

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 749 790 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

27.12.1996 Patentblatt 1996/52(51) Int Cl.⁶: **B22D 27/04**(21) Anmeldenummer: **96810192.3**(22) Anmeldetag: **26.03.1996**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE FR GB IT(30) Priorität: **20.06.1995 DE 19522266****26.10.1995 DE 19539770**(71) Anmelder: **ABB RESEARCH LTD.****CH-8050 Zürich 11 (CH)**

(72) Erfinder:

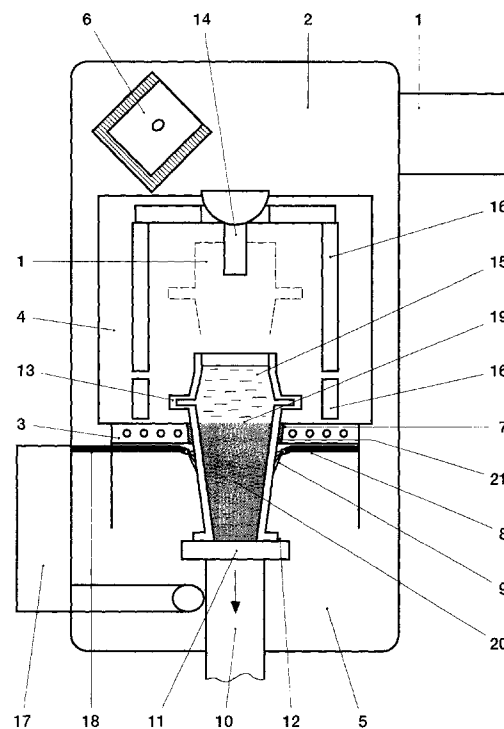
- **Kats, Edvard L., Prof. Dr.**
129287 Moskau (RU)

• **Konter, Maxim, Dr.****5417 Untersiggenthal (CH)**• **Rösler, Joachim, Dr.****5424 Unterehrendingen (CH)**• **Lubenets, Vladimir P., Dr.****109388 Moskau (RU)**(74) Vertreter: **Kaiser, Helmut, Dr.**
ABB Management AG,
Immaterialgüterrecht (TEI),
Haselstrasse 16/699
5401 Baden (CH)

(54) **Verfahren und Herstellung eines gerichtet erstarrten Giesskörpers und Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens**

(57) Das Verfahren dient der Herstellung eines gerichtet erstarrten Giesskörpers (20) und verwendet eine in einer Giessform (12) befindliche Legierung. Die Giessform (12) wird von einer Heizkammer (4) in eine Kühlkammer (5) geführt. Die Heizkammer (4) befindet sich hierbei auf einer oberhalb der Liquidustemperatur der Legierung und die Kühlkammer (5) auf einer unterhalb der Solidustemperatur der Legierung liegenden Temperatur. Die Heizkammer (4) und die Kühlkammer (5) sind durch ein quer zur Führungsrichtung ausgerichtetes Baffle (3) mit einer Öffnung (7) für die Giessform (12) voneinander getrennt. Bei der Durchführung des Verfahrens bildet sich eine Erstarrungsfront (19), unterhalb der sich der gerichtet erstarrte Giesskörper (20) bildet. Das in die Kühlkammer (5) geführte Teil der Giessform (12) wird mit strömendem Inertgas gekühlt.

Hierdurch werden bei grossen Durchlaufzeiten praktisch fehlerstellenfreie Giesskörper (20) erzielt.



EP 0 749 790 A1

Beschreibung

Mit Verfahren zur Herstellung eines gerichtet erstarrten Giesskörpers können kompliziert ausgebildete und hohen thermischen und mechanischen Belastungen aussetzbare Bauteile, wie etwa Leit- oder Laufschaufeln von Gasturbinen, hergestellt werden. Je nach den Verfahrensbedingungen kann hierbei der gerichtet erstarrte Giesskörper als Einkristall ausgebildet oder von in einer Vorzugsrichtung ausgerichteten Stengelkristallen gebildet sein. Von besonderer Bedeutung ist es, dass die gerichtete Erstarrung unter Bedingungen stattfindet, bei denen zwischen einem gekühlten Teil einer geschmolzenen Ausgangsmaterial aufnehmenden Giessform und dem noch geschmolzenen Ausgangsmaterial ein starker Wärmeaustausch stattfindet. Es kann sich dann eine Zone gerichtet erstarrten Materials mit einer Erstarrungsfront ausbilden, welche bei dauerndem Entzug von Wärme unter Bildung des direkt erstarrten Giesskörpers durch die Giessform wandert.

