



(11)

EP 1 825 938 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
07.04.2010 Patentblatt 2010/14

(51) Int Cl.:
B22C 9/08 (2006.01) B22D 23/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07003469.9**

(22) Anmeldetag: **20.02.2007**

(54) **Verfahren und Anordnung zur kontrollierten Formfüllung beim Giessen metallischer Werkstoffe**

Method and arrangement for the controlled mould filling during casting of metallic materials

Procédé et arrangement pour le remplissage contrôlé de moule lors de la fonderie de matériaux métalliques

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DK EE ES FI FR GB GR HU
IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **23.02.2006 DE 102006008432**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.08.2007 Patentblatt 2007/35

(73) Patentinhaber: **Forschungszentrum Dresden -
Rossendorf e.V.
01328 Dresden (DE)**

(72) Erfinder:
• **Eckert, Sven, Dr.
01259 Dresden (DE)**
• **Willers, Bernd
01069 Dresden (DE)**
• **Gerbeth, Gunther, Dr.
01328 Dresden (DE)**
• **Galindo, Vladimir, Dr.
01187 Dresden (DE)**
• **Ziemann, Manfred, Dr.
42119 Wuppertal (DE)**

• **Katz, Hans-Walter
40822 Mettmann (DE)**
• **Hewelt, Uwe
12555 Berlin (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
JP-A- 63 235 048 RU-C- 1 367 286

• **S. ECKERT, V- GALINDO, G. GERBETH, W.
WITKE, R. GERKE-CANTOW, H.-P. NICOLAI, U.
STEINRÜCKEN: "Strömungskontrolle beim
Formfüllen mit Hilfe von Magnetfeldern"
GIESSEREI, Nr. 92, März 2005 (2005-03), Seiten
26-31, XP002440320**
• **ECKERT S ET AL: "VELOCITY MEASUREMENTS
IN METALLIC MELTS" ASME FLUIDS
ENGINEERING DIVISION MEETING, XX, XX, Bd.
1, Nr. PART A, 2005, Seiten 49-56, XP009085895**
• **CRAMER A ET AL: "ALUMINUM INVESTMENT
CASTING WITH MAGNETIC FIELD CONTROL OF
THE MOLD FILLING PROCESS" PROCEEDINGS
LMPC 2005, 18. September 2005 (2005-09-18),
Seiten 295-303, XP009085892**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 825 938 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung des Einfüllens einer Metallschmelze in den Formhohlraum einer Gießform. Die Anwendung erfolgt beim steigenden Gießen von Metallen unter Schwerkrafteinfluss in eine Gießform, und betrifft im Besonderen das Feingießen.

[0002] Es ist allgemein bekannt, dass es beim steigenden Gießen von Metallen unter Schwerkrafteinfluss vorteilhaft ist, wenn die flüssige Metallschmelze mit einer hinreichend geringen Geschwindigkeit in der Gießform strömt, und damit an Umlenkungen und Änderungen des Strömungsquerschnittes keine oder nur geringe, turbulente Verwirbelungen verursacht. Weiterhin ist bekannt, dass die Strömungsfront von Metallschmelzen mit Geschwindigkeiten oberhalb eines Zahlenwertes von 0.5 m/s (J. Campbell: Castings Practice, Elsevier 2004) instabil wird und zu Tropfenbildung neigt.

[0003] Es sind verschiedene Techniken bekannt, um die Formfüllung beim Gießen vorteilhaft zu beeinflussen.

[0004] DE 10245439 A1 beschreibt die spezielle Ausführung eines Kopfguss-Gießtumpels für Leichtmetallkokillenguss unter Schwerkrafteinfluss. Der Gießtumpel besteht aus einem Schmelzereservoir und einem annähernd horizontal bzw. mit vorgegebenen Gefälle angeordneten Gießlauf. Ziel dieser Erfindung ist es, die Schmelzeströmung zu beruhigen, d.h. durch das Einfüllen der Schmelze in den Gießtumpel entstandene Verwirbelungen zu dämpfen und dafür zu sorgen, dass die Schmelze mit einer möglichst geringen Geschwindigkeit in den Formhohlraum der Gießform einströmt. Unter Nutzung dieser Erfindung ist es allerdings nicht möglich, die oben beschriebenen Probleme zufriedenstellend zu lösen und die Herstellung fehlerfreier Gussteile zu gewährleisten.

