

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 451 552 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
23.04.1997 Patentblatt 1997/17

(51) Int. Cl.⁶: **B22F 9/08**

(21) Anmeldenummer: **91104212.5**

(22) Anmeldetag: **19.03.1991**

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Formung eines Giesstrahls

Process and apparatus for producing a liquid metal jet

Procédé et appareil pour produire un jet de métal liquide

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(30) Priorität: **09.04.1990 DE 4011392**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.10.1991 Patentblatt 1991/42

(73) Patentinhaber: **ALD Vacuum Technologies GmbH**
63526 Erlensee (DE)

(72) Erfinder:
• **Stenzel, Otto W., Dr.**
W-Gründau 4 (DE)
• **Sick, Georg, Dr.**
W-7141 Beilstein (DE)
• **Hohmann, Michael**
W-6450 Hanau 7 (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 238 425 **EP-A- 0 291 288**
EP-A- 0 427 379 **CH-A- 576 302**
US-A- 3 387 783 **US-A- 4 762 553**

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).

EP 0 451 552 B1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung bzw. ein Verfahren nach den Oberbegriffen der Patentansprüche 1 bzw. 7.

Bei der Herstellung von hochreinen Metallpulvern oder Feinguß ist es erforderlich, das flüssige Metall in einem relativ engen Strahl zu bündeln, um es anschließend mittels einer Zerstäubungsdüse zerstäuben zu können, einer rotierenden Scheibe zu zerteilen und beim Feinguß in eine Form abzugießen, ohne durch einen Strahlformer das Metall zu verunreinigen.

Es ist bereits ein Verfahren zur Herstellung von hochreinen keramikfreien Metallpulvern bekannt, bei dem eine aus einem Schmelzbehälter frei fließende Schmelze mittels eines Gasstromes zerstäubt wird und nachfolgend erstarrt (DE-A-3 211 861). Hierbei wird die Schmelze mittels einer Lichtbogenelektrode aufrechterhalten und über einen Überlauf abfließen lassen, wobei die Zerstäubung unterhalb des Überlaufs erfolgt.

Weiterhin ist ein Verfahren zum Herstellen von Legierungspulver bekannt, bei dem eine Legierung unter Verwendung einer Plasma-Wärmequelle geschmolzen und wobei eine Schicht aus wieder erstarrtem Material zwischen dem geschmolzenen Material und der Wärmequelle geschaffen wird. Das geschmolzene Material wird sodann aus dem Schmelzraum in eine Vorrichtung zum Herstellen des Legierungspulvers gebracht (DE-A-3 421 488). Eine besondere Vorrichtung zur Formung eines Gießstrahls ist hierbei nicht vorgesehen.

Dies gilt auch für andere bekannte Vorrichtungen zum Schmelzen von Metallen, die einen Metallbehälter aufweisen, der von einer Induktionsspule umgeben ist (EP-A-0 366 310, DE-A-3 533 964).

Bei einem anderen bekannten Verfahren für die Herstellung von Metall- oder Legierungspulver wird das geschmolzene Metall elektromagnetisch in der Schmelze gehalten, und zwar mittels einer Spule, die um einen Behälter herum angeordnet ist (US-A-4 762 553). Der Strom geschmolzenen Materials wird hierbei elektromagnetisch eingeschlossen und auf einen vorgegebenen Strömungsdurchmesser gebracht. Anschließend wird der zusammengeschnürte Metallstrom wieder desintegriert und in kleine Tröpfchen zerstäubt, die durch Abkühlung ein Metallpulver bilden. Über die elektrischen und thermischen Eigenschaften des die Schmelze aufnehmenden Behälters ist hierbei nichts ausgesagt.

Weiterhin ist auch noch ein Abtropfschmelzverfahren bekannt, bei dem stangenförmiges Ausgangsmaterial geschmolzen und einer Zerstäubungsdüse zugeführt wird (DE-A-3 433 458). Das stangenförmige Material wird hierbei vertikal gegen eine Induktionsspule verschoben, deren axiale Ausdehnung und deren Öffnung kleiner sind als der Stangendurchmesser, und das untere Stangenende wird mit seiner Stirnseite in einem im wesentlichen gleichbleibenden axialen Abstand über der Induktionsspule gehalten. Nachteilig

ist bei diesem Verfahren, daß das Ausgangsmaterial in Stangenform vorliegen muß.

