

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 181 489 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:

03.09.2003 Patentblatt 2003/36

(51) Int Cl.7: **F27B 3/24**

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP00/05069

(21) Anmeldenummer: **00951282.3**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 00/075588 (14.12.2000 Gazette 2000/50)

(22) Anmeldetag: **03.06.2000**

(54) **LICHTBOGEN- ODER WIDERSTANDSSCHMELZOFEN**

ELECTRIC ARC FURNACE OR RESISTANCE FURNACE

FOUR DE FUSION A ARC OU A RESISTANCE

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

• **STARKE, Peter**

D-47228 Duisburg (DE)

(30) Priorität: **04.06.1999 DE 19925599**

(74) Vertreter: **Valentin, Ekkehard, Dipl.-Ing.**

**Patentanwälte Hemmerich & Kollegen,
Hammerstrasse 2
57072 Siegen (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

27.02.2002 Patentblatt 2002/09

(56) Entgegenhaltungen:

(73) Patentinhaber: **SMS Demag Aktiengesellschaft
40237 Düsseldorf (DE)**

DE-C- 522 567

FR-A- 1 259 396

US-A- 2 622 862

US-A- 3 723 632

US-A- 3 785 764

US-A- 4 065 634

US-A- 4 197 900

US-A- 4 235 173

(72) Erfinder:

• **SCHUBERT, Manfred**

D-46147 Oberhausen (DE)

EP 1 181 489 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betrieb von Lichtbogenschmelzöfen und/oder Widerstandsschmelzöfen, mit einem Schmelzgefäß zur Aufnahme der Schmelze, dessen Deckel und obere seitliche Wandung bis zur oder einschließlich des Bereichs der Schlackenzone durch ein Kühlmedium, vorzugsweise Wasser, gekühlt sind.

[0002] Derartig gekühlte Öfen sind in vielseitiger Ausgestaltung bekannt. Bei diesen bekannten Öfen ist der Herdboden der einzig ungekühlte Bereich mit der Neigung zu einem erhöhten Verschleiß der feuerfesten Auskleidung und erhöhtem Reparaturaufwand bei den Konstruktionselementen.

[0003] Um zumindest den Teil des Herdbodens zu kühlen, in dem sich die Bodenelektroden befinden, ist aus der EP 02 03 301 B1 bekannt, in diesem Bereich des Herdbodens mit Abstand eine Platte anzuordnen, durch die die Hälse der Elektroden oder Kontaktstifte geführt sind und in den Zwischenraum zwischen dieser Platte und dem Herdboden Luft einzublasen. Durch diese Maßnahme wird beim Schmelz- und Abstichbetrieb die Bodenelektrode gekühlt, wobei bei längeren Betriebspausen durch Reduzierung der Kühlleistung diese so eingestellt werden kann, dass die Geschwindigkeit der Temperaturänderung der Bodenelektrode insbesondere bei Beginn oder am Ende der Betriebspause vorgegebene Maximalwerte nicht übersteigt.

[0004] Lichtbogenschmelzöfen mit wassergekühlten Unter- und Oberteilen ohne feuerfeste Ausmauerung des Unterteils sind u. a. bekannt in Zusammenhang mit dem Vakuumlichtbogenumschmelzen einer Elektrode aus der US-A-3,723,632 und der US-A-4,197,900. Allerdings sind die in diesen Dokumenten beschriebenen Öfen weder von ihrem konstruktiven Aufbau noch von ihrer Anwendung her mit feuerfest ausgemauerten Lichtbogen- oder Widerstandsschmelzöfen (Abstichgewichte zwischen 1 und 250 t und Gefäßdurchmesser bis zu ca. 9 m) vergleichbar.

[0005] Ausgehend von diesem bekannten Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Betrieb von Elektrolichtbogenschmelzöfen und Widerstandsschmelzöfen anzugeben, mit dem die Nachteile der nur teilweisen Kühlung vermieden werden können.

[0006] Die gestellte Aufgabe wird gelöst bei Elektrolichtbogenschmelzöfen und Widerstandsschmelzöfen der beschriebenen Art mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1.

[0007] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0008] Durch die Maßnahme der Erfindung, den unteren Bereich des Ofens, den Herdboden und den unteren Teil der seitlichen Wände, gleichfalls zu kühlen, wird insgesamt ein günstiger Einfluss auf die Standzeit der feuerfesten Zustellung sowie auf die weiteren Konstruktionselemente des Ofens erzielt. Weiterhin wird durch die Maßnahme der Erfindung gleichfalls eine vor-

teilhafte Kühlwirkung auf die Bodenelektrode ausgeübt.