[0005] DE 19720184 A1 schlägt die Verwendung einer den Querschnitt verkleinernden Blende im Gießeinlauf vor, die sich mit fortschreitender Gießzeit selbst verzehrt. Der Grundgedanke besteht darin, dass die Öffnung der Blende am Anfang so gewählt wird, dass nur eine geringe Menge an Flüssigmetall hindurchströmt. Mit fortschreitender Gießzeit vergrößert sich die Öffnung der Blende. Mit zunehmender Füllhöhe der Gießform nimmt die Bremsfunktion ab. Eine Verbesserung der Gussteilqualität wurde nicht nachgewiesen. Es ist festzuhalten, dass das Einbringen der Blende in die Gussformen mit zusätzlichem Aufwand verbunden ist und, insbesondere im Feinguss, die Herstellung der Gusstrauben erheblich verkompliziert.

[0006] Im Vergleich dazu erscheint die Verwendung von Gießfiltern vorteilhafter, wie beispielsweise in DE 19859032 A1 beschrieben. Gießfilter dienen vorrangig dazu, Oxidhäute oder andere hochschmelzende Verunreinigungen vor dem Eintritt der Schmelze in den Gusskörper zurückzuhalten. Zu beachten ist, dass ein derartiger Gießfilter einen sehr hohen Strömungswiderstand besitzt, der während des gesamten Gießvorganges

wirkt. Die Konsequenz ist eine sehr langsame Formfüllung mit deutlich verlängerten Gießzeiten.

[0007] Eine kontaktlose Möglichkeit zur Beeinflussung der einströmenden Schmelze ist durch Magnetfelder gegeben. Es wurden sogenannte Magnetbremsen mit dem Ziel der Reduzierung der Geschwindigkeit des in eine Kokille eintretenden Metallschmelzestrahls bereits für das kontinuierliche Gießen von Stahl oder auch Nichteisenmetallen vorgeschlagen (DE 69809288 T2, DE 60000858 T2, DE 102004046729 A1). Diese Vorrichtungen basieren auf einem statischen Magnetfeld in horizontaler Ausrichtung, welches an der Stranggusskokille meist im Bereich der Ausflussöffnung des Tauchrohres angeordnet ist. Im Gegensatz zum Fall des kontinuierlichen Gießens muss die hier vorliegende Erfindung die Diskontinuität und Zeitabhängigkeit des Gießens unter Verwendung einer Gießform berücksichtigen.

[0008] In der Schrift (Giesserei 92, 26-31, 2005) wird hierzu über Modellexperimente mit einer kalten Gallium-Legierung berichtet, die eindeutig die bremsende Wirkung des angelegten Magnetfeldes zeigen, indem sie lokale Strömungsmessungen innerhalb der Schmelze erlauben. In der Schrift werden Angaben über die Lokalisierung des Magnetfeldes am Gießkanal gemacht, ohne allerdings die erforderlichen Magnetfeldstärken als auch das Zeitregime der Magnetfeldeinwirkung genauer zu spezifizieren. Die Schrift (Giesserei 92, 26-31, 2005) enthält auch Angaben zu ersten Tests eines Magnetsystems im Aluminium-Feinguss.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Geschwindigkeit einer in eine Form einströmenden, flüssigen Metallschmelze beim steigenden Gießen unter Schwerkrafteinfluss durch externe Magnetfelder so zu beeinflussen, dass eine beruhigte Formfüllung unter ausreichender Vermeidung von starken Verwirbelungen der Schmelze und des Auftretens von Instabilitäten der Oberflächenschicht und der einströmenden Schmelzefront erreicht wird.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit dem Verfahren nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den jeweils nachgeordneten Patentansprüchen.