Die Herstellung eines fehlerfreien Giesskörpers hängt wesentlich von der Grösse des Temperaturgradienten an der Erstarrungsfront und der Verfestigungsgeschwindigkeit ab. Mit geringem Temperaturgradienten und hoher Verfestigungsgeschwindigkeit kann kein gerichtet erstarrter Giesskörper hergestellt werden. Hingegen kann mit einem grossen Temperaturgradienten und mit geringer Verfestigungsgeschwindigkeit zwar ein gerichtet erstarrter Giesskörper hergestellt werden, jedoch weist ein solcher Giesskörper unerwünschte Fehlstellen auf, wie insbesondere in Ketten angeordnete und gleichachsig ausgerichtete Körner (freckles).

STAND DER TECHNIK

Bei der Erfindung wird ausgegangen von einem Verfahren zur Herstellung eines gerichtet erstarrten Giesskörpers und von einer Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens wie es beispielsweise in US-A-3,532,155 beschrieben ist. Das beschriebene Verfahren dient der Herstellung der Lauf- und Leitschaufeln von Gasturbinen und verwendet einen evakuierbaren Ofen. Dieser Ofen weist zwei durch eine wassergekühlte Wand voneinander getrennte und übereinander angeordnete Kammern auf, von denen die obere Kammer heizbar ausgebildet ist und einen schwenkbaren Schmelztiegel zur Aufnahme von zu vergiessendem Material, beispielsweise eine Nickel-Basislegierung, aufweist. Die mit dieser Heizkammer durch eine Öffnung in der wassergekühlten Wand verbundene untere Kammer ist kühlbar ausgebildet und weist wasserdurchströmte Wände auf. Eine durch den Boden dieser Kühlkammer und die Öffnung in der wassergekühlten Wand geführte Antriebsstange trägt eine wasserdurchströmte Kühlplatte, welche den Boden einer in der Heizkammer befindlichen Giessform bildet.

Bei der Durchführung des Verfahrens wird zunächst im Schmelztiegel verflüssigte Legierung in die in der Heizkammer befindliche Giessform gegossen. Hierbei bildet sich oberhalb der den Formboden bildenden Kühlplatte eine schmale Zone aus gerichtet erstarrter Legierung. Bei einer in die Kühlkammer gerichteten Abwärtsbewegung der Giessform wird diese Form durch die in der wassergekühlten Wand vorgesehene Öffnung geführt. Eine die Zone aus gerichtet erstarrter Legierung begrenzende Erstarrungsfront wandert unter Bildung eines gerichtet erstarrten Giesskörpers von unten nach oben durch die gesamte Giessform.

Zu Beginn des Erstarrungsprozesses werden ein grosser Temperaturgradient und eine hohe Verfestigungsgeschwindigkeit erreicht, da das in die Form gegossene Material zunächst unmittelbar auf die Kühlplatte auftrifft und die der Schmelze zu entziehende Wärme von der Erstarrungsfront durch eine vergleichsweise dünne Schicht erstarrten Materials mit einer Wärmeübergangszahl α_{cm} zur Kühlplatte geleitet wird. Weist das Material eine relativ geringe spezifische Wärmeleitfähigkeit auf, so wird mit wachsendem Abstand zwischen Kühlplatte und Erstarrungsfront in zunehmendem Masse Wärme durch die Wände der Giessform mit einer Wärmeübergangszahl α_{cmd} abgeleitet als auch von der Formoberfläche mit einer Wärmeübergangszahl α_r in die kühlere Umgebung abgestrahlt. Gemäss dem Newtonschen Wärmeübergangsgesetz bestimmt sich dann die dem Giesskörper entzogene Wärme q wie folgt:

$$q = \alpha(T - T_o),$$

wobei T die mittlere Temperatur des Giesskörpers und T_o die Umgebungstemperatur, wie sie etwa durch die wassergekühlten Wände der Kühlkammer bestimmt ist, bedeuten, und wobei $1/\alpha = 1/\alpha_{cm} + 1/\alpha_{cmd} + 1/\alpha_r$.

