



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 197 44 151 C5** 2004.08.26

(12)

## Geänderte Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **197 44 151.3**  
 (22) Anmeldetag: **07.10.1997**  
 (43) Offenlegungstag: –  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **19.08.1999**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 des geänderten Patents: **26.08.2004**

(51) Int Cl.7: **C21C 5/52**  
**C21B 11/08, C21B 13/12**

Patent nach Einspruchsverfahren beschränkt aufrechterhalten

(71) Patentinhaber:  
**Outokumpu Oyj, Espoo, FI**

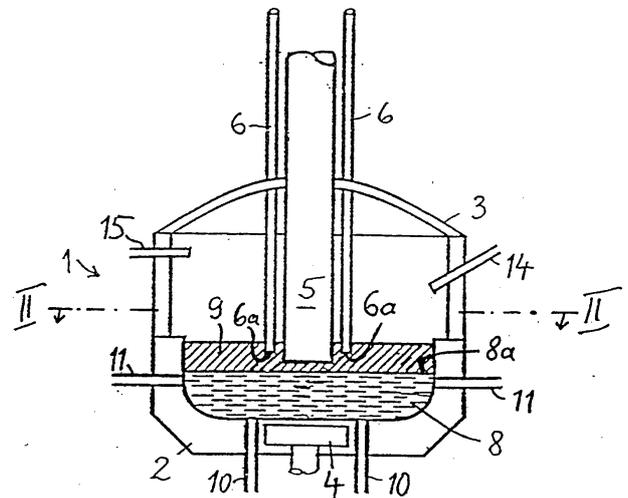
(74) Vertreter:  
**Keil & Schaafhausen Patentanwälte, 60322  
 Frankfurt**

(72) Erfinder:  
**Eichberger, Heinz, 65812 Bad Soden, DE; Schimo,  
 Siegfried, 61381 Friedrichsdorf, DE; Ströder,  
 Michael, Dr., 61267 Neu-Anspach, DE; Wells,  
 William, Oakville, Ontario, CA**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
 gezogene Druckschriften:  
**DE 1 96 08 530 A1**  
**DE 33 26 505 A1**  
**GB 11 04 693 A**  
**US 56 03 748**  
**US 54 33 767**  
**US 54 07 462**  
**EP 4 62 713 A1**  
**WO 96/22 397**  
**GB-Z.: "Steel Times", Nov.1996, S.391,392;**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Schmelzen von feinkörnigem, direkt reduziertem Eisen in einem Elektrolichtbogenofen**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Schmelzen von feinkörnigem, direkt reduziertem Eisen (DRI), das zu mindestens 80 Gew.-% eine Körnung von höchstens 3 mm aufweist, in einem Elektrolichtbogenofen, der ein Bad aus flüssigem Eisen und auf dem flüssigen Eisen eine Schaum-schlackeschicht enthält, wobei das DRI während des Ofenbetriebs durch mindestens eine Lanze, die durch den Dekkel des Ofens hindurchgeführt ist, von oben durch die Mündung der Lanze in die Schaum-schlackeschicht und auf das Eisenbad geleitet wird, dadurch gekennzeichnet, daß das DRI allein durch die Schwerkraft und ohne die Benutzung eines Fördergases durch die Lanze oder Lanzen auf das Eisenbad fällt, wobei sich jede Lanzenmündung in der Schaum-schlackeschicht befindet, und daß jede Lanze vertikal verstellbar ausgebildet ist und ihre Mündung während der gesamten Einschmelzphase mit konstantem Abstand von 3 bis 100 cm über der Oberfläche des Eisenbades gehalten wird.



**Beschreibung**

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schmelzen von feinkörnigem, direkt reduziertem Eisen (DRI), das zu mindestens 80 Gew.-% eine Körnung von höchstens 3 mm aufweist, in einem Elektrolichtbogenofen, der ein Bad aus flüssigem Eisen und auf dem flüssigen Eisen eine Schaum Schlackeschicht enthält, wobei das DRI während des Ofenbetriebs durch mindestens eine Lanze, die durch den Deckel des Ofens hindurchgeführt ist, von oben durch die Mündung der Lanze in die Schaum Schlackeschicht und auf das Eisenbad geleitet wird.