[0011] Die Erfindungen und die daraus für den Gießprozess resultierenden Vorteile werden nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher beschrieben. In der zugehörigen Zeichnung zeigen

- Abbildung 1 die Ansicht der Gießform mit bevorzugter Anordnung des Magnetsystems und Gerät zur Bestimmung des Massenstromes in schematischer Darstellung und
- Abbildung 2 eine Darstellung des zeitlichen Verlaufes der Magnetfeldamplitude.

Ausführungsbeispiel:

[0012] Mit dem Verfahren wird die Geschwindigkeit einer in eine Form einströmenden, flüssigen Metallschmelze

ze beim steigenden Gießen unter Schwerkrafteinfluss durch externe Magnetfelder so beeinflusst, dass eine beruhigte Formfüllung unter ausreichender Vermeidung von starken Verwirbelungen der Schmelze und des Auftretens von Instabilitäten der Oberflächenschicht und der einströmenden Schmelzefront erreicht wird.

[0013] Das Magnetfeld wirkt direkt am Gießlauf, vorzugsweise dort, wo die einströmende Schmelze ihre maximale Geschwindigkeit erreicht. Im Magnetfeldbereich wird die Schmelze vorzugsweise in einem rechteckigen Flachkanal geführt. Eine optimale Wirkung wird erreicht, wenn die Magnetfeldlinien senkrecht zur Strömungsrichtung verlaufen.

[0014] Die technische Lösung beinhaltet, dass die magnetische Induktion B_0 des angelegten Magnetfeldes anfangs mindestens die beiden Werte $B_1 = 10/d_h \cdot (\eta/\sigma)^{1/2}$ und $B_2 = (pU10\sigma d_h)^{1/2}$ übersteigt, wobei p die Dichte, σ die elektrische Leitfähigkeit und η die dynamische Viskosität der Metallschmelze, sowie d_h den mittleren hydraulischen Durchmesser des Eingusskanals und U die mittlere Einströmgeschwindigkeit der Schmelze bezeichnen. Der Anfangswert B_0 der magnetischen Induktion wird bis zu einem Zeitpunkt t_1 konstant gehalten, wobei t_1 vorzugsweise so zu wählen ist, dass die Schmelzefront bereits den Formhohlraum erreicht hat. Ab dem Zeitpunkt t_1 wird die Stärke des Magnetfeldes auf den Wert Null geregelt.

[0015] Eine Gießform besteht im Allgemeinen aus einem Eingusstümpel (oder Eingusstrichter) (1), dem vertikal angeordneten Eingusskanal (2), dem horizontalen Gießlauf (3), den Anschnitten (4) und dem Formhohlraum des herzustellenden Gussteils (5).

[0016] Die Anordnung zur Beeinflussung der Schmelzeströmung besteht aus einem Magnetsystem (6) zur Erzeugung des Magnetfeldes mit zugehöriger Steuereinheit (7) und optional einem Gerät zur Bestimmung des Massenstromes der Metallschmelze (8). Dieses Gerät kann beispielsweise als induktiver Durchflussmesser (S. Eckert, G. Gerbeth, T. Gundrum, F. Stefani: Velocity measurements in metallic melts, 2005 AMSE Fluids Engineering Division Summer Meeting, Houston, TX, 2005, FEDSM2005-77089) ausgeführt sein. Die Polflächen des Magnetsystems (6) sind an der Gießform so zu positionieren, dass der Strömungsquerschnitt vollständig vom Magnetfeld durchdrungen wird und die Feldlinien vorzugsweise senkrecht zur Strömungsrichtung ausgerichtet sind. Es ist vorteilhaft, das Magnetsystem an einer Stelle anzuordnen, wo die Metallschmelze beim Einströmen in die Gießform den Maximalwert der Geschwindigkeit erreichen wird. Beim Feingießen beispielsweise ist dies das Ende des vertikal angeordneten Eingusskanals (2) bevor die Strömung in den horizontalen Gießlauf (3) umgelenkt wird.