Für eine grosse Gasturbinenschaufel aus einer Nickel-Basis-Superlegierung ergeben sich typischerweise folgende Werte der Wärmeübergangszahlen:

$$\alpha_{cm} = \lambda_m / \delta_m = 816 \text{ J/m}^2 \text{ sK},$$

$$\alpha_{cmd} = \lambda_{md} / \delta_{md} = 200 \text{ J/m}^2 \text{ sK},$$

wobei λ_m bzw. λ_{md} die spezifische Wärmeleitfähigkeit der Legierung bzw. der keramischen Giessform und δ_m bzw. δ_{md} die Dicke der bereits erstarrten Metallschicht (angenommen als 30 mm) zwischen dem unter der wasser-gekühlten Wand gelegenen Teil der Formwand und der Erstarrungsfront bzw. die Dicke der Formwand (angenommen als 10 mm) bedeuten, und $\alpha_r = \sigma(\epsilon_1 T_1^4 - \epsilon_2 T_0^4)/(T_1 - T_0) = 130 \text{ J/m}^2\text{sK}$, wobei σ die Stefan-Boltzmann-Konstante, ϵ_1 , T_1 bzw. ϵ_2 , T_0 die Emissionsfähigkeit und Temperatur der Giessformoberfläche bzw. die Absorptionsfähigkeit und Temperatur der Umgebung bedeuten ($\epsilon_1 = \epsilon_2 = 0,5$; $T_1 = 1500\text{K}$; $T_0 = 400\text{K}$).
Hieraus ergibt sich $\alpha = 72 \text{ J/m}^2\text{sK}$.

Ein weiteres Verfahren zur Herstellung eines gerichtet erstarrten Giesskörpers ist aus US-A-3,763,926 bekannt. Bei diesem Verfahren wird eine mit einer aufgeschmolzenen Legierung gefüllte Giessform allmählich und kontinuierlich in ein auf ca. 260°C aufgeheiztes Zinnbad eingetaucht. Hierdurch wird eine besonders rasche Abfuhr von Wärme aus der Giessform erreicht. Der mit diesem Verfahren gebildete, gerichtet erstarrte Giesskörper zeichnet sich durch eine Mikrostruktur mit geringen Inhomogenitäten aus. Bei der Herstellung von vergleichbar ausgebildeten Gasturbinenschaufeln können mit diesem Verfahren nahezu doppelt so grosse α -Werte erreicht werden wie mit dem Verfahren nach US-A-3,532,155. Zur Vermeidung unerwünschter gasbildender Reaktionen, die die bei der Durchführung dieses Verfahrens eingesetzte Vorrichtung beschädigen können, benötigt dieses Verfahren jedoch eine besonders genaue Temperaturregelung. Zudem ist die Wandstärke der Giessform grösser als beim Verfahren nach der US-A-3,532,155 zu wählen.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Der Erfindung, wie sie in Patentanspruch 1 angegeben ist, liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, mit dem in einfacher Weise gerichtet erstarrte Giesskörper mit einer geringen Anzahl an Fehlstellen hergestellt werden können, und zugleich eine Vorrichtung zu schaffen, welche die Durchführung dieses Verfahrens in vorteilhafter Weise begünstigt.

Das erfindungsgemässe Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass es gerichtet erstarrte und nahe fehlstellenfreie Giesskörper geringer Porosität liefert, welche selbst bei komplexer Ausgestaltung praktisch splitterfrei ausgebildet sind. Zudem ermöglicht das Verfahren rasche Durchlaufzeiten und kann auch in Vorrichtungen nach dem Stand der Technik durchgeführt werden, welche mit geringem Aufwand umgerüstet worden sind.

WEG ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher beschrieben.

Hierbei zeigt die einzige Figur in schematischer Darstellung eine bevorzugte Ausführungsform einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens.

Die in der einzigen Figur dargestellte Vorrichtung weist eine über ein Vakuumsystem 1 evakuierbare Vakuumkammer 2 auf. Die Vakuumkammer 2 nimmt zwei durch ein Baffle (Strahlungsschild) 3 voneinander getrennte, übereinander angeordnete Kammern 4, 5 und einen schwenkbaren Schmelztiegel 6 zur Aufnahme einer Legierung, beispielsweise einer Nickel-Basis-Superlegierung, auf. Die obere 4 der beiden Kammern ist heizbar ausgebildet. Die mit der Heizkammer 4 durch eine Öffnung 7 im Baffle 3 verbundene untere Kammer 5 enthält eine Vorrichtung zum Erzeugen und Führen einer Gasströmung. Diese Vorrichtung enthält einen Hohlraum mit Öffnungen bzw. Düsen 8, welche nach innen auf eine Giessform 12 weisen sowie ein System zum Erzeugen von Gasströmen 9. Die aus den Öffnungen bzw. Düsen 8 tretenden Gasströme sind überwiegend zentripetal geführt. Eine beispielsweise durch den Boden der Kühlkammer 5 geführte Antriebsstange 10 trägt eine gegebenenfalls wasserdurchströmte Kühlplatte 11, welche den Boden einer Giessform 12 bildet.