[0002] Ein solches Verfahren ist aus DE 196 08 530 A1 bekannt. Hierbei wird das DRI mit einem Fördergas, das im wesentlichen aus CO<sub>2</sub> besteht, auf das Schmelzbad geblasen, wobei CO<sub>2</sub> in erwünschter Weise zu CO + 1/2 O<sub>2</sub>, dissoziiert.

[0003] Im US-Patent 5 433 767 wird die Direktreduktion von feinkörnigem Eisenerz in mindestens zwei Wirbelschichten beschrieben, wobei man heißes Reduktionsgas auch als Fluidisierungsgas verwendet. Man erzeugt feinkörnigen Eisenschwamm, der anschließend in einem Schmelzreaktor bei Temperaturen von 1500 bis 1700°C verflüssigt und weiter reduziert wird. Die Erzeugung von feinkörnigem Eisenschwamm ist auch im US-Patent 5 603 748 beschrieben.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das feinkörnige, direkt reduzierte Eisen (DRI) auch im heißen Zustand weitgehend verlustfrei während des Ofenbetriebs dem Eisenbad zuzuführen. Erfindungsgemäß gelingt dies beim eingangs genannten Verfahren durch die im Kennzeichen des Patentanspruchs 1 genannten Merkmale. Neben dem feinkörnigen DRI kann auch anderes körniges oder stückiges Eisenmaterial, etwa Stahlschrott, heißbrikettiertes Eisen oder Roheisen in das Eisenbad gegeben werden.

[0005] Während des Ofenbetriebs steigen aus dem Eisenbad ständig Gase auf, die nach oben durch den Deckel des Ofens abgeführt werden. Das eingetragene DRI gelangt zunächst in die mehr oder weniger schaumige Schlackeschicht, wo es entweder direkt aufgeschmolzen wird oder durch sein Gewicht und die Bewegungen des Bades, die durch die elektrischen Ströme entstehen, in das Eisenbad einsinkt. Die Schaum Schlackeschicht verhindert, daß über die Lanze eingebrachtes feinkörniges DRI mit den aufsteigenden Gasen mitgerissen und aus dem Ofen ausgetragen wird, was zu erhöhten Eisenverlusten führen würde. Mitgessenenes Eisen kann sich auch als Anbackung im oberen Bereich des Ofens oder in den Abgasleitungen festsetzen und so zu Unterbrechungen im Ofenbetrieb führen.

[0006] Der Elektrolichtbogenofen kann in bekannter Weise mit Gleichstrom oder Wechselstrom betrieben werden. Es ist auch bekannt, die durch den Ofendeckel eingeführten Elektroden vertikal bewegbar auszubilden, und während des Ofenbetriebs allmählich

anzuheben, so daß ihr Abstand zu der Badoberfläche während des Chargenbetriebs etwa konstant bleibt.

[0007] Das feinkörnige DRI wird durch eine oder mehrere Lanzen von oben durch den Ofendeckel auf das Eisenbad gegeben, wobei man die Lanze oder Lanzen mit Wasserkühlung ausrüsten kann, falls erforderlich. Zweckmäßigerweise verhindert man, daß die Mündung der Lanze oder Lanzen mit dem flüssigen Eisen des Eisenbades in Berührung kommt. Die Mündung jeder Lanze ist deshalb vertikal bewegbar ausgebildet, wobei man z. B. die Lanze ebenso wie die Elektrode mit steigendem Badspiegel des Eisenbades nach oben zieht. Der Abstand der Mündung jeder Lanze von der Oberfläche des Eisenbades beträgt 3 bis 100 cm und zumeist 5 bis 50 cm. Dabei ist dafür zu sorgen, daß die Lanzenmündung stets innerhalb der Schaum Schlackeschicht gehalten wird, damit möglichst kein DRI durch aufsteigende

[0008] Gase nach oben zum Ofendeckel mitgerissen wird. Das DRI wird allein durch die Schwerkraft durch die Lanze zum Bad hin bewegt.