[0017] Insbesondere beim Vergießen von Aluminium und Aluminiumlegierungen ist eine unkontrollierte Formfüllung problembehaftet. Beim Schwerkraftgießen treten am Beginn der Formfüllung sehr hohe Strömungsgeschwindigkeiten auf, die zu starken Verwirbelungen der

Schmelze und Instabilitäten der Oberflächenschicht führen. Ein ständiges Aufreißen der Oxidschicht an der Schmelzoberfläche vergrößert die Kontaktfläche zwischen Al-Schmelze und der Umgebung signifikant und führt damit zu einer verstärkten Oxidation des Flüssigmetalls. Die sich bildenden Oxidhäute werden durch die turbulente Strömung von der Oberfläche ins Innere der Schmelze transportiert. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass sich speziell in der Umgebung der Strömungsfront oder an den Kanalwänden Gasblasen bilden. Verbleiben Gasblasen oder Oxideinschlüsse während der Erstarrung im Gussteil, hat dies eine signifikante Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften zur Folge.

[0018] Beim steigenden Gießen in Formen unter Schwerkraft resultiert die Einströmgeschwindigkeit aus dem Höhenunterschied der Schmelze im vertikalen Eingusskanal und dem Gussteil. Demzufolge erreicht die Strömungsgeschwindigkeit am Beginn des Gießens, bevor die Schmelze im Gussteil aufsteigt, den maximalen Zahlenwert, der sich im Laufe des Prozesses mit zunehmendem Füllstand reduziert. Da die Gießformen in der Regel höher sind als für das Erreichen der gewünschten, maximalen Geschwindigkeit erforderlich, sind zeitabhängige Maßnahmen zur Beruhigung der Strömung während der Formfüllung notwendig.

[0019] Aus Experimenten zur Untersuchung der Strömung während der Formfüllung ist bekannt, dass in der Anfangsphase des Füllvorganges sehr hohe Spitzenwerte sowie ausgeprägte Schwankungen der Geschwindigkeit auftreten, verbunden mit starken Verwirbelungen der Schmelze sowie einer fontänenhaften Ausbildung der freien Oberfläche der Schmelze. Die Anwendung eines statischen Magnetfeldes ausreichender Stärke bremst die Strömung deutlich ab, reduziert turbulente Schwankungen der Geschwindigkeit und bewirkt ein beruhigtes Einströmen der Schmelze durch die Anschnitte (4) in den Formhohlraum (5). Die Ausschussstatistik entsprechender Gießversuche zeigt unter Einwirkung eines Magnetfeldes eine deutliche Verringerung der Anzahl von Gussfehlern, die auf das Vorhandensein von Gaseinschlüssen und Oxidhäuten in den Gussteilen zurückzuführen sind.

[0020] Die in die Gießform einströmende Metallschmelze weist am Beginn der Formfüllung die größten Geschwindigkeiten auf. Mit der stetigen Abnahme der Höhendifferenz der Flüssigkeitsniveaus zwischen vertikalem Eingusskanal (2) und Formhohlraum (5) verringert sich damit auch im Verlauf des Prozesses die Strömungsgeschwindigkeit der Schmelze und erreicht zu einer bestimmten Zeit, die von der Gestalt und den geometrischen Abmessungen der Gießform abhängt, hinreichend kleine Werte, bei denen eine zusätzliche Bremsung der Strömung nicht länger erforderlich ist. In dieser Phase liefert die Anwendung eines Magnetfeldes keine weitere Verbesserung der Gussteilqualität mehr. Ausserdem besteht der Wunsch, die Dauer der Formfüllung zu begrenzen, damit die abgegossene Form weiteren tech-

nologischen Prozessschritten, beispielsweise Verfahren zur kontrollierten Erstarrung, zugeführt werden kann, rechtzeitig bevor die Erstarrung der Metallschmelze einsetzt.