Schließlich ist auch noch ein Verfahren bekannt, mit dem Materialien induktiv aufgeschmolzen werden (EP-A-0 238 425). Hierbei kommt ein trichterförmiger Tiegel zum Einsatz, der aus mehreren Segmenten besteht und von einer Induktionsspule umgeben ist. Die in diesen Tiegel eingegebenen Materialien sind fest und werden erst in dem Tiegel aufgeschmolzen. Ein dünner Strahl flüssigen Metalls läßt sich mit diesem Verfahren jedoch nicht erzeugen, weil der Ausgang des Tiegels zum Einfrieren neigt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen möglichst dünnen Flüssigmetallstrahl unter Vermeidung des Risikos des Einfrierens zu erzeugen sowie gezielt den Austritt zufrieren zu lassen und wieder aufzuschmelzen.

Diese Aufgabe wird gemäß den Merkmalen der Patentansprüche 1 und 7 gelöst.

Der mit der Erfindung erzielte Vorteil besteht insbesondere darin, daß die Schmelze im Gießtrichter induktiv beheizt und gleichzeitig der abkühlende Wandkontakt der Schmelze mit dem Behälter reduziert wird. Hierdurch ist es möglich, den Wärmeübergangskoeffizienten zwischen Schmelze und Tiegel klein zu halten, was zur Folge hat, daß bei kleinem Auslaufdurchmesser von z. B. 5 mm bis 20 mm das Zufrieren des Querschnitts im kontinuierlichen Betrieb verhindert wird.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine Vorrichtung zur Formung eines Gießstahls mit einem Schmelztrog über einem Ausgießtrichter;

Fig. 2 eine Vorrichtung mit Überlauftrug und zwei Plasmabrennern.

In Fig. 1 ist ein Schmelztrog 1 dargestellt, in dem mittels eines Plasmastrahls 2, der aus einer nur angedeuteten Plasmakanone 3 kommt, eine Metallschmelze 4 erzeugt wird. Unterhalb der Öffnung 5 des Schmelztrogs 1 befindet sich ein trichterförmiger geschlitzter kalter Induktionstiegel 6, der die Form eines Paraboloids besitzt und von einer Induktionsspule 7 umgeben ist, die sich der Außenkontur des gekühlten Trichters 6 anpaßt. Diese Induktionsspule 7 ist mit einer Wechselstromquelle 8 verbunden. Das Induktionsfeld dieser Spule koppelt an die Schmelze 4 in dem Trichter 6 an und heizt die Schmelze. An der Spitze des kalten Trichters 6 ist eine Öffnung 9 vorgesehen, aus der flüssiges Metall 10 fließt. Der kalte Trichter 6 besteht aus mehreren Segmenten 11 bis 17, die durch Schlitzte 18 bis 21 voneinander getrennt sind. Diese Segmente 11 bis 17 werden über Kanäle 22, 25 mit Wasser gekühlt, die über Ringverteiler 23, 24, 26, 27 versorgt werden. Solche wassergekühlten Segmente sind an sich bereits bekannt (vgl. z. B. EP-A-0 276 544). Unterhalb des kal-

ten Trichters 6 befindet sich eine Zerstäubungskammer 28, in die von der Seite her eine Zerstäubungsdüse 29 einmündet. Diese Düse 29 ist exakt auf den Fallweg des flüssigen Metalls 10 ausgerichtet, so daß ein aus der Düse 29 mit hoher Geschwindigkeit austretender Gasstrahl 30 die Flüssigkeit 10 stets aus der gleichen Richtung erfaßt und sie in einem Strom feinsten Metallpartikel 31 zerteilt. Diese Metallpartikel 31 beschreiben aufgrund des Impulses, den sie vom Gasstrahl 30 erhalten haben, eine parabelförmige Flugbahn, die schließlich in einem Fallschacht 32 endet, der seitlich und nach unten gerichtet an die Zerstäubungskammer 28 angesetzt ist. Am unteren Ende des Fallschachtes 32 befindet sich eine Austragschleuse 33, über die ein Transportwagen 34 mit dem Innenraum des Fallschachtes 32 verbindbar ist. In die Zerstäubungskammer 28 mündet noch eine Gasleitung 35 mit einem Dosierventil 36, durch welches die gesamte Vorrichtung mit einem Schutzgas gefüllt werden kann. Die Kammer 28 ist evakuierbar. Ein hierfür erforderlicher Saugstutzen ist jedoch der Einfachheit halber nicht dargestellt.