[0009] Die erfindungsgemäße Kühlung erfolgt mittels einer schalenförmig den zu kühlenden Bereich des unteren Ofens umhüllenden Kühlvorrichtung, durch die das Kühlmedium strömt. Als Kühlmedium kann ein gasförmiger Stoff, beispielsweise Luft oder ein flüssiger Stoff, beispielsweise Wasser, verwendet werden.

[0010] Zur Aufrechterhaltung der Strömung des Kühlmediums innerhalb der Kühlvorrichtung kann im einfachsten Fall die Konvektionsströmung genutzt werden, wobei im Falle von Luftkühlung die Konvektionsströmung durch einen Kamin verstärkt werden kann, der mit der Ablauföffnung der Kühlvorrichtung verbunden ist. Durch diesen Kamin wird dabei mit Vorteil gleichzeitig verhindert, dass beim Abstich des Ofens ein Flammeneintritt in die Kühlvorrichtung erfolgen kann.

[0011] Falls eine Konvektionsströmung nicht ausreichend ist, ist es gemäß der Erfindung auch möglich, mit Hilfe einer außerhalb der Kühlvorrichtung angeordneten Fördereinrichtung, beispielsweise einer Pumpe oder einem Gebläse, das Kühlmedium durch die Kühlvorrichtung zu fördern. Insbesondere bei flüssigen Kühlmedien bietet sich dabei an, das Kühlmittel in einem geschlossenen Kreislauf durch die Kühlvorrichtung zu fördern. Hierbei kann dann mit Vorteil das aufgeheizte Kühlmedium so abgekühlt werden, dass eine Wärmerückgewinnung möglich wird.

[0012] Die Strömungsgeschwindigkeit und die Temperatur des Kühlmediums bestimmen die Kühlleistung der Kühlvorrichtung, weshalb in einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung mit Hilfe einer Mess- und Regelvorrichtung durch Veränderung dieser Parameter die Kühlleistung an die Betriebstemperatur des Ofens angepasst werden kann.

[0013] Die den unteren Teil des Ofens schalenförmig umhüllende Kühlvorrichtung ist gemäß der Erfindung in einfacher Weise ausgebildet. Durch ein Blech, das entsprechend der Ofenkontur geformt und mit Abstand zum Ofen an diesem angeordnet ist, wird ein mantelförmiger Hohlraum geschaffen, durch den das Kühlmedium strömt. Der Hohlraum besitzt mindestens eine Zulauföffnung und mindestens eine Ablauföffnung für das Kühlmedium, wobei im Falle der Konvektionsströmung die Zulauföffnung zweckmäßig mittig unten am Herdboden und die Ablauföffnung seitlich oben an den Seitenwänden anzuordnen ist. Bei der Zwangsströmung mit Hilfe einer Fördereinrichtung können Zulauf- und Ablauföffnungen auch anders angeordnet sein.

[0014] Zur Verbesserung der Kühlwirkung durch das Kühlmedium befinden sich nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung innerhalb des Hohlraums der Kühlvorrichtung Kühlrippen, die an der Ofenwand, beispielsweise durch Schweißen befestigt sind. Diese Kühlrippen sind so gestaltet, dass sie ein Optimum an Kühlwirkung gewährleisten, ohne dabei jedoch den Durchströmungswiderstand der Kühlvorrichtung wesentlich zu erhöhen, weshalb sie zweckmäßigerweise in Strömungsrichtung gebogen sind.

[0015] Um bei der Kühlung in einem geschlossenen Kreislauf die Möglichkeit der Wärmerückgewinnung zu realisieren, ist in den Kühlkreislaufleitungen neben der Fördereinrichtung zur Aufrechterhaltung der Kreislaufströmung eine Wärmerückgewinnungseinrichtung angeordnet, in der das aufgeheizte Kühlmedium gekühlt und die dabei frei werdende Wärme genutzt, bzw. gespeichert wird.

[0016] Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist ein Mess- und Regelsystem, in das Messwerte der Betriebstemperaturen des Ofens einfließen, mit dieser Wärmerückgewinnungseinrichtung und mit der Fördereinrichtung verbunden, um auf diese Weise einen Einfluss auf die Temperatur und auf die Menge des in die Kühleinrichtung einfließenden Kühlmediums nehmen zu können.