Diese Giessform kann durch einen auf die Antriebsstange 10 wirkenden Antrieb von der Heizkammer 4 durch die Öffnung 7 in die Kühlkammer 5 geführt werden.

Die Giessform 12 weist oberhalb der Kühlplatte 11 ein dünnwandiges, beispielsweise 10 mm dickes, Teil 13 aus Keramik auf, welches die Bildung von Kristallen fördernde Keime und/oder einen Helixstarter aufnehmen kann. Durch Abheben von der Kühlplatte 11 bzw. durch Aufsetzen auf die Kühlplatte 11 kann die Giessform 12 geöffnet bzw. geschlossen werden. An ihrem oberen Ende ist die Giessform 12 offen und kann über eine in die Heizkammer 4 geführte Füllvorrichtung 14 mit aufgeschmolzener Legierung 15 aus dem Schmelztiegel 6 gefüllt werden. Die Giessform 12 in der Heizkammer 4 umgebende elektrische Heizelemente 16 halten den im heizkammerseitigen Teil der Giessform 12 befindlichen Legierungsteil oberhalb ihrer Liquidustemperatur.

Die Kühlkammer ist mit dem Eingang eines Vakuumsystems 17 zum Entfernen des einströmenden Gases aus der Vakuumkammer 2 und zum Kühlen und Reinigen des entfernten Gases verbunden.

Zur Herstellung eines gerichtet erstarrten Giesskörpers wird zunächst die Giessform 12 durch eine Aufwärtsbewegung der Antriebsstange 10 in die Heizkammer 4 gebracht (in der Figur gestrichelt angedeutet). Im Schmelztiegel 6 verflüssigte Legierung wird sodann über die Füllvorrichtung 14 in die Giessform 12 gegossen. Hierbei bildet sich

oberhalb der den Formboden bildenden Kühlplatte 11 eine schmale Zone aus gerichtet erstarrter Legierung (in der Figur nicht dargestellt).

Bei einer in die Kühlkammer 5 gerichteten Abwärtsbewegung der Giessform 12 wird das Keramikteil 13 der Giessform 12 sukzessive durch die im Baffle 3 vorgesehene Öffnung 7 geführt. Eine die Zone aus gerichtet erstarrter Legierung begrenzende Erstarrungsfront 19 wandert unter Bildung eines gerichtet erstarrten Giesskörpers 20 von unten nach oben durch die gesamte Giessform (Figur).

Zu Beginn des Erstarrungsprozesses werden ein grosser Temperaturgradient und eine hohe Verfestigungsgeschwindigkeit erreicht, da das in die Form gegossene Material zunächst unmittelbar auf die Kühlplatte auftrifft und die der Schmelze zu entziehende Wärme von der Erstarrungsfront durch eine vergleichsweise dünne Schicht erstarrten Materials zur Kühlplatte 11 geführt wird. Wenn der von der Kühlplatte 11 gebildete Boden der Giessform 12, gemessen von der Unterseite des Baffle 3, einige Millimeter, beispielsweise 5 bis 40 mm, in die Kühlkammer 5 eingedrungen ist, wird aus den Öffnungen bzw. Düsen 8 inertes, mit dem erhitzten Material nicht reagierendes Druckgas, beispielsweise ein Edelgas, wie etwa Helium oder Argon, oder ein anderes inertes Fluid, zugeführt. Die aus den Öffnungen bzw. Düsen 8 austretenden Inertgasströme prallen auf die Oberfläche des Keramikteils 13 auf und werden längs der Oberfläche nach unten weggeleitet. Hierbei entziehen sie der Giessform 12 und damit auch dem bereits gerichtet erstarrten Teil des Giessforminhalts Wärme q . Entsprechend dem Stand der Technik nach US-A-3,532,155 errechnet sich die entzogene Wärme wie folgt:

$$q = \alpha(T - T_o),$$

wobei T die Temperatur des Giesskörpers an der Erstarrungsfront und T_o die Umgebungstemperatur, wie sie durch die Wände der Kühlkammer 5 bzw. der Vakuumkammer 2 bestimmt ist, bedeuten, und wobei

$1/\alpha = 1/\alpha_{cm} + 1/\alpha_{cmd} + 1/\alpha_{GCC}$, mit $\alpha_{GCC} = \alpha_r$ (Wärmeübergang durch Strahlung) + α_{cvgas} (Wärmeübergang durch Konvektion).