[0009] Durch Zugabe von Kohlenstoff und Sauerstoff kann man in an sich bekannter Weise dafür sorgen, daß sich eine stabile Schaum Schlackeschicht auf dem Eisenbad ausbildet und dort während des Ofenbetriebs erhalten bleibt. Diese Schicht stellt eine Reaktionszone dar, die das feinkörnige DRI vor Reoxidation schützt. Gleichzeitig erlaubt sie das Eintauchen der Elektrode(n), um sie vor Oxidation zu schützen und die Wärmeübertragung vom Lichtbogen auf die Schmelze zu verbessern.

[0010] Dem Eisenbad werden durch Unterbaddüsen kohlenstoffhaltiges Material und O<sub>2</sub>-haltiges Gas zugeführt. Das kohlenstoffhaltige Material kann fest, flüssig oder gasförmig sein; als O<sub>2</sub>-haltiges Gas wird üblicherweise technisch reiner Sauerstoff verwendet. Die Unterbaddüsen können beliebig angeordnet werden, z. B. im Ofenboden oder in den Seitenwänden. Zweckmäßigerweise weist auch der Gasraum über der Schaum Schlacke eine oder mehrere Düsen z. B. zum Einleiten von O<sub>2</sub>-haltigem Gas auf, um dort für teilweise Nachverbrennung von CO zu sorgen.

[0011] Das Eisenbad des Ofens besteht üblicherweise zu mindestens 90 Gew.-% aus flüssigem Eisen. Man kann den Ofen zum Erzeugen von Roheisen oder flüssigem Stahl benutzen. Das flüssige Metall wird aus dem Ofen mit Temperaturen im Bereich von 1300 bis 1700°C und vorzugsweise mit mindestens 1350°C im Falle von Roheisen und mindestens 1550°C im Falle von Stahl abgezogen.

[0012] Ausgestaltungsmöglichkeiten des Verfahrens werden mit Hilfe der Zeichnung erläutert. Es zeigt:

[0013] **Fig. 1:** einen vertikalen Schnitt nach der Linie I-I in **Fig. 2** durch einen mit Gleichstrom betriebenen Elektrolichtbogenofen in schematisierter Darstellung,

[0014] **Fig. 2:** einen horizontalen Schnitt nach der Linie II-II in **Fig. 1**,

[0015] **Fig. 3:** einen mit Wechselstrom betriebenen Elektrolichtbogenofen in der Darstellung analog zu

**Fig. 1**, geschnitten nach der Linie III-III in **Fig. 4** und [0016] **Fig. 4**: einen horizontalen Schnitt entlang der Linie IV\_IV in **Fig. 3**.

[0017] Der Elektrolichtbogenofen (1) der **Fig. 1** und 2 weist eine ausgemauerte Wanne (2) und einen abnehmbaren Deckel (3) auf. Die Wanne ist mit mindestens einer Bodenelektrode (4) versehen. Durch Öffnungen im Deckel (3) durchgeführt, ragen eine obere Elektrode (5) und drei Lanzen (6) von oben in das Innere des Ofens, von denen in **Fig. 1** nur zwei zu sehen sind. Die Zahl der oberen Elektroden (5) und der Lanzen (6) kann auch anders als in der Zeichnung gewählt werden. Die Lanzen (6) sind mit einer Wasserkühlung versehen, was in der Zeichnung nicht dargestellt ist.

[0018] Während des Betriebs befindet sich im Ofen (1) ein Eisenbad (8), das bis zum Badspiegel (8a) reicht. Über dem Badspiegel (8a) entsteht während des Ofenbetriebs eine Schicht (9) aus schaumiger Schlacke, die erwünscht ist. Durch Unterbaddüsen (10) und (r) leitet man kohlenstoffhaltiges Material und/oder O<sub>2</sub>-haltiges Gas in das Eisenbad (8). Durch eine Doppellanze (12) – vgl. **Fig. 2** – kann man Sauerstoff und kohlenstoffhaltiges Material durch die geöffnete Ofentür (13) in die Schlackeschicht (9) blasen und dabei in an sich bekannter Weise die Schaumbildung verstärken. Mit seitlichen, schräg über dem Bad angeordneten Düsen (14) kann in bekannter Weise Sauerstoff auf das Bad geblasen werden. Horizontale Düsen (15) dienen in ebenfalls bekannter Weise der Sauerstoffzufuhr, um CO nachzuverbrennen.