[0017] Weitere Vorteile, Einzelheiten und Merkmale der Erfindung werden nachfolgend anhand eines in schematischen Zeichnungsfiguren dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

[0018] Es zeigen:

Fig. 1 einen Vertikalschnitt durch einen Ofen,

Fig. 2 ein Blockdiagramm einer Kreislaufkühlung.

[0019] Figur 1 zeigt schematisch einen Ofen 1 mit einem Ofenboden 2, unteren seitlichen Wänden 3 am Schmelzgefäß 4, oberen seitlichen Wänden 5 und einem Deckel 6. Die oberen seitlichen Wände 5 reichen nach unten bis etwa zum die Schmelze enthaltenden Schmelzgefäß 4 und sind bis zu diesem Bereich wie der Deckel 6 mit einer Wasserkühlung 5' versehen.

[0020] Das Schmelzgefäß 4 besitzt eine durch die Schraffur kenntlich gemachte feuerfeste Ausmauerung 8 und wird gebildet durch den Ofenboden 2 und die unteren seitlichen Wände 3.

Erfindungsgemäß ist das Schmelzgefäß 4 mit Abstand von einem Mantel 9 vorzugsweise aus Stahlblech umgeben, der entsprechend der Kontur der äußeren Ofenwand 7 geformt ist. Der sich auf diese Weise ergebende schalenförmige Hohlraum bildet die Kühlvorrichtung 10 aus, durch die das Kühlmedium 14 strömt.

[0021] Der Kühlmittelintritt erfolgt im dargestellten Ausführungsbeispiel mittig unten im Ofenboden 2 über die Zulauföffnung 12, strömt in Pfeilrichtung zu den Seitenwänden 3 und verlässt dann die Kühlvorrichtung 10 am oberen Ende der Seitenwände 3 durch die Ablauföffnungen 13. Innerhalb der Kühlvorrichtung 10 sind zum besseren Wärmeübergang sowie zur Verwirbelung des Kühlmediums 14 an der Ofenwand 7 entsprechend der Strömungsrichtung des Kühlmediums 14 ausgeformte Kühlrippen 11 angeordnet.

[0022] In Figur 2 ist in Form eines Blockdiagramms ein Ausführungsbeispiel einer Kreislaufkühlung dargestellt. Die Kühlvorrichtung 10 des Ofens 1 bzw. des Schmelzgefäßes 4 ist an seiner Ablauföffnung 13 über die Ablaufleitung 16 mit einer Wärmerückgewinnungs-

einrichtung 18 verbunden. In dieser Wärmerückgewinnungseinrichtung 18 wird das bei der Kühlung des Schmelzgefäßes 4 aufgeheizte Kühlmedium 14 unter Wärmerückgewinnung abgekühlt. Eine Fördereinrichtung 17, beispielsweise eine Pumpe oder ein Gebläse, die in der Zulaufleitung 15 angeordnet ist, drückt das aus der Wärmerückgewinnungseinrichtung 18 austretende nun abgekühlte Kühlmedium 14 dann über die Zulauföffnung 12 zurück in die Kühleinrichtung 10.

[0023] Die Wärmerückgewinnungseinrichtung 18 und die Fördereinrichtung 17 sind über Steuerleitungen 21 mit einer Mess- und Regeleinrichtung 19 verbunden, durch die die Förderleistung der Fördereinrichtung 17 und die Temperatur des Kühlmediums 14, in der Wärmerückgewinnungseinrichtung 18, in Abhängigkeit des Betriebszustandes des Ofens 1 geregelt werden. Hierzu ist die Mess- und Regeleinrichtung 19 über eine Messdatenleitung 20 mit entsprechenden Messgeräten am Ofen (die Messgeräte sind nicht dargestellt) verbunden.

[0024] Die Erfindung ist nicht auf die in den Zeichnungsfiguren dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt, die, der besseren Anschaulichkeit wegen, mit einer überdimensionierten Abkühlvorrichtung abgebildet wurden. Je nach Bauart und Betriebsbedingungen des Ofens können gemäß der Erfindung Form und Größe der Abkühlvorrichtung, Anzahl und Anordnung der Zulauf- und Ablauföffnungen sowie die Verknüpfung der Abkühlvorrichtung mit sonstigen Vorrichtungen (Mess- und Regeleinrichtung, Fördervorrichtung, usw.) variabel gestaltet werden, wenn das Grundprinzip der Erfindung, mit möglichst geringem Konstruktions- und Kostenaufwand in einfacher Weise eine optimale Kühlung des gesamten Schmelzgefäßes herbeizuführen, eingehalten wird.

