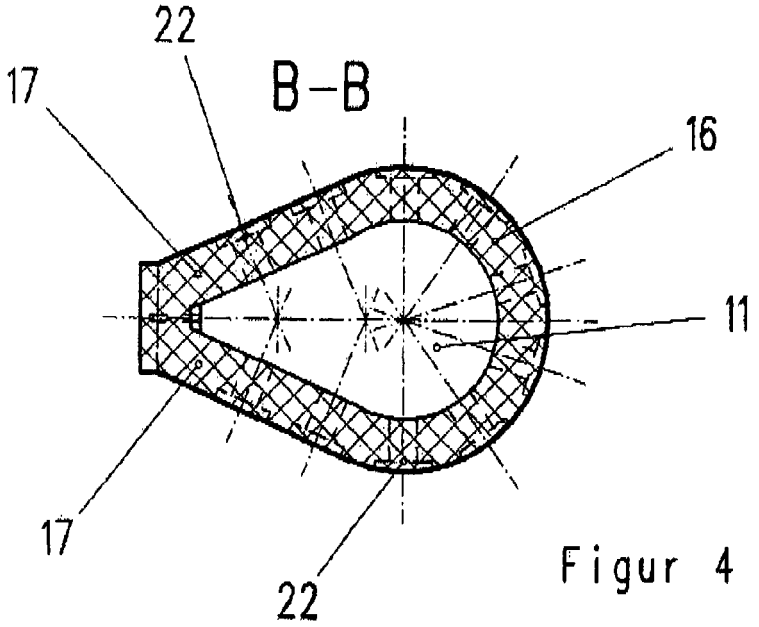
Figur 1



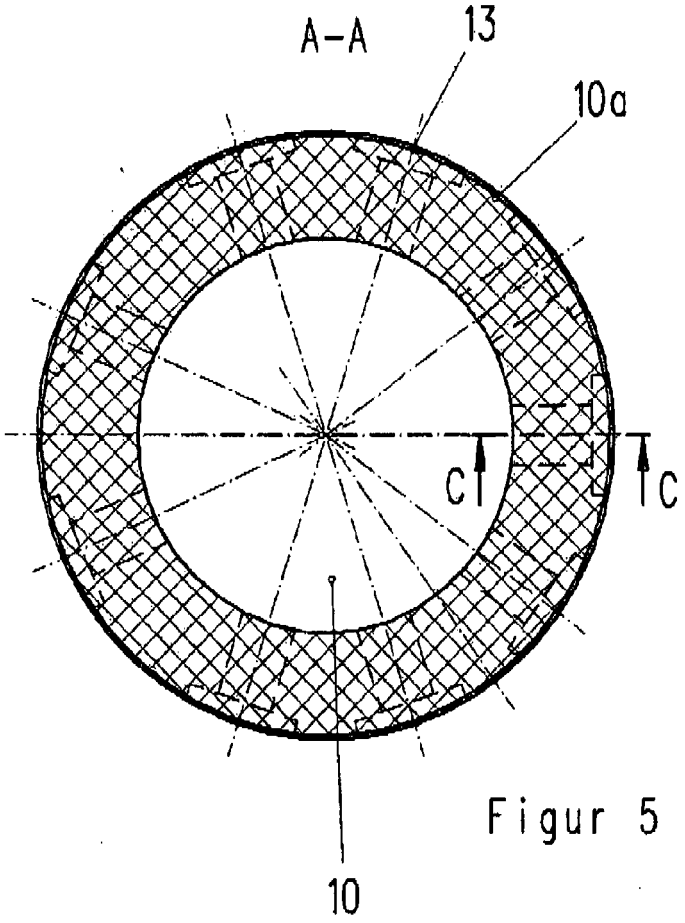
Figur 2



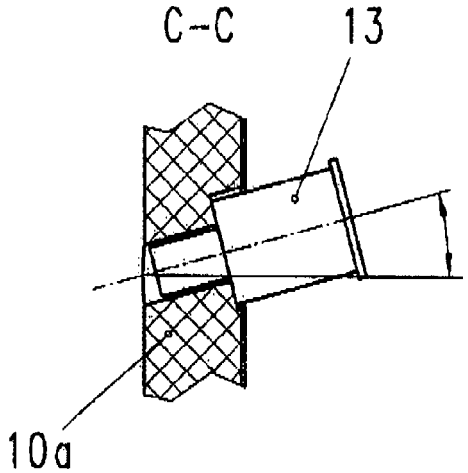
Figur 3



Figur 4



Figur 5



Figur 6

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 11 00 7882

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	US 3 715 203 A (DE BIE E) 6. Februar 1973 (1973-02-06) * Spalte 6, Zeile 59 - Spalte 8, Zeile 32; Ansprüche 1,7,9; Abbildungen 1,2 * -----	1,8	INV. F27B1/02 F27B1/10 F27B1/28 F27D99/00
Y	US 4 844 426 A (BARNES DAVID [US] ET AL) 4. Juli 1989 (1989-07-04) * Spalte 3, Zeile 45 - Zeile 65; Abbildungen 1,2,4,5 * * Spalte 6, Zeile 5 - Zeile 60; Ansprüche 1,4-6,8 * -----	1,8	C22B15/00
A	CA 955 399 A1 (INT NICKEL CANADA) 1. Oktober 1974 (1974-10-01) * das ganze Dokument * -----	1-14	
A	CA 986 300 A1 (ESSEX INTERNATIONAL INC) 30. März 1976 (1976-03-30) * das ganze Dokument * -----	1,8	
A	US 5 397 109 A (WILSON THOMAS N [US] ET AL) 14. März 1995 (1995-03-14) * das ganze Dokument * -----	1-14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F27B C22B
A	JP 2001 141367 A (DAIDO STEEL CO LTD) 25. Mai 2001 (2001-05-25) * das ganze Dokument * -----	1,8	F27D
A	JP 2001 027482 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD) 30. Januar 2001 (2001-01-30) * das ganze Dokument * -----	1,8	
	-/--		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München	17. Januar 2012	Gavriliu, Alexandru

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 : nichtschriftliche 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

