



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 451 552 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **91104212.5**

(51) Int. Cl.⁵: **B22F 9/08**

(22) Anmeldetag: **19.03.91**

(30) Priorität: **09.04.90 DE 4011392**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
16.10.91 Patentblatt 91/42

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(71) Anmelder: **LEYBOLD AKTIENGESELLSCHAFT**
Wilhelm-Rohn-Strasse 25
W-6450 Hanau am Main 1(DE)

(72) Erfinder: **Stenzel, Otto W., Dr.**

Vonhäuserstrasse 50
W-Gründau 4(DE)
Erfinder: **Sick, Georg, Dr.**
Ob den Weiler 1
W-7141 Beilstein(DE)
Erfinder: **Hohmann, Michael**
Von-Eiff-Strasse 11
W-6450 Hanau 7(DE)

(74) Vertreter: **Schickedanz, Willi, Dipl.-Ing.**
Langener Strasse 68
W-6050 Offenbach/Main(DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Formung eines Gießstrahls.**

(57) Für die Formung eines Gießstrahls (10), der aus einem Behälter austritt und zum Beispiel anschließend zu Pulver (31) verdüst wird, ist ein kegelförmiger oder rotations-hyperbolischer Trichter (6) vorgesehen, der aus metallischen, fluid-gekühlten Segmenten (11 bis 15) besteht und von einer Induktionsspule (7) umgeben ist. Durch die Form des Trichters (6), durch die Auswahl der Wechselstromfrequenz, mit der die Induktionsspule (7) betrieben wird, und durch die Auswahl des Strombelags der Induktionsspule (7) kann der Gießstrahl (10) geformt und gesperrt werden.

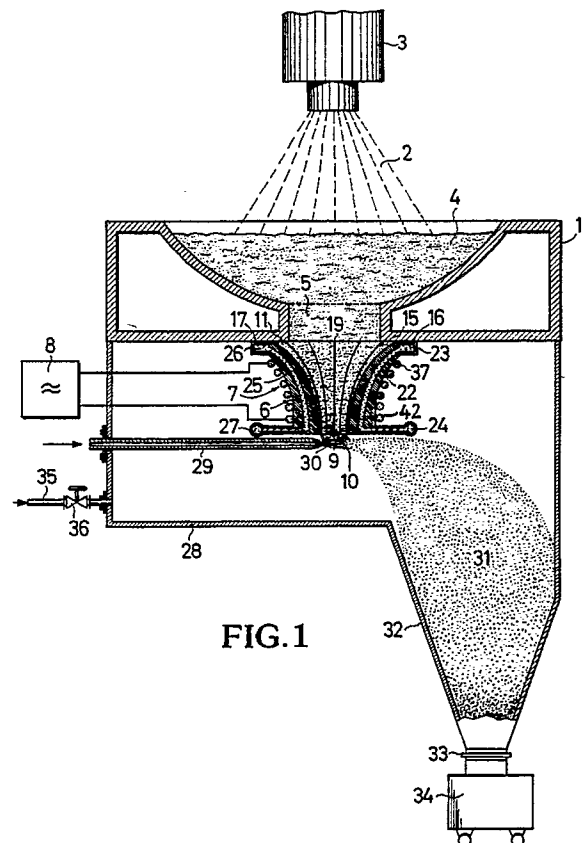


FIG. 1

EP 0 451 552 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Formung eines Gießstrahls nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

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.

Schließlich 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.

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 des Patentanspruchs 1 gelöst.

Der mit der Erfindung erzielte Vorteil besteht insbesondere darin, daß die Schmelze im Gießrichter 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 Auslauf-Durchmesser 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 Gießstrahls mit einem Schmelztrog über einem Ausgießtrichter;

Fig. 2 eine Vorrichtung mit Überlauftrichter 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 Schlitze 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 kalten 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

$$p = \frac{1}{2 \pi f \delta} S_0 \left[1 - e^{-\frac{2x}{\delta}} \right]$$

berechnet, worin f die Frequenz des Wechselfeldes, δ die Eindringtiefe, S_0 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 Schlitzen 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 Schmelz-

fluß 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.