Patentansprüche

1. Lichtbogen- oder Widerstandsschmelzofen (1) mit einem feuerfest ausgekleideten Schmelzgefäß (4), welches einen Boden (2) und seitliche Wände (3) mit einer äußeren Ofenwand (7) aufweist, sowie mit einem durch ein Kühlmedium gekühlten Oberteil, welches obere seitliche Wände (5) und einen Deckel (6) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ofenwand (7) des feuerfest ausgekleideten Schmelzgefäßes (4) schalenförmig durch eine Kühlvorrichtung (10) umgeben ist, in welcher Kühlmedium (14) in direktem Kontakt mit der Ofenwand (7) strömt.
2. Lichtbogen- oder Widerstandsschmelzofen (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlvorrichtung (10) mit einem Mantel (9) entsprechend der Kontur der äußeren Ofenwand (7) am Schmelzgefäß (4) angeordnet ist, wobei mindestens eine Zulauföffnung (12) und mindestens eine

Ablauföffnung (13) für das Kühlmedium (14) an der Kühlvorrichtung (10) angeordnet sind.

3. Lichtbogen- oder Widerstandsschmelzofen (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zulauföffnung (12) mittig unten im Ofenboden (2) und die Ablauföffnung (13) seitlich oben an der unteren Seitenwand (3) an der Kühlvorrichtung (10) angeordnet sind. 5
4. Lichtbogen- oder Widerstandsschmelzofen (1) nach Anspruch 1, 2 oder 3 **dadurch gekennzeichnet, dass** der Transport des Kühlmediums (14) innerhalb der Kühlvorrichtung (10) durch Konvektion und/oder durch eine außerhalb der Kühlvorrichtung (10) angeordnete Fördereinrichtung (17) aufrechterhalten wird. 10
5. Lichtbogen- oder Widerstandsschmelzofen (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kühlmedium (14) in einem geschlossenen Kreislauf durch die Kühlvorrichtung (10) geführt wird. 15
6. Lichtbogen- oder Widerstandsschmelzofen (1) nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** innerhalb der Kühlvorrichtung (10) Kühlrippen (11) an der äußeren Ofenwand (7) angeordnet sind. 20
7. Lichtbogen- oder Widerstandsschmelzofen (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlvorrichtung (10) in einem geschlossenen Kreislauf über eine Ablaufleitung (16) und eine Zulaufleitung (15) mit einer Wärmerückgewinnungsvorrichtung (18) verbunden ist, wobei in der Zulaufleitung (15) und/oder in der Ablaufleitung (16) eine Fördereinrichtung (17), beispielsweise ein Gebläse oder eine Pumpe, angeordnet ist. 25
8. Lichtbogen- oder Widerstandsschmelzofen (1) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmerückgewinnungsvorrichtung (18) und/oder die Fördereinrichtung (17) über Steuerleitungen (21) mit einer Mess- und Regelvorrichtung (19) verbunden sind, in die über eine Messdatenleitung (20) Messwerte der Betriebstemperaturen des Lichtbogen- oder Widerstandsschmelzofens (1) einfließen. 30
9. Lichtbogen- oder Widerstandsschmelzofen (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Luft-Konvektionskühlung die Ablauföffnung (13) mit einem Kamin verbunden ist. 35
10. Verfahren zum Betrieb eines Lichtbogen- oder Widerstandsschmelzofens (1) nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 9, **da-** 40

durch gekennzeichnet, dass die Kühlleistung der Kühlvorrichtung (10) durch Änderung der Kühlmediumgeschwindigkeit und/oder der Kühlmediumtemperatur an die Betriebstemperaturen des Lichtbogen- oder Widerstandsschmelzofens (1) angepasst wird.