Die mittlere Leistungsdichte der in der Schmelze induzierten Leistung wird so groß gewählt, daß die Wärmeverluste im Trichter 6 in etwa kompensiert werden.

Von entscheidender Bedeutung für die Erfindung sind die elektromagnetischen Kräfte, die einen Druck auf das flüssige Metall im Trichter 6 ausüben und die von der Spule 7 mit den Windungen 37 bis 42 erzeugt werden. Dieser Druck wird durch die Leistungsdichte bestimmt, die sich nach der Formel

$$p = \frac{1}{2\pi f \delta} S_o \left[1 - e^{-\frac{2x}{\delta}} \right]$$

berechnet, worin f die Frequenz des Wechselfeldes, δ die Eindringtiefe, S_o die über die Oberfläche einströmende Leistungsdichte, e die Euler'sche Zahl und x den Abstand von der Oberfläche der Schmelze im Trichter 6 in Richtung auf die Trichterachse bezeichnen.

Der Kompensation des Flüssigkeitsdrucks kommt insoweit Bedeutung zu, daß der Wärmeübergangskoeffizient beim kalten Induktionstiegel von dem resultierenden Flüssigkeitsdruck abhängig ist, der die Schmelze gegen die kalten Tiegelsegmente 11 bis 17 drückt. Durch den elektromagnetischen Strahlungsdruck kann der Flüssigkeitsdruck ganz oder nur teilweise kompensiert werden. Der Strahlungsdruck an den Schlitten 18 bis 21 ist höher als in den Stegmitten.

Ein vollständiges Abheben der Schmelze von der Trichterwand kann, wenn es über einen größeren Bereich erfolgt, zu Instabilitäten führen. Ist der Strahlungsdruck so groß, daß die Schmelze bis nahezu zur Achse zurückgedrängt wird, so kann aufgrund der Oberflächenspannung der Schmelzfluß ganz unterbrochen werden. Dies muß auf jeden Fall vermieden werden.

Ein hoher Anpreßdruck der Schmelze bedingt, daß ein großer Wärmeabfluß auftritt. Zur Kompensation der

vergrößerten Wärmeverluste wird eine größere Induktionsleistung benötigt. Wegen des prinzipiell schlechten elektrischen Wirkungsgrades, der geometrisch bedingt ist, wird dann eine unnötig große Stromversorgung benötigt.

Der Strahlungsdruck, welcher auf die Schmelze im Trichter 6 einwirkt, darf nicht so groß werden, daß das Auslaufen der Schmelze verhindert wird. Auch dürfen räumliche Feldstärkenänderungen nicht zur turbulenten Strömung anregen. Diese Bedingung wird durch eine kegelförmige oder rotationshyperbolische Form der Trichterinnenkontur gewährleistet. Die Kegelform hat fertigungstechnische Vorteile, aber prozeßtechnische Nachteile bei der Strahlformung. Gekrümmte Segmente 11 bis 15 sind schwierig zu fertigen, sie erlauben jedoch eine bessere Kraft- und Leistungsverteilung in der Schmelze, auch kommt ihre Form der strömungstechnischen Idealform eines Potentialtrichters sehr nahe.

Die geeignete Frequenz der Spannungsquelle 8 zur Erfüllung der Forderung zur Kompensation des Flüssigkeitsdrucks und Kompensation der Wärmeverluste kann entsprechend dem Schmelzgut ausgewählt werden.