[0021] Um die Gießzeit nicht unnötig zu verlängern und einen überflüssigen Verbrauch an elektrischer Energie zur Erzeugung des Magnetfeldes zu vermeiden, ist es sinnvoll, die Wirkungsdauer des Magnetfeldes auf die Anfangsphase der Formfüllung zu begrenzen. Ein abruptes Abschalten des Magnetfeldes bei laufender Formfüllung ist problematisch, da es in diesem Fall je nach Zeitpunkt der Abschaltung zu einer unkontrollierten Beschleunigung der Schmelze kommt, als deren Folge Verunreinigungen und Gasbläschen, die sich an den inneren Wänden der Gießform abgesetzt haben, mitgerissen und in das Innere des Gussteils transportiert werden können. Durchgeführte Gießexperimente belegen eine Zunahme von Gussfehlern, die auf ein abruptes Abschalten des Magnetfeldes zurückzuführen sind.

[0022] Ausgehend von dieser Sachlage wird folgende Vorgehensweise beim Bremsen der Schmelzeströmung mittels statischem Magnetfeld vorgeschlagen: In der Anfangsphase der Formfüllung wird die in die Gießform einströmende Schmelze vom Zeitpunkt t_0 (Zeitpunkt, zu welchem mit dem Einfüllen der Schmelze in den Gießtumpel begonnen wird) bis zu einem Zeitpunkt t_1 mit einem Magnetfeld konstanter Amplitude B_0 beaufschlagt. Es ist vorteilhaft, den Zeitpunkt t_1 so zu wählen, dass die Schmelzefront bereits den Formhohlraum (5) erreicht hat und an dieser Stelle auf einen vergrößerten Strömungsquerschnitt trifft. Nach Erreichen von t_1 ist die Amplitude des Magnetfeldes in kontrollierter Weise langsam zu reduzieren. Dies geschieht vorzugsweise in Form einer linearen Rampe bis zum Zeitpunkt t_2 , an dem das Magnetfeld den Wert Null erreicht. Die Stärke des Magnetfeldes B_0 und die Dauer der Rampe ($t_2 - t_1$) sind der Beschaffenheit der jeweiligen Gießform anzupassen. Die Nutzung des Gerätes zur Bestimmung des Massenstroms der Metallschmelze (8) während der Formfüllung kann die notwendigen Messdaten liefern, um die Stärke des Magnetfeldes B_0 , den Zeitpunkt t_1 und die Dauer der Rampe ($t_2 - t_1$) für eine gegebene Gießform festzulegen. In einer Vielzahl von Fällen ist es aber auch ausreichend, die für die Steuerung der Magnetfeldstärke notwendigen Informationen aus überschlägigen Berechnungen zu gewinnen.

[0023] Der anfängliche Plateauwert B_0 des statischen Magnetfeldes ergibt sich wie folgt aus den Materialeigenschaften der Schmelze und der Geometrie des Eingusskanals. Als Materialeigenschaften gehen die Dichte ρ , die elektrische Leitfähigkeit σ und die dynamische Viskosität η ein. Die Geometrie des Eingusskanals geht mit seinem mittleren hydraulischen Durchmesser d_h ein, der sich z.B. bei einem rechteckigen Kanal der Seitenlängen a und b als $d_h = 2ab/(a+b)$ ergibt. Die Bremswirkung des Magnetfeldes auf die mit einer typischen mittleren Geschwindigkeit U einströmende Metallschmelze erfordert eine anfängliche Amplitude B_0 , die mindestens die bei-

den Werte $B_1 = 10/d_h \cdot (\eta/\sigma)^{1/2}$ und $B_2 = (\rho U/10\sigma d_h)^{1/2}$ übersteigt. Für den Feinguss von Aluminium-Legierungen und typische Eingusskanäle der Abmessungen $5 \times 30 \text{ mm}^2$ sollte der Wert von B_0 im Bereich von 0.5 bis 1.0