Claims

1. Arc or resistance furnace (1) with a melt vessel (4) which has a refractory lining (1) and which comprises a base (2) and side walls (3) with an outer furnace wall (7), as well as with an upper part which is cooled by a coolant and has upper side walls (5) and a roof (6), **characterised in that** the furnace wall (7) of the melt vessel (4) with refractory lining is enclosed in basin-like manner by a cooling device (10) in which coolant (14) flows in direct contact with the furnace wall (7). 45
2. Arc or resistance furnace (1) according to claim 1, **characterised in that** the cooling device (10) is arranged by a casing (9), in correspondence with the profile of the outer furnace wall (7), at the melt vessel (4), wherein at least one inflow opening (12) and at least one outflow opening (13) for the coolant (14) are arranged at the cooling device (10). 50
3. Arc or resistance furnace (1) according to claim 2, **characterised in that** the inflow opening (12) is arranged centrally at the bottom in the furnace base (2) and the outflow opening (3) is arranged laterally at the top at the lower side wall (3) at the cooling device (10). 55
4. Arc or resistance furnace (1) according to claim 1, 2 or 3, **characterised in that** the transport of the coolant (14) within the cooling device (10) is maintained by convection and/or by a conveying device (17) arranged outside the cooling device (10).
5. Arc or resistance furnace (1) according to claim 4, **characterised in that** the coolant (4) is conducted through the cooling device (10) in a closed circuit.
6. Arc or resistance furnace (1) according to one or more of claims 1 to 5, **characterised in that** within the cooling device (10) cooling ribs (11) are arranged at the outer furnace wall (7).
7. Arc or resistance furnace (1) according to claim 6, **characterised in that** the cooling device (10) is connected in a closed circuit by way of an outflow duct (16) and an inflow duct (15) with a heat recovery device (18), wherein a conveying device (17), for example a fan or a pump, is arranged in the inflow duct (15) and/or in the outflow duct (16).

8. Arc or resistance furnace (1) according to claim 7, **characterised in that** the heat recovery device (18) and/or the conveying device (17) are connected by way of control lines (21) with a measuring and regulating device (19) into which measurement values of the operating temperatures of the arc or resistance furnace (1) flow by way of a measured data line (20). 5
9. Arc or resistance furnace (1) according to claim 4, **characterised in that** in the case of air convection cooling the outflow opening (13) is connected with a chimney. 10
10. Arc or resistance furnace (1) according to one or more of the preceding claims 1 to 9, **characterised in that** the cooling performance of the cooling device (10) is matched to the operating temperatures of the arc or resistance furnace (1) by changing the coolant speed and/or the coolant temperature. 15 20

Revendications

1. Four de fusion (1) à arc ou à résistance avec une cuve de fusion (4) pourvue d'un matériau réfractaire, qui présente un fond (2) et des parois latérales (3) avec une paroi de four extérieure (7), ainsi qu'une partie supérieure refroidie par un agent de refroidissement, qui présente des parois latérales (5) supérieures et un couvercle (6), **caractérisé en ce que** la paroi (7) du four de la cuve de fusion (4) pourvue d'un matériau réfractaire est entourée en forme de coquille par un dispositif de refroidissement (10), dans lequel un agent de refroidissement (14) s'écoule en contact direct avec la paroi du four (7). 25 30 35
2. Four de fusion (1) à arc ou à résistance selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le dispositif de refroidissement (10) est agencé avec une enveloppe (9) correspondant au contour de la paroi (7) extérieure sur la cuve de fusion (4), en prévoyant au moins une ouverture d'entrée (12) et au moins une ouverture d'évacuation (13) pour l'agent de refroidissement (14) sur le dispositif de refroidissement (10). 40 45
3. Four de fusion (1) à arc ou à résistance selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'ouverture d'entrée (12) est disposée au niveau du dispositif de refroidissement (10) au centre dans le fond (2) du four et l'ouverture d'évacuation (13) latéralement dans le haut de la paroi latérale (3) inférieure. 50 55
4. Four de fusion (1) à arc ou à résistance selon la revendication 1, 2 ou 3, **caractérisé en ce que** le transport de l'agent de refroidissement (14) dans le dispositif de refroidissement (10) est maintenu par convection et/ou par un dispositif de transport (17) agencé à l'extérieur du dispositif de refroidissement (10).
5. Four de fusion (1) à arc ou à résistance selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** l'agent de refroidissement (14) est guidé en circuit fermé à travers le dispositif de refroidissement (10).
6. Four de fusion (1) à arc ou à résistance selon l'une ou plusieurs des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** des nervures de refroidissement (11) sont disposées dans le dispositif de refroidissement (10) sur la paroi extérieure (7) du four.
7. Four de fusion (1) à arc ou à résistance selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le dispositif de refroidissement (10) est raccordé en circuit fermé via une conduite d'évacuation (16) et une conduite d'alimentation (15) avec un dispositif de récupération de chaleur (18), un dispositif de transport (17), par exemple un ventilateur ou une pompe, étant disposé dans la conduite d'alimentation (15) et/ou dans la conduite d'évacuation (16).
8. Four de fusion (1) à arc ou à résistance selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** le dispositif de récupération de chaleur (18) et/ou le dispositif de transport (17) est raccordé, via des lignes de commande (21), à un dispositif de mesure et de régulation (19) dans lequel entrent, via une ligne de données mesurées, les valeurs mesurées des températures de fonctionnement du four de fusion (1) à arc ou à résistance.
9. Four de fusion (1) à arc ou à résistance selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** l'ouverture d'évacuation (13) est reliée à une cheminée dans le cas d'un refroidissement par convection à air.
10. Procédé pour le fonctionnement d'un four de fusion (1) à arc ou à résistance selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes 1 à 9, **caractérisé en ce que** la puissance de refroidissement du dispositif de refroidissement (10) est adaptée aux températures de fonctionnement du four de fusion (1) à arc ou à résistance par modification de la vitesse de l'agent de refroidissement et/ou des températures de l'agent de refroidissement.