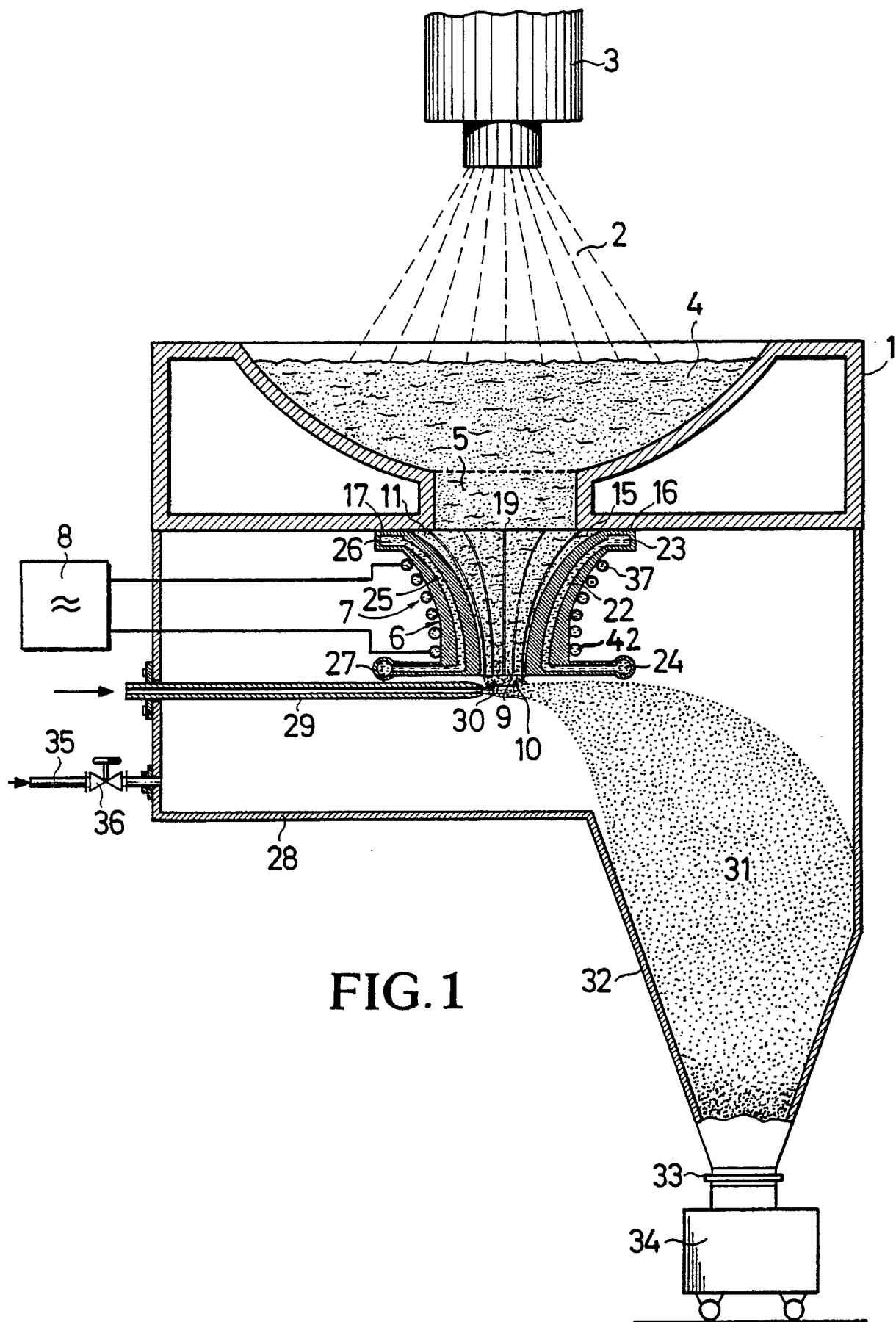
Als Vorratsbehälter 1, aus denen das flüssige Metall in den Trichter 6 fließt, können metallische, wassergekühlte Behälter oder kalte Behälter mit separater Induktionsspule vorgesehen sein. An die Stelle eines Plasmastrahlerzeugers 3 kann eine Lichtbogenheizung oder eine Elektronenstrahlheizung treten.

