

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 749 790 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Entscheidung über den
Einspruch:
03.11.2004 Patentblatt 2004/45

(51) Int Cl. 7: B22D 27/04

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
23.08.2000 Patentblatt 2000/34

(21) Anmeldenummer: 96810192.3

(22) Anmeldetag: 26.03.1996

(54) Vorrichtung zur Herstellung eines gerichtet erstarrten Giesskörpers

Apparatus for casting a directionally solidified article

Appareil pour la fabrication par coulage d'une pièce solidifiée directionnellement

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

• Lubenets, Vladimir P., Dr.
109388 Moskau (RU)

(30) Priorität: 20.06.1995 DE 19522266
26.10.1995 DE 19539770

(56) Entgegenhaltungen:

DE-A- 1 933 412 DE-A- 2 427 098
DE-A- 3 046 908 JP-A- 5 357 127
US-A- 3 532 155 US-A- 3 690 367
US-A- 3 763 926 US-A- 4 817 701

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.12.1996 Patentblatt 1996/52

- 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"
- 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

(73) Patentinhaber: ALSTOM Technology Ltd
5400 Baden (CH)

(72) Erfinder:

- Kats, Edvard L., Prof. Dr.
129287 Moskau (RU)
- Konter, Maxim, Dr.
5417 Untersiggenthal (CH)
- Rösler, Joachim, Dr.
5424 Unterehrendingen (CH)

EP 0 749 790 B2

Beschreibung**TECHNISCHES GEBIET**

5 [0001] 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.

10 [0002] 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

15 [0003] 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 Schmelzgiegel 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 wasser durchströmte Wände auf. Eine durch den Boden dieser Kühlkammer und die Öffnung in der wassergekühlten Wand geführte Antriebsstange trägt eine wasser durchströmte Kühlplatte, welche den Boden einer in der Heizkammer befindlichen Giessform bildet.

20 [0004] Bei der Durchführung des Verfahrens wird zunächst die im Schmelzgiegel 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.

25 [0005] 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 kühtere Umgebung abgestrahlt. Gemäss dem Newtonschen Wärmeübergangsgesetz bestimmt sich dann die dem Giesskörper entzogene Wärme q wie folgt:

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

30 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 $1/\alpha = 1/\alpha_{cm} + 1/\alpha_{cmd} + 1/\alpha_r$.

35 [0006] 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 wassergekühlten 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 $\alpha = 72 \text{ J/m}^2\text{sK}$.

[0007] 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 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.

[0008] Auch aus der japanischen Anmeldung JP 53-57127 ist ein Verfahren zur Herstellung von gerichtet erstarrten Gussköpfern bekannt. Bei diesem Verfahren wird die Gussform von einer Heizkammer nach unten geführt und mit einem Kühlring, welcher mit einem inerten Gas betrieben wird, gekühlt. Nachteilig bei diesem Verfahren ist allerdings, dass nicht die Gussform selbst, sondern lediglich das Gehäuse, welches um die Giessform angeordnet ist, gekühlt wird, was zu einem wesentlich niedrigeren Temperaturgradienten in der Erstarrungsfront führt. Zudem ist kein Baffle zwischen Heiz- und Kühlelement vorhanden, was sich ebenfalls negativ auf den Temperaturgradienten in der Erstarrungsfront und damit auf das Kornwachstum auswirkt.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0009] Der Erfindung, wie sie in Patentanspruch 1 angegeben ist, liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art anzugeben, mit dem in einfacher Weise gerichtet erstarrte Giesskörper mit einer geringen Anzahl an Fehlstellen hergestellt werden können. Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 aufgeführten Merkmale gelöst.

WEG ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0010] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher beschrieben.

[0011] Hierbei zeigt die einzige Figur in schematischer Darstellung eine bevorzugte Ausführungsform einer Vorrichtung zur Herstellung eines gerichtet erstarrten Giesskörpers.

[0012] 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 Schmelzriegel 6 zur Aufnahme einer Legierung, beispielsweise einer Nickel-Basissuperlegierung, 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 wasser durchströmte Kühlplatte 11, welche den Boden einer Giessform 12 bildet.

[0013] 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.

[0014] 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 Schmelzriegel 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.

[0015] 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.

[0016] 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 Schmelzgiegel 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).

[0017] 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).