Fig. 1

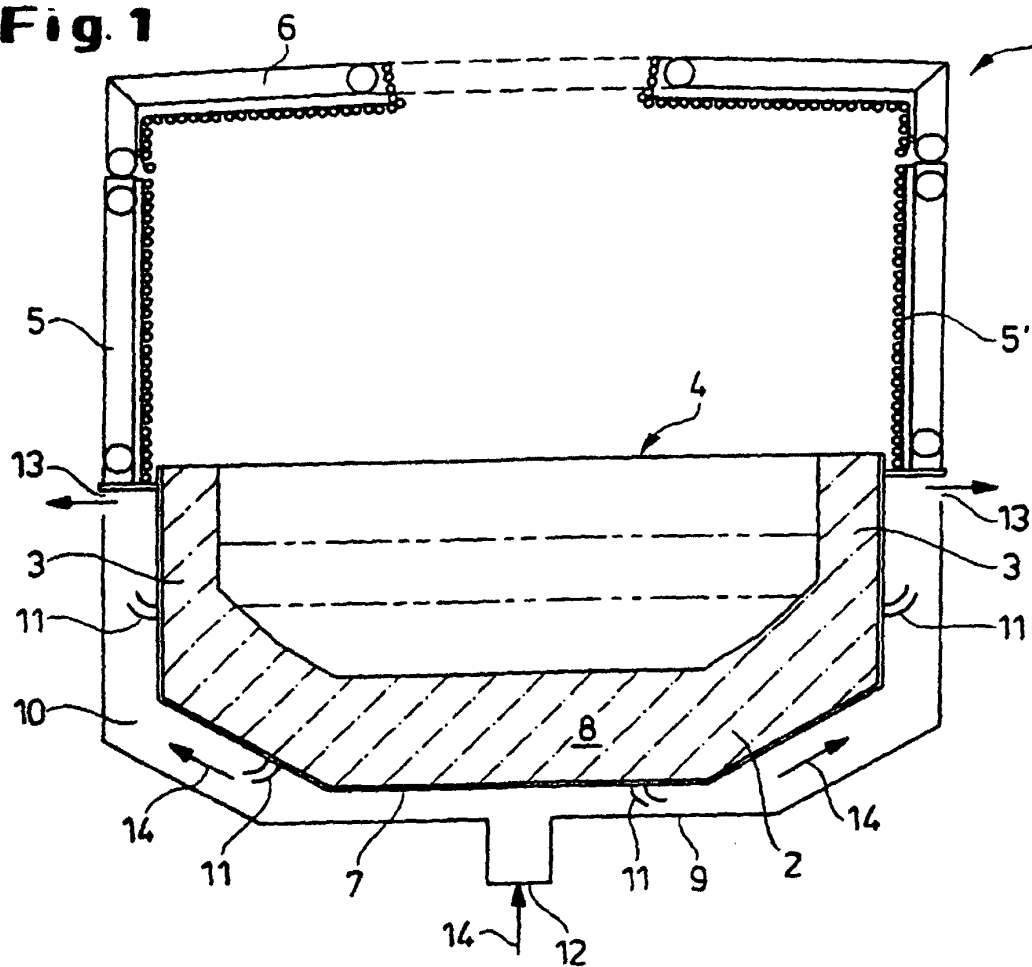


Fig. 2