Ein besonders hoher Wärmetzug auch bei einer komplex ausgebildeten Giessform wird erreicht, wenn das Baffle 3 gekühlt ist und/oder wenn seine Öffnung 7 von flexiblen, an der Giessform 12 anliegenden Fingern 21 begrenzt ist.

Für eine grosse Gasturbinenschaufel aus einer Nickel-Basis-Superlegierung ergeben sich typischerweise folgende Werte der Wärmeübergangszahlen:

$$\alpha_{cm} = \lambda_m / \delta_m = 816 \text{ J/m}^2 \text{ sK},$$

$$\alpha_{cmd} = \lambda_{md} / \delta_{md} = 200 \text{ J/m}^2 \text{ sK},$$

wobei λ_m bzw. λ_{md} die spezifische Wärmeleitfähigkeit der Legierung bzw. der keramischen Giessform 12 und δ_m bzw. δ_{md} die Dicke der bereits erstarrten Metallschicht (angenommen als 30 mm) zwischen Formwand (unter dem Baffle 3 gelegen) und Erstarrungsfront bzw. die Dicke der Formwand (angenommen als 10 mm) bedeuten, und $\alpha_{GCC} = 800 \text{ J/m}^2 \text{ sK}$. Hieraus ergibt sich mit $\alpha = 134 \text{ J/m}^2 \text{ sK}$ ein Wärmeübergangswert, welcher demjenigen nach dem schwerer beherrschbaren Verfahren gemäss US-A-3,763,926 entspricht.

Das in die Kühlkammer 5 eingeblasene Inertgas kann durch das Vakuumsystem 17 aus der Vakuumkammer 2 entfernt, abgekühlt gefiltert und - auf einige bar komprimiert - Rohrleitungen 18 zugeführt werden, die mit den Öffnungen bzw. Düsen 8 in Wirkverbindung stehen.

Das Befüllen einer nächsten Giessform mit geschmolzenem Metall kann nach Entfernen der Giessform 12 und Evakuieren der Vakuumkammer 2 ausgeführt werden.

Nachfolgend sind die Eigenschaften von als Gasturbinenschaufeln ausgebildeten Giesskörpern angegeben, welche nach den Verfahren gemäss US-A-3,532,155, gemäss US-A-3,763,926 und gemäss der Erfindung hergestellt worden sind. Diese Schaufeln wiesen jeweils gleiche geometrische Abmessungen auf (Länge jeweils 200 mm) und bestanden aus einer Nickel-Basis-Superlegierung mit folgenden Hauptkomponenten in Gewichtsprozent:

Cr=6,5; Co=9,5; Mo=0,6; W= 6,5; Ta=6,5; Re=2,9; Al=5,6; Ti=1,0; Hf=0,1; Ni=Rest. Bei allen Verfahren waren die Ofengeometrien, die Heiztemperaturen und die Abgiesstemperaturen identisch.

	Verfahren	US-A-3,532,155	US-A-3,763,926	Erfindung
5	Anzahl Schaufeln	8	8	4
	Material	<-- Nickel-Basissuperlegierung-->		
10	Ziehgeschwin- digkeit	3 mm/min Blatt 2 mm/min Fuss	<----- 7 mm/min Blatt -----> <----- 4 mm/min Fuss ----->	
15	Durchschnitt- liche Länge Einkristall- abschnitt vor Bruch	156 mm (Einkristall- bruch bei 6 von 8 Schaufeln)	178 mm (Einkristall- bruch bei 2 von 8 Schaufeln)	200 mm (kein Ein- kristall- bruch)
20	Slivers (Mittelwert)	1,5	3	1,5
	Max. Porosität (Volumen%)	< 0,9	< 0,5	< 0,6
25	Freckles	im Fussbereich	<----- keine ----->	

Bei den Verfahren nach US-A-3,532,155 und insbesondere US-A-3,763,926 weist die Erstarrungsfront typischerweise eine konkave Form auf. Beim Verfahren nach der Erfindung ist die Erstarrungsfront hingegen eben oder sogar konvex ausgebildet. Mit dem Verfahren nach der Erfindung kann so eine einkristalline Erstarrung einer Turbinenschaufel im Bereich ihres innen und ihres aussen liegenden Endes besser eingestellt werden.