[0018] Zu Beginn des Erstarrungsprozesses werden ein grosser Temperaturgradient und eine hohe Verfestigungs geschwindigkeit erreicht, da das in die Form gegossene Material zunächst unmittelbar auf die Kühlplatte auft trifft 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 erhitzen 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:

$$25 \quad q = \alpha(T - T_0),$$

wobei T die Temperatur des Giesskörpers an der Erstarrungsfront und T_0 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).

[0019] Ein besonders hoher Wärmentzug 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.

[0020] Für eine grosse Gasturbinenschaufel aus einer Nickel-Basissuperlegierung ergeben sich typischerweise fol gende Werte der Wärmeübergangszahlen:

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

$$40 \quad \alpha_{cmd} = \lambda_{md} / \delta_{md} = 200 \text{ J/m}^2\text{sK},$$

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.

[0021] 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.

[0022] Das Befüllen einer nächsten Giessform mit geschmolzenem Metall kann nach Entfernen der Giessform 12 und Evakuieren der Vakuumkammer 2 ausgeführt werden.

[0023] 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 mit der Erfindung hergestellt worden sind. Diese Schaufeln wiesen jeweils gleiche geometrische Abmessungen auf (Länge jeweils 200 mm) und bestanden aus einer Nickel-Basissuperlegierung 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

[0024] Bei allen Verfahren waren die Ofengeometrien, die Heiztemperaturen und die Abgastemperaturen identisch.

Verfahren	US-A-3,532,155	US-A-3,763,926	Erfindung
Anzahl Schaufeln	8	8	4
5 Material	← Nickel-Basissuperlegierung →		
Ziehgeschwindigkeit	3 mm/min Blatt 2 mm/min Fuss	← 7 mm/min Blatt → ← 4 mm/min Fuss →	
10 Durchschnittliche Länge Einkristallabschnitt vor Bruch	156 mm (Einkristallbruch bei 6 von 8 Schaufeln)	178 mm (Einkristallbruch bei 2 von 8 Schaufeln)	200 mm (kein Einkristallbruch)
15 Slivers (Mittelwert)	1,5	3	1,5
Max. Porosität (Volumen%)	< 0,9	< 0,5	< 0,6
Freckles	im Fussbereich	← keine →	

- 20 [0025] 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 Betrieb der erdindungsgemäßen Vorrichtung ist die Erstarrungsfront hingegen eben oder sogar konvex ausgebildet. Mit der Erfindung kann so eine einkristalline Erstarrung einer Turbinenschaufel im Bereich ihres innen und ihres aussen liegenden Endes besser eingestellt werden.
- 25 [0026] Ersichtlich zeichnet sich die Verwendung der Erfindung dadurch aus, dass bei hoher Durchlaufgeschwindigkeit durch den Ofen die danach hergestellten Giesskörper eine besonders grosse Einkristallbruchfestigkeit, eine geringe Porosität und keine Fehlstellen aufweisen. Darüber hinaus werden dabei Giesskörper hergestellt, die nahezu frei von Freckles und slivers sind.

Bezugszeichenliste

- 30 [0027]
- 1 Vakuumsystem
2 Vakuumkammer
35 3 Baffle (Strahlungsschild)
4 Heizkammer
5 Kühlkammer
6 Schmelzriegel
7 Öffnung
40 8 Düsen
9 Inertgasströme
10 Antriebsstange
11 Kühlplatte
12 Giessform
45 13 Keramikteil
14 Füllvorrichtung
15 aufgeschmolzene Legierung
16 Heizelemente
17 Vakuumsystem
50 18 Rohrleitungen
19 Erstarrungsfront
20 Giesskörper
21 Finger

- 55 **Patentansprüche**
1. Vorrichtung zur Herstellung eines gerichtet erstarrten Glesskörpers (20), bestehend aus einer Gießform (12) mit

einer den Boden der Gießform (12) bildenden Kühlplatte (11), in einer Vakuumkammer (2), welche eine Heiz- (4) und eine Kühlkammer (5) aufweist, beide Kammern durch ein mit einer Öffnung versehenes Baffle (3) getrennt, sowie einer Transportvorrichtung (10) zur Führung der in der Gießform (12) befindlichen flüssigen Legierung aus der Heizkammer (4) in die Kühlkammer (5), wobei auf der von der Heizkammer (4) abgewandten Seite des Baffles (3) in der Nähe des Baffles Düsen (8) zum Erzeugen und Führen einer Gasströmung in Richtung der Oberfläche der Gießform (12) angeordnet sind.