[0019] Die obere Elektrode (5) kann, was ebenfalls bekannt ist, vertikal verstellt werden, so daß ihr Abstand zum Badspiegel (8a) bei zunehmendem Flüssigkeitsstand des Eisenbads etwa konstant gehalten wird. Durch die Lanzen (6) wird das feinkörnige DRI von einem nicht dargestellten Vorratsbehälter in den Ofen (1) eingebracht, so daß es ohne nennenswerte Verluste vom Eisenbad (8) aufgenommen wird. Zu diesem Zweck befinden sich die Mündungen (6a) der Lanzen (6) in relativ kurzer Entfernung über dem Badspiegel (8a) in der Schaum- schlackeschicht (9). Ebenso wie die obere Elektrode (5) können auch die Lanzen (6) vertikal aufwärts bewegt werden, damit der gewünschte Abstand der Mündungen (6a) der Lanzen (6) vom Badspiegel (8a) eingehalten wird. Dieser Abstand liegt im Bereich von 3 bis 100 cm und vorzugsweise 5 bis 50 cm. Das DRI kann auch heiß, z. B. mit Temperaturen von 300 bis 1000°C, durch die Lanzen (6) in den Ofen eingetragen werden.

[0020] Der Ofen (1) wird chargenweise betrieben, und man zieht am Ende einer Einschmelzphase flüssiges Roheisen oder flüssigen Stahl durch die verschließbare Abstichöffnung (16) ab, vgl. **Fig. 2**.

[0021] Der mit Wechselstrom betriebene Elektrolichtbogenofen (1a) der **Fig. 3** und 4 weist drei obere Elektroden (5) auf, von denen in **Fig. 3** nur eine zu sehen ist. Im übrigen haben die Bezugsziffern die bereits zusammen mit **Fig. 1** und 2 erläuterte Bedeutung.

Beispiel:

[0022] Es wird mit einem mit 3-Phasen-Wechselstrom betriebenen Elektrolichtbogenofen gearbeitet, wie er in **Fig. 3** und 4 dargestellt ist. Der Ofen ist kippbar ausgebildet. Die Wanne (2) hat ein Fassungsvermögen von 150 t Eisenschmelze, der Strom wird von einem Transformator von 100 MVA geliefert. Die drei Elektroden (5) bestehen aus Graphit, ihr Abstand vom Eisenbad wird konstant bei 50 mm gehalten.

[0023] Bevor nach einem längeren Stillstand das erste DRI in den Ofen gegeben wird, erzeugt man zunächst durch teilweises Schmelzen von 40 t Stahlschrott ein Flüssigkeitsbad von 1560°C. Durch drei wassergekühlte Lanzen (6) gibt man diesem Bad DRI mit einer oberen Körnungsgrenze von 1,2 mm auf, das aus einer Feinerz-Reduktionsanlage kommt und eine Temperatur von 650°C aufweist. Das DRI enthält neben metallischem Eisen noch 7 Gew.-% FeO, 4 Gew.-% SiO<sub>2</sub>, 2 Gew.-% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und 1 Gew.-% C. Die Mündungen (6a) der Lanzen (6) haben einen Abstand von 80 mm vom Badspiegel (8a), der geregelt und über die gesamte Einschmelzphase konstant gehalten wird. Die Zufuhrgeschwindigkeit an direkt reduziertem Eisen beträgt 1,2 t/min pro Lanze.