Ersichtlich zeichnet sich das Verfahren nach der Erfindung bei hoher Durchlaufgeschwindigkeit durch den Ofen dadurch aus, dass die danach hergestellten Giesskörper eine besonders grosse Einkristallbruchfestigkeit, eine geringe Porosität und keine Fehlstellen aufweisen. Darüber hinaus werden bei der Durchführung des Verfahrens nach der Erfindung Giesskörper hergestellt, die nahezu frei von Freckles und slivers sind.

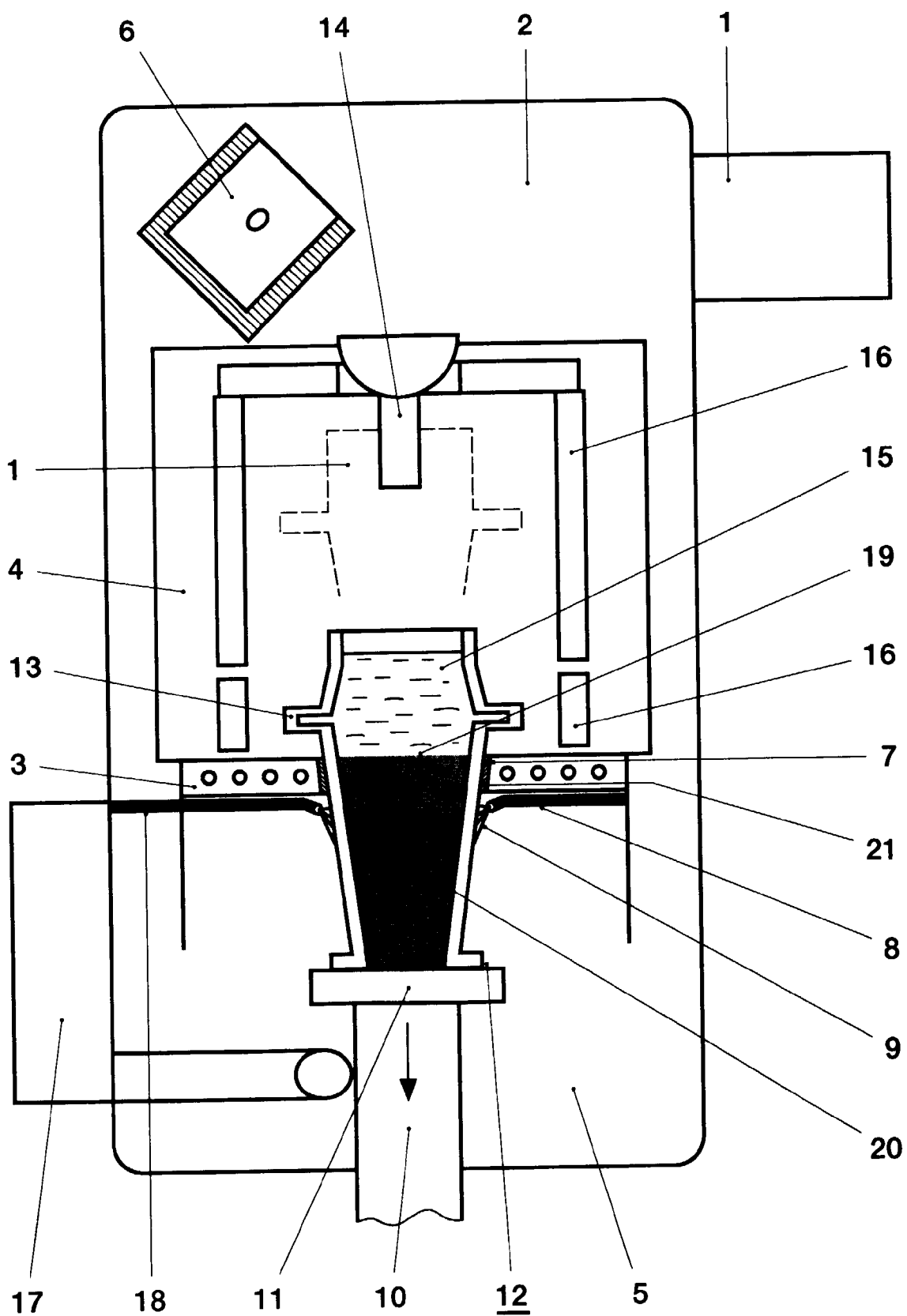
Bezugszeichenliste

- 40 1 Vakuumsystem
- 2 Vakuumkammer
- 3 Baffle (Strahlungsschild)
- 4 Heizkammer
- 5 Kühlkammer
- 45 6 Schmelztiegel
- 7 Öffnung
- 8 Düsen
- 9 Inertgasströme
- 10 Antriebsstange
- 50 11 Kühlplatte
- 12 Giessform
- 13 Keramikteil
- 14 Füllvorrichtung
- 15 aufgeschmolzene Legierung
- 55 16 Heizelemente
- 17 Vakuumsystem
- 18 Rohrleitungen
- 19 Erstarrungsfront

20 Giesskörper
21 Finger

5 Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Giesskörpers (20) in einer Vakuumkammer (2), bei dem eine in einer Giessform (12) befindliche flüssige Legierung aus einer Heizkammer (4) in eine Kühlkammer (5) geführt wird und dabei gerichtet erstarrt, wobei die Heizkammer (4) von der Kühlkammer (5) durch ein mit einer Öffnung (7) versehenes Baffle (3) getrennt ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Giessform unterhalb des Baffles (3) von aussen zusätzlich mit strömendem Gas gekühlt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Gas ein Inertgas, wie insbesondere Argon oder Helium, ist.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Gas nach Eintreten des Bodens der Giessform (12) in die Kühlkammer (5) geführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Gas in der Kühlkammer (5) in Richtung der Oberfläche der Giessform (12) geführt und anschliessend aus der Vakuumkammer (2) entfernt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Gas durch Abpumpen in Führungsrichtung der Giessform (12) aus der Vakuumkammer (2) entfernt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass das abströmende Gas abgesaugt, gekühlt, gefiltert und danach erneut in die Kühlkammer (5) geführt wird.