Anstelle einer horizontalen Gasverdüsung, wie sie in Fig. 1 dargestellt ist, kann auch eine vertikale Gasverdüsung oder eine Rotationszerstäubung vorgesehen sein. Auch eine Stehwellenerzeugung ist denkbar. Statt Metallpulver kann auch Feinguß hergestellt werden, so daß die ganze Zerstäubungseinrichtung entfällt.

Als Vorratsbehälter 1, aus denen das flüssige Metall in den Trichter 6 fließt, können metallische, wassergekühlte Behälter oder kalte Behälter mit separater Induktionsspule vorgesehen sein. An die Stelle eines Plasmastrahlerzeugers 3 kann eine Lichtbogenheizung oder eine Elektronenstrahlheizung treten.

In der Fig. 2 ist eine weitere Ausführungsform der Erfindung dargestellt, bei der ein Überlauftrog 50 vorgesehen ist, dessen Schmelze 51 über einen Ausguß 52 in den Schmelztrog 1 fließt. Die Schmelze 51 dieses Überlauftrogs 50 wird durch einen Plasmastrahl 53 aus einer Plasmaquelle 54 gespeist, der eine Stange 55, die in den Plasmastrahl 53 geschoben wird, schmilzt.

Anstelle einer horizontalen Düse ist eine Ringdüse 56 vorgesehen, die den aus dem Trichter 6 kommenden Strahl 10 vertikal verdüst. Ein relativ großer Fallschacht 62, dessen oberes Teil nicht vollständig dargestellt ist, endet in einen konisch zulaufenden Pulverturm 63, in dem sich das verdüστε Pulver ansammelt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung für die Bildung eines Stroms von geschmolzenem Material (4), mit

einem trichterförmigen Induktionstiegel (6), der eine innere Oberfläche aufweist, die sich nach unten verjüngt, und der eine untere Öffnung (9) aufweist, die eine kleinere Querschnittsfläche als eine

obere Öffnung besitzt,
einer Fluidkühlung zum Kühlen des Induktionstiegels (6) und
einer Wechselstromquelle, die mit der Induktionsspule (7) verbunden ist und diese mit Wechselstrom versorgt,
wobei sich die Induktionsspule (7) um die äußere Oberfläche des Induktionstiegels (6) herum erstreckt,

gekennzeichnet durch

einen Schmelztrog (1) mit einer Öffnung (5) für die Eingabe geschmolzenen Materials (4) in den trichterförmigen Induktionstiegel (6),
wobei dieser Schmelztrog (1) mit dem Induktionstiegel (6) in Verbindung steht,
eine äußere Oberfläche des Induktionstiegels (6), die sich von dem Schmelztrog (1) weg verjüngt,
wobei sich auch die Induktionsspule (7) wie die äußere Oberfläche des Induktionstiegels (6) verjüngt und
das geschmolzene Material im Induktionstiegel (6) aufheizt und eine elektromagnetische Kraft auf das geschmolzene Material in dem Induktionstiegel (6) ausübt und
hierdurch den Flüssigkeitsdruck des geschmolzenen Materials in Abhängigkeit von dem zugeführten Wechselstrom auf die Innenwand des Induktionstiegels (6) reduziert.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die innere Oberfläche des Induktionstiegels (6) eine Kontur aufweist, die im wesentlichen einem Rotationsparaboloid entspricht.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die innere Oberfläche des Induktionstiegels (6) mehrere Segmente (11 bis 17) aufweist und daß die Fluidkühlung (25) funktionsmäßig mit jedem dieser Segmente verbunden ist und diese Segmente (11 bis 17) kühlt.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine horizontale Verdüsungsvorrichtung (29) unterhalb des trichterförmigen Induktionstiegels (6) vorgesehen ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Überlauftrug (50) vorgesehen ist, aus dem Schmelze (51) in den Schmelztrog (1) fließt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine vertikale Verdüsungsvorrichtung (56) unterhalb des trichterförmigen Induktionstiegels (6) vorgesehen ist.