[0024] Durch die Unterbaddüsen (11) leitet man pro Minute 5 Nm<sup>3</sup> technisch reinen Sauerstoff und 25 kg Kohlenstoff in Form von leichtem Heizöl in den Ofen, zusätzlich werden 300 kg Kalk pro Minute zugeführt. Darüber hinaus werden durch die Doppellanze (12), die in an sich bekannter Weise verstellbar ausgebildet ist und die in die Schaum- schlackeschicht (9) eintaucht, geringe Mengen Sauerstoff und Kohlenstoff eingeblasen, um die Bildung einer stabilen Schaum- schlackeschicht zu unterstützen. Man erzeugt eine Stahlschmelze von 1630°C, die nach einer Betriebszeit von einer Stunde aus dem Ofen abgezogen wird. Die dem Ofen zugeführten Mengen an DRI, Kohlenstoff, Sauerstoff und Kalk ergeben bei der Temperatur von 1630°C eine Stahlmenge von 150 t mit einem C-Gehalt von 0,1 Gew.-%. Die gebildete Schlacke hat eine Basizität (Gewichtsverhältnis CaO/ SiO<sub>2</sub>) von 2,5. Nach dem Abstich bleiben 30 t des Stahls im Ofen, damit bei der nächsten Schmelze sofort mit der Zufuhr von DRI begonnen werden kann, ohne daß Stahlschrott aufgeschmolzen werden muß.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Schmelzen von feinkörnigem, direkt reduziertem Eisen (DRI), das zu mindestens 80 Gew.-% eine Körnung von höchstens 3 mm aufweist, in einem Elektrolichtbogenofen, der ein Bad aus flüssigem Eisen und auf dem flüssigen Eisen eine Schaum- schlackeschicht enthält, wobei das DRI während des Ofenbetriebs durch mindestens eine Lanze, die durch den Deckel des Ofens hindurchgeführt ist, von oben durch die Mündung der Lanze in die Schaum- schlackeschicht und auf das Eisenbad geleitet wird, dadurch gekennzeichnet, daß das DRI allein

durch die Schwerkraft und ohne die Benutzung eines Fördergases durch die Lanze oder Lanzen auf das Eisenbad fällt, wobei sich jede Lanzenmündung in der Schaum schlackeschicht befindet, und daß jede Lanze vertikal verstellbar ausgebildet ist und ihre Mündung während der gesamten Einschmelzphase mit konstantem Abstand von 3 bis 100 cm über der Oberfläche des Eisenbades gehalten wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das DRI mit Temperaturen im Bereich von 300 bis 1000°C in den Ofen geleitet wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