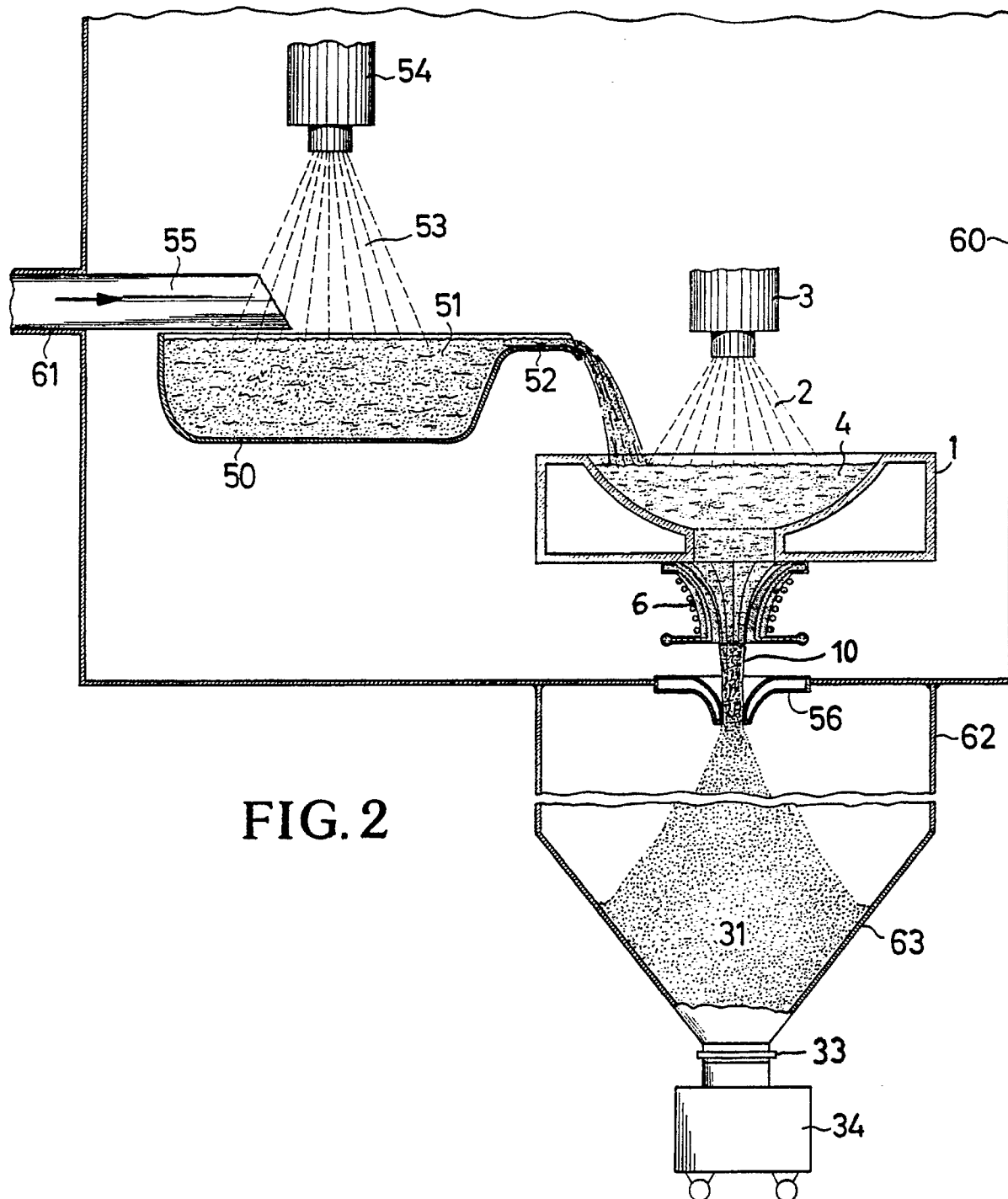
In der Fig. 2 ist eine weitere Ausführungsform der Erfindung dargestellt, bei der ein Überlauffrog 50 vorgesehen ist, dessen Schmelze 51 über einen Ausguß 52 in den Schmelztrog 1 fließt. Die Schmelze 51 dieses Überlauffrogs 50 wird durch einen Plasmastrahl 53 aus einer Plasmaquelle 54 gespeist, der eine 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 verdüstete Pulver ansammelt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Formung eines Gießstrahls mittels eines Trichters an einem größeren Schmelzbehälter, in denen sich Schmelze befindet, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Trichter (6) an einem Schmelzbehälter (1) angeflanscht ist, daß er aus Metall oder Metalllegierungen besteht und in fluidgekühlte Segmente (11 bis 15) unterteilt ist, wobei eine mit Wechselstrom beaufschlagte Spule (7) den Trichter umgibt und die Schmelze im Trichter induktiv beheizt.
 - a) einen Schmelzbehälter (1) mit Bodenöffnung;
 - b) einen Trichter (6) an der Bodenöffnung, der aus mehreren metallischen Segmenten (11 bis 15) besteht, die durch Schlitze (18 bis 21) voneinander getrennt sind, wobei die Segmente mittels eines Fluids gekühlt werden und die Innenkontur nach unten spitz zuläuft und die Spitze als kleinster Querschnitt den Strahl formt;
 - c) eine Spule (7), die den Trichter (6) umgibt und der äußeren Form dieses Trichters (6) angepaßt ist;
 - d) eine Stromversorgung (8), die Mittelfrequenzleistung in die Spule (7) einspeist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Ausfluß des Schmelzguts aus dem Trichter (6) aufgrund des Strombegriffs der Spule (7) gesperrt oder durchgelassen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **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.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die aufgrund der Leistungsdichte sich ergebenden elektromagnetischen Druckkräfte in den unterschiedlichen Querschnittsebenen der Schmelze im Trichter (6), die durch die Induktionsspule (7) hervorgerufen werden, während des stationären Auslaufens so gewählt werden, daß der Flüssigkeitsdruck der Schmelze in Richtung auf die Segmente (10 bis 17) des Trichters (6) in etwa kompensiert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 2, **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.
6. Vorrichtung zur Formung eines Gießstrahls mittels eines Trichters verbunden mit einem Schmelzbehälter, in denen sich Schmelze befindet, **gekennzeichnet durch**:
 - a) einen Schmelzbehälter (1) mit Bodenöffnung;
 - b) einen Trichter (6) an der Bodenöffnung, der aus mehreren metallischen Segmenten (11 bis 15) besteht, die durch Schlitze (18 bis 21) voneinander getrennt sind, wobei die Segmente mittels eines Fluids gekühlt werden und die Innenkontur nach unten spitz zuläuft und die Spitze als kleinster Querschnitt den Strahl formt;
 - c) eine Spule (7), die den Trichter (6) umgibt und der äußeren Form dieses Trichters (6) angepaßt ist;
 - d) eine Stromversorgung (8), die Mittelfrequenzleistung in die Spule (7) einspeist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Innenkontur des Trichters (6) kegelförmig ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Innenkontur des Trichters (6) im wesentlichen rotations-hyperbolisch ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine horizontale Verdüsungsvorrichtung (29) unterhalb des Trichters (6) vorgesehen ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Überlauftrug (50) vorgesehen ist, aus dem Schmelze (51) in den Behälter (1) fließt.
11. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine vertikale Verdüsungsvorrichtung (56) unterhalb des Trichters (6) vorgesehen ist.







Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 91 10 4212

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
X,Y	EP-A-0 238 425 (TECHNOGENIA S.A.)1987 * Seite 5, Zeile 36 - Seite 6, Zeile 16; Ansprüche 1,2,17; Abbildung 1; Beispiel 1 * - - -	1,3,4,6,2, 5,7-11	B 22 F 9/08
Y,D	US-A-4 762 553 (S.J.SAVAGE ET AL.)1988 * Spalte 3, Zeile 24 - Spalte 5, Zeile 43; Ansprüche 1,2,13,14,16,17,19,20; Abbildungen 1,2 * - - -	9-11	
Y	US-A-3 387 783 (R. SCHELLENBERG ET AL.)1968 * Spalte 2, Zeile 28 - Zeile 61; Abbildung 1 * - - -	7	
Y	CH-A-5 763 02 (BICC LTD.) * Spalte 1, Zeile 32 - Spalte 2, Zeile 54; Abbildung 4 * - - -	8	
Y	EP-A-0 291 288 (THE ELECTRICITY COUNCIL)November 1988 * Zusammenfassung * * Seite 3, Zeile 31 - Zeile 57; Abbil- dung 1 * - - -	2,5	
E	EP-A-0 427 379 (CRUCIBLE MATERIALS CORPORA- TION)15. Mai 1991 * Spalte 3, Zeile 39 - Spalte 5, Zeile 30; Abbildungen 1-4 * - - - - -	1-11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			B 22 F B 22 D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		09 August 91	RIBA VILANOVA M.
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			