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 11 00 7882

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	KNIGHT S J ET AL: "DEVELOPMENT OF GAS-FIRED TOWER FURNACES FOR MELTING ALUMINIUM", FOUNDRY TRADE JOURNAL, INSTITUTE OF CAST METALS ENGINEERS, WEST BROMWICH, GB, Bd. 118, Nr. 2530, 3. Juni 1965 (1965-06-03), Seiten 653-661, XP001231503, ISSN: 0015-9042 * das ganze Dokument * -----	1-14	

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München	17. Januar 2012	Gavriliu, Alexandru

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 : nichtschriftliche 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

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 11 00 7882

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.

17-01-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3715203 A	06-02-1973	BE 760452 A1	27-05-1971
		CA 922902 A1	20-03-1973
		DE 2062144 A1	22-07-1971
		FI 54930 B	29-12-1978
		FR 2074168 A5	01-10-1971
		GB 1327490 A	22-08-1973
		JP 54026489 B	04-09-1979
		LU 60094 A1	17-08-1971
		US 3715203 A	06-02-1973
		ZA 7008461 A	27-10-1971
US 4844426 A	04-07-1989	KEINE	
CA 955399 A1	01-10-1974	KEINE	
CA 986300 A1	30-03-1976	KEINE	
US 5397109 A	14-03-1995	US 5397109 A	14-03-1995
		US 5518524 A	21-05-1996
JP 2001141367 A	25-05-2001	KEINE	
JP 2001027482 A	30-01-2001	KEINE	

EPO FORM P0461

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

- US 3199977 A **[0002]**
- US 3366465 A **[0002]**
- DE 69230152 T2 **[0005]**
- DE 3603251 A1 **[0008]**