7. Verfahren zur Formung eines Strahls aus geschmolzenem Material (10), wobei dieses Verfahren folgende Schritte umfaßt:

Bereitstellung einer vorgegebenen Menge von geschmolzenem Material (4) in einem nach oben konkav verlaufenden Schmelzbehälter (1);
Bereitstellung eines metallischen Trichters (6), der in Fließverbindung mit dem Schmelzbehälter (1) steht;
wobei der Trichter (6) mehrere kreisförmig angeordnete vertikale flüssigkeitsgekühlte Trichtersegmente (11 bis 15) aufweist, die eine innere Trichterkontur definieren;
Bereitstellung einer Spule (7), die den Trichter (6) umgibt, wobei ein Wechselstrom durch die Spule (7) fließen kann;
Veranlassen des geschmolzenen Materials (4), von dem Schmelzbehälter (1) durch den Trichter (6) zu fließen, wobei das geschmolzene Material (4) von der inneren Trichterkontur aufgenommen und durch den Trichter (6) geführt wird; und
Beaufschlagen der Spule (7) mit Wechselstrom, um das geschmolzene Material (4), das durch den Trichter (6) fließt, zu erwärmen.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Ausfluß des Schmelzguts aus dem Trichter (6) aufgrund des Strombelags der Spule (7) gesperrt oder durchgelassen wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die mittlere Leistungsdichte der von der Schmelze induzierten Leistung so groß gewählt wird, daß die Wärmeverluste im Trichter (6) in etwa kompensiert werden.
10. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß zum Aufschmelzen der erstarrten Schmelze im Trichter eine größere Leistungsdichte verwendet wird, als im Mittel durch Wärmeverluste abgeführt wird, und daß die elektromagnetischen Druckkräfte größer als die Kräfte sind, die der statischen Höhe der darüberliegenden Flüssigkeitssäule entsprechen.

Claims

1. An apparatus for forming a flow of molten material (4),
having a funnel-shaped induction crucible (6) which has a downwardly tapering inner surface and which has a lower opening (9),
the latter having a smaller cross-sectional area than an upper opening,
having a fluid cooling system for cooling the induction crucible (6) and

having a source of alternating current which is connected to the induction coil (7) and provides the latter with alternating current,

the induction coil (7) extending around the outer surface of the induction crucible (6),

characterized by

a melting vat (1) having an opening (5) for introducing molten material (4) into the funnel-shaped induction crucible (6),

this melting vat (1) being connected to the induction crucible (6),

an outer surface of the induction crucible (6) which tapers in the direction away from the melting vat (1), the induction coil (7) also tapering like the outer surface of the induction crucible (6) and

heating up the molten material in the induction crucible (6) and exerting an electromagnetic force on the molten material in the induction crucible (6) and, as a result of this, reducing the liquid pressure of the molten material against the inner wall of the induction crucible (6) as a function of the alternating current supplied.

2. An apparatus according to Claim 1, characterized in that the inner surface of the induction crucible (6) has a contour corresponding substantially to a paraboloid of revolution.

3. An apparatus according to Claim 2, characterized in that the inner surface of the induction crucible (6) has a plurality of segments (11 to 17), and in that the fluid cooling (25) is functionally connected to each of these segments and cools these segments (11 to 17).

4. An apparatus according to Claim 1, characterized in that a horizontal atomization apparatus (29) is provided below the funnel-shaped induction crucible (6).

5. An apparatus according to Claim 1, characterized in that an overflow vat (50) is provided, from which melt (51) flows into the melting vat (1).

6. An apparatus according to Claim 1, characterized in that a vertical atomizing means (56) is provided below the funnel-shaped induction crucible (6).

7. A process for forming a jet of molten material (10), this process comprising the following steps:

providing a predetermined quantity of molten material (4) in an upwardly concavely extending melting container (1);

providing a metal funnel (6) which is in flow connection with the melting container (1);

the funnel (6) having a plurality of vertical liquid-cooled funnel segments (11 to 15) which are arranged in a circle and define an inner fun-

nel contour;

providing a coil (7) which surrounds the funnel (6), it being possible for an alternating current to flow through the coil (7);

causing the molten material (4) to flow from the melting container (1) through the funnel (6), the molten material (4) being received by the inner funnel contour and guided through the funnel (6); and

applying alternating current to the coil (7) in order to heat the molten material (4) flowing through the funnel (6).