5 Tesla liegen. Es ist unerheblich, ob das Magnetfeld durch eine Anordnung von stromdurchflossenen Spulen oder Permanentmagneten erzielt wird. Die zeitliche Regelung kann bei ersteren durch Regelung des Stromes, bei den Permanentmagneten durch ein mechanisches Wegklappen oder Wegfahren erfolgen. Auch der Einsatz von supra-
10 leitenden Magneten kann erforderlich sein, wenn die Bedingungen $B_0 > B_1$ und $B_0 > B_2$ dies erfordern. Die Parameter des Magnetfeldes, im einzelnen die Feldstärke B_0 , der Zeitpunkt t_1 des Beginns der Reduzierung der
15 Feldstärke sowie die Dauer ($t_2 - t_1$) und die Art der Rampe, müssen aus dem Volumenstrom der Metallschmelze derart bestimmt werden, dass die mittlere Geschwindigkeit U der Schmelze zu jedem Zeitpunkt des Gussprozesses den Wert $U_{\max} = 10000\eta/\rho d_h$ nicht übersteigt.

20 **[0024]** Es wurden insgesamt 216 Teile eines Gehäussegussteils (für den Flugzeugbau) in der Legierung AlSi7Mg lt. Werkstoffleistungsblatt 3.2384.6 gegossen. Davon wurden 144 Teile unter Magnetfeldeinfluss hergestellt. Das Magnetfeld war stets im Bereich der Um-
25 lenkung von vertikalem zu horizontalem Gießlauf angebracht. An allen Gussteilen wurde eine Rissprüfung durchgeführt. Diese Bewertung ergab, dass sowohl mit einem permanent anliegenden Magnetfeld als auch mit einem zeitlich begrenztem Magnetfeldeinsatz mit anschließender Reduktion der Feldstärke in Form eines
30 stetigen, linearen Absenkens die Anzahl der mit Gussfehlern behafteten Teile im Vergleich zum Gießen ohne Magnetfeld um mehr als den Faktor 10 reduziert werden kann. Wird das Magnetfeld während des Gießens nicht stetig verringert sondern abrupt abgeschal-
35 ten, tritt etwa die doppelte Anzahl fehlerhafter Teile auf, als beim Gießen mit permanent eingeschaltetem Magnetfeld.

Patentansprüche

1. Verfahren zur kontrollierten Formfüllung beim Gießen metallischer Werkstoffe, vorzugsweise zur Beeinflussung der Geschwindigkeit einer in eine Form einströmenden, flüssigen Metallschmelze beim steigenden Gießen unter Schwerkrafteinfluss, insbesondere beim Feingießen von Nichteisenmetallen, unter Verwendung eines statischen Magnetfeldes, **dadurch gekennzeichnet,**
45 **dass** die magnetische Induktion B_0 des angelegten Magnetfeldes anfangs mindestens die beiden Werte $B_1 = 10/d_h \cdot (\eta/\sigma)^{1/2}$ und $B_2 = (\rho U/10\sigma d_h)^{1/2}$ übersteigt, wobei ρ die Dichte, σ die elektrische Leitfähigkeit und η die dynamische Viskosität der Metallschmelze, sowie d_h den mittleren hydraulischen Durchmesser des Eingusskanals und U die mittlere Einströmgeschwindigkeit der Schmelze bezeich-