7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass auf der von der Heizkammer (4) abgewandten Seite des Baffle (3) Mittel zum Erzeugen und Führen der Gasströmung angeordnet sind.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel der Führung der Gasströmung auf die Giessform (12) dienende Düsen oder Öffnungen (8) aufweisen.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Öffnungen die Perforationen mindestens einer perforierten Wand sind.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Erzeugung und Führung der Gasströmung ringförmig um die im Baffle (3) vorgesehene Öffnung (7) angeordnet sind und überwiegend radial nach innen gerichtete Öffnungen oder Düsen (8) aufweisen.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Erzeugung der Gasströmung wassergekühlt sind.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine auf die Kühlkammer (5) und/oder das Baffle (3) wirkende zusätzliche Kühlvorrichtung vorgesehen ist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Baffle (3) gekühlt ist und/oder von in die Öffnung (7) geführten flexiblen, an der Giessform (12) anliegenden Fingern (21) begrenzt ist.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlkammer (5) mit dem Eingang eines Vakuumsystems (17) zum Entfernen des Gases aus der Kühlkammer (5) und zum Kühlen und Reinigen des entfernten Gases verbunden ist, welches Teil eines der Kühlkammer (5) wieder Gas zuführenden geschlossenen Kreislafs ist.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ausgang des Vakuumsystems (17) mit zu den Düsen oder Öffnungen (8) führenden Rohrleitungen (18) verbunden ist.





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 96 81 0192

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	TRANSACTIONS OF THE METALLURGICAL SOCIETY OF AIME, Bd. 245, Juli 1969, Seiten 1481-1492, XP002014757 HILLS ET AL: "The Solidification Of Pure Metals under Unidirectional Heat Flow Conditions. I-Solidification with Zero Superheat" * Paragraph "Experimental Work: Description of Apparatus" * ---	1	B22D27/04
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 7826 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M22, AN 78-46892A XP002014339 & JP-A-53 057 127 (ISHIKAWAJIMA-HARIMA HEAV) , 24.Mai 1978 * Zusammenfassung * -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			B22D C30B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 30.September 1996	Prüfer 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 I : aus andern Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)