8. A process according to Claim 7, characterized in that the outflow of molten mass out of the funnel (6) is blocked or permitted, depending on the electric loading of the coil (7).

9. A process according to Claim 7, characterized in that the average power density of the power induced by the melt is selected to be large enough for the heat losses in the funnel (6) to be approximately compensated.

10. A process according to Claim 7, characterized in that, to melt the solidified melt in the funnel, a higher power density is used than is dissipated on average by heat losses, and in that the electromagnetic pressure forces are greater than the forces corresponding to the static height of the column of liquid above.

Revendications

1. Dispositif pour la formation d'un courant de matière fondue (4) comprenant

un creuset d'induction en forme d'entonnoir (6), qui présente une surface interne, qui se rétrécit vers le bas et qui présente une ouverture inférieure (9) qui dispose d'une surface de section transversale plus petite qu'une ouverture supérieure,

comprenant un refroidissement par fluide pour le refroidissement du creuset d'induction (6) et une source de courant alternatif qui est reliée à la bobine d'induction (7) et qui alimente cette dernière en courant alternatif,

la bobine d'induction (7) s'étendant autour de la surface supérieure du creuset d'induction (6),

caractérisé par

un bac de fusion (1) avec une ouverture (5) pour l'amenée de la matière fondue (4) dans le creuset d'induction en forme d'entonnoir (6), ce bac de fusion (1) étant relié au creuset d'induction (6), une surface externe du creuset d'induction (6) qui se rétrécit en s'éloignant du

bac de fusion (1),
 la bobine d'induction (7) se rétrécissant également comme la surface externe supérieure du creuset d'induction (6) et
 la matière fondue étant chauffée dans le creuset d'induction (6) et exerçant une force électromagnétique sur la matière fondue dans le creuset d'induction (6) et
 réduisant ainsi la pression de liquide de la matière fondue sur la paroi interne du creuset d'induction (6) en fonction du courant alternatif appliqué.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la surface supérieure interne du creuset d'induction (6) présente un contour qui correspond essentiellement à un paraboloïde de révolution. 15
3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que la surface supérieure interne du creuset d'induction (6) présente plusieurs segments (11 à 17) et en ce que le refroidissement par fluide (25) est relié fonctionnellement à chacun des segments et refroidit ces segments (11 à 17). 20 25
4. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est prévu un dispositif d'atomisation horizontal (29) en aval du creuset d'induction (6) en forme d'entonnoir. 30
5. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est prévu un bac de trop-plein (50) d'où s'écoule la fonte (51) dans le bac de fusion (1). 35
6. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est prévu un dispositif d'atomisation vertical (56) en aval du creuset d'induction (6) en forme d'entonnoir. 40
7. Procédé pour la formation d'un jet de matière fondue (10), le procédé comprenant les étapes suivantes : 45

préparation d'une quantité prédéterminée de matière fondue (4) dans un récipient de fusion (1) s'étendant de manière concave vers le haut ;
 ;
 préparation d'un entonnoir métallique (6) qui est en relation d'écoulement avec le récipient de fusion (1) ;
 l'entonnoir (6) présentant plusieurs segments verticaux d'entonnoir (11 à 15), refroidis par liquide et disposés en forme de cercle qui définissent un contour interne d'entonnoir ;
 préparation d'une bobine (7) qui entoure l'entonnoir (6), un courant alternatif pouvant passer par la bobine (7) ;
 amenée de la matière fondue (4) à s'écouler depuis le récipient en fusion (1) à travers

l'entonnoir (6), la matière fondue (4) étant recueillie par le contour interne d'entonnoir et étant guidée par l'entonnoir (6) ; et
 application du courant alternatif à la bobine (7) pour réchauffer la matière fondue (4) qui s'écoule à travers l'entonnoir (6).

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que la sortie du produit de fusion hors de l'entonnoir (6) est bloquée ou libérée en fonction de la densité de courant de la bobine (7).
9. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que la densité moyenne de la puissance induite par la fonte est sélectionnée de manière suffisante pour compenser à peu près les pertes thermiques dans l'entonnoir (6).
10. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'en vue de la fusion de la fonte solidifiée dans l'entonnoir, on utilise une densité de puissance supérieure à ce qui est dégagé en moyenne par les pertes thermiques et en ce que les forces de pression électromagnétiques sont plus fortes que les forces qui correspondent à la hauteur statique de la colonne de liquide se trouvant dessus.