2. Vorrichtung nach Ansprüche 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Öffnungen die Perforationen mindestens einer perforierten Wand sind.
- 10 3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **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.
- 15 4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zur Erzeugung der Gasströmung wassergekühlt sind.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine auf die Kühlkammer (5) und/oder das Baffle (3) wirkende zusätzliche Kühlvorrichtung vorgesehen ist.
- 20 6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **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.
- 25 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **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 Kreislaufs ist.
- 30 8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Ausgang des Vakuumsystems (17) mit zu den Düsen oder Öffnungen (8) führenden Rohrleitungen (18) verbunden ist.

Claims

- 35 1. Apparatus for producing a directionally solidified casting (20) comprising a casting mould (12) having a cooling plate (11) forming the base of the casting mould (12), in a vacuum chamber (2) which has a heating chamber (4) and a cooling chamber (5), the two chambers being separated by a baffle (3) provided with an opening, and also a transporting apparatus (10) for guiding the liquid alloy located in the casting mould (12) from the heating chamber (4) into the cooling chamber (5), nozzles (8) for generating and guiding a stream of gas in the direction of the surface of the casting mould (12) being arranged in the vicinity of the baffle on the side of the baffle (3) remote from the heating chamber (4).
2. Apparatus according to Claim 1, **characterized in that** the orifices are the perforations of at least one perforated wall.
- 45 3. Apparatus according to one of Claims 1 to 2, **characterized in that** the means for generating and guiding the stream of gas are arranged annularly around the opening (7) provided in the baffle (3) and have orifices or nozzles (8) directed predominantly radially inwards.
- 50 4. Apparatus according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the means for generating the stream of gas are water-cooled.
5. Apparatus according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** an additional cooling device acting on the cooling chamber (5) and/or the baffle (3) is provided.
- 55 6. Apparatus according to Claim 5, **characterized in that** the baffle (3) is cooled and/or is delimited by flexible fingers (21) which are guided into the opening (7) and rest against the casting mould (12).

7. Apparatus according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the cooling chamber (5) is connected to the inlet of a vacuum system (17) for removing the gas from the cooling chamber (5) and for cooling and purifying the gas removed, which vacuum system is part of a closed circuit feeding gas back to the cooling chamber (5).
- 5 8. Apparatus according to Claim 7, **characterized in that** an outlet of the vacuum system (17) is connected to pipelines (18) leading to the nozzles or orifices (8).

10 **Revendications**

1. Appareil pour la fabrication d'une pièce coulée solidifiée directionnellement (20), se composant d'un moule de coulée (12) avec une plaque de refroidissement (11) formant le fond du moule de coulée (12), dans une chambre sous vide (2), qui comporte une chambre de chauffage (4) et une chambre de refroidissement (5), les deux chambres étant séparées par une cloison (3) pourvue d'une ouverture, ainsi que d'un dispositif de transport (10) pour le guidage de l'alliage liquide se trouvant dans le moule de coulée (12) de la chambre de chauffage (4) dans la chambre de refroidissement (5), dans lequel des buses (8) pour produire et guider un courant de gaz en direction de la surface du moule de coulée (12) sont disposées à proximité de la cloison, sur le côté de la cloison (3) situé à l'opposé de la chambre de chauffage (4).
- 20 2. Appareil selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les ouvertures sont les perforations d'au moins une paroi perforée.
3. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, **caractérisé en ce que** les moyens pour produire et guider le courant de gaz sont disposés en anneau autour de l'ouverture (7) prévue dans la cloison (3) et présentent des ouvertures ou des buses (8) dirigées essentiellement radialement vers l'intérieur.
- 25 4. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les moyens pour produire le courant de gaz sont refroidis à l'eau.
5. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'il** est prévu un dispositif de refroidissement supplémentaire agissant sur la chambre de refroidissement (5) et/ou sur la cloison (3).
- 30 6. Appareil selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la cloison (3) est refroidie et/ou est limitée par des doigts flexibles (21) guidés dans l'ouverture (7) et appliqués sur le moule de coulée (12).
- 35 7. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la chambre de refroidissement (5) est raccordée à l'entrée d'un système à vide (17) pour évacuer le gaz hors de la chambre de refroidissement (5) et pour refroidir et épurer le gaz évacué, qui fait partie d'un circuit fermé renvoyant du gaz à la chambre de refroidissement (5).
- 40 8. Appareil selon la revendication 7, **caractérisé en ce qu'une** sortie du système à vide (17) est raccordée à des tuyaux (18) conduisant aux buses ou ouvertures (8).

45

50

55