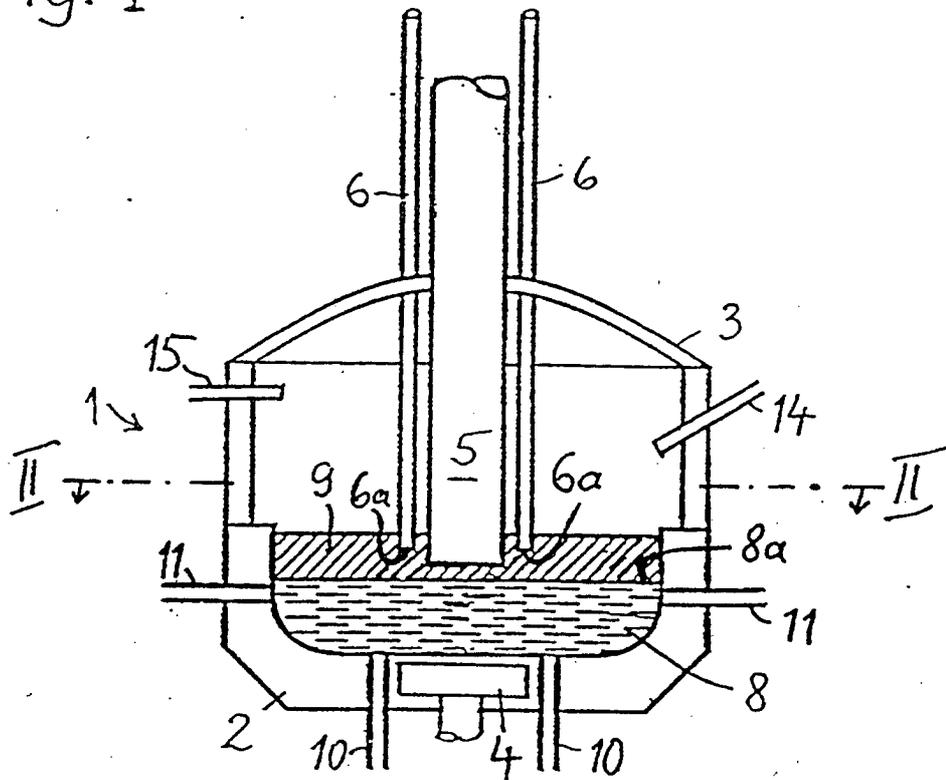


Fig. 2

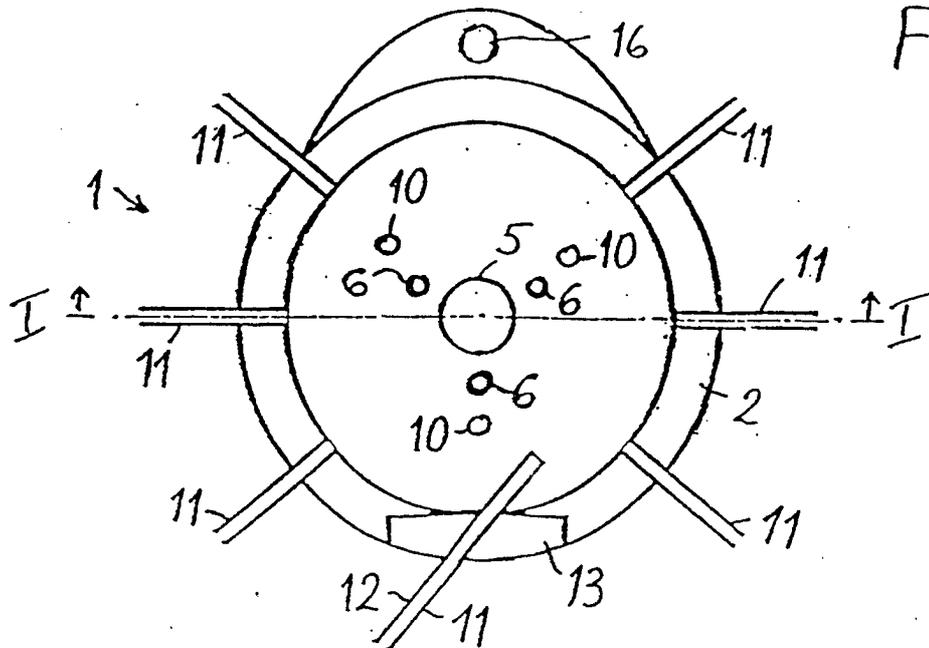


Fig. 3

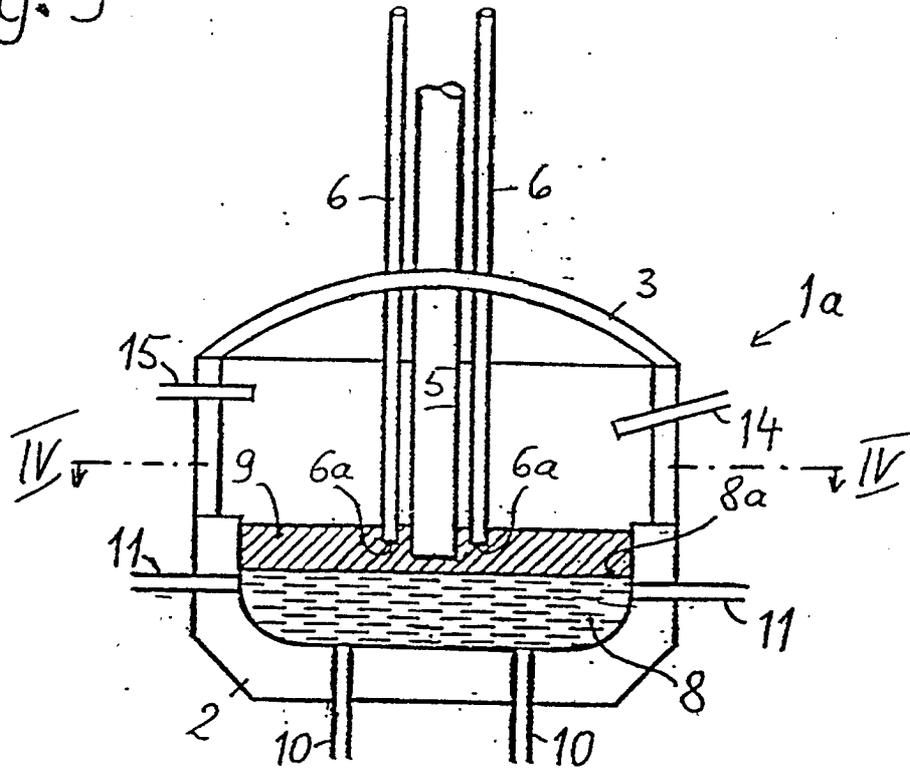


Fig. 4