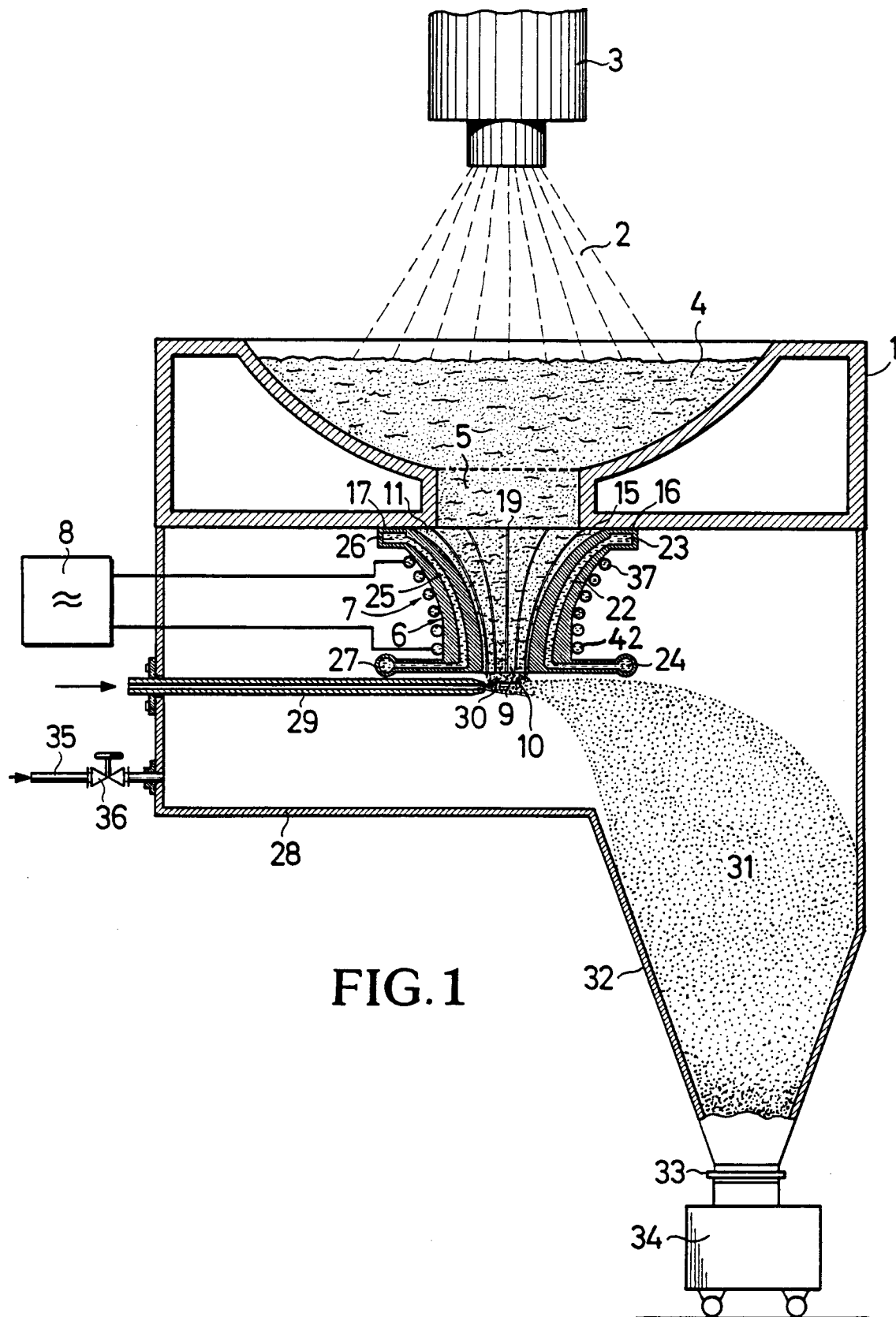


FIG. 1