nen, dieser Anfangswert B_0 bis zu einem Zeitpunkt t_1 konstant bleibt, wobei t_1 so zu wählen ist, dass die Schmelzefront bereits den Formhohlraum erreicht hat, und ab dem Zeitpunkt t_1 bis zu einem Zeitpunkt $t_2 > t_1$ die Stärke des Magnetfeldes in einem stetigen Verlauf auf den Wert Null reduziert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Reduzierung der Magnetfeldstärke vom Maximalwert auf Null in Form eines stetigen, linearen Absenkens ausgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Parameter zur Steuerung der Magnetfeldstärke, im einzelnen die Feldstärke B_0 , der Zeitpunkt t_1 des Beginns der Rückregelung der Feldstärke sowie die Dauer $(t_2 - t_1)$ und die Art der Rampe, aus dem gemessenen Volumenstrom der Metallschmelze derart bestimmt werden, dass die mittlere Geschwindigkeit U der Schmelze zu jedem Zeitpunkt des Gussprozesses den Wert $U_{\max} = 10000\eta/\rho d_h$ nicht übersteigt.

Claims

1. Method for controlled mould filling in the casting of metallic materials, preferably for influencing the velocity of a liquid metal melt flowing into a mould during uphill casting under the influence of gravity, in particular during the investment casting of non-ferrous metals, using a static magnetic field, **characterized in that** the magnetic induction B_0 of the applied magnetic field at least initially exceeds the two values $B_1 = 10/d_h \cdot (\eta/\sigma)^{1/2}$ and $B_2 = (\rho U/10\sigma d_h)^{1/2}$, ρ designating the density, σ the electrical conductivity and η the dynamic viscosity of the metal melt, d_h designating the mean hydraulic diameter of the sprue, and U designating the mean inflow velocity of the melt, this initial value B_0 remaining constant up to a time point t_1 , t_1 being selectable such that the melt front has already reached the mould cavity, and the strength of the magnetic field being reduced in a continuous profile to the value zero from the time point t_1 up to a time point $t_2 > t_1$.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the reduction of the magnetic field strength from the maximum value to zero is carried out in the form of a continuous linear lowering.
3. Method according to Claim 1, **characterized in that** the parameters for controlling the magnetic field strength, in particular the field strength B_0 , the time point t_1 of the commencement of the cutback of the field strength and the duration $(t_2 - t_1)$ and nature of the ramp, are determined from the measured volume flow of the metal melt in such a way that the mean

velocity U of the melt does not overshoot the value $U_{\max} = 10000 \eta/\rho d_h$ at any time point of the casting process.

Revendications

1. Procédé de remplissage contrôlé d'un moule lors de coulée de matériaux métalliques, de préférence pour agir sur la vitesse d'introduction d'un bain métallique liquide lors de la montée du niveau dans le moule sous l'action de la gravité, en particulier lors de la coulée fine de métaux non ferreux, par recours à un champ magnétique statique, **caractérisé en ce que** l'induction magnétique B_0 du champ magnétique appliqué dépasse initialement au moins les deux valeurs $B_1 = 10/d_h \cdot (\eta/\sigma)^{1/2}$ et $B_2 = (\rho U/10\sigma d_h)^{1/2}$, ρ représentant la densité, σ la conductivité électrique et η la viscosité dynamique du métal fondu, d_h le diamètre hydraulique moyen du canal de coulée et U la vitesse moyenne d'introduction du bain de fusion, cette valeur initiale B_0 restant constante jusqu'à un instant t_1 , t_1 correspondant à l'instant où le front du bain de fusion a déjà atteint la cavité du moule, l'intensité du champ magnétique étant réduite de manière constante jusqu'à la valeur nulle à partir de l'instant t_1 et jusqu'à un instant $t_2 > t_1$.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la réduction de l'intensité du champ magnétique depuis la valeur maximale jusqu'à zéro est réalisée sous la forme d'une diminution linéaire constante.
3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les paramètres de commande de l'intensité du champ magnétique et en particulier l'intensité B_0 du champ, l'instant t_1 du début de la diminution de l'intensité du champ ainsi que la durée $(t_2 - t_1)$ et le type de pente sont déterminés à partir de la mesure du débit volumique du métal en fusion et **en ce que** la vitesse moyenne U du bain de fusion à chaque instant de l'opération de coulée ne dépasse pas la valeur $U_{\max} = 10000 \eta/\rho d_h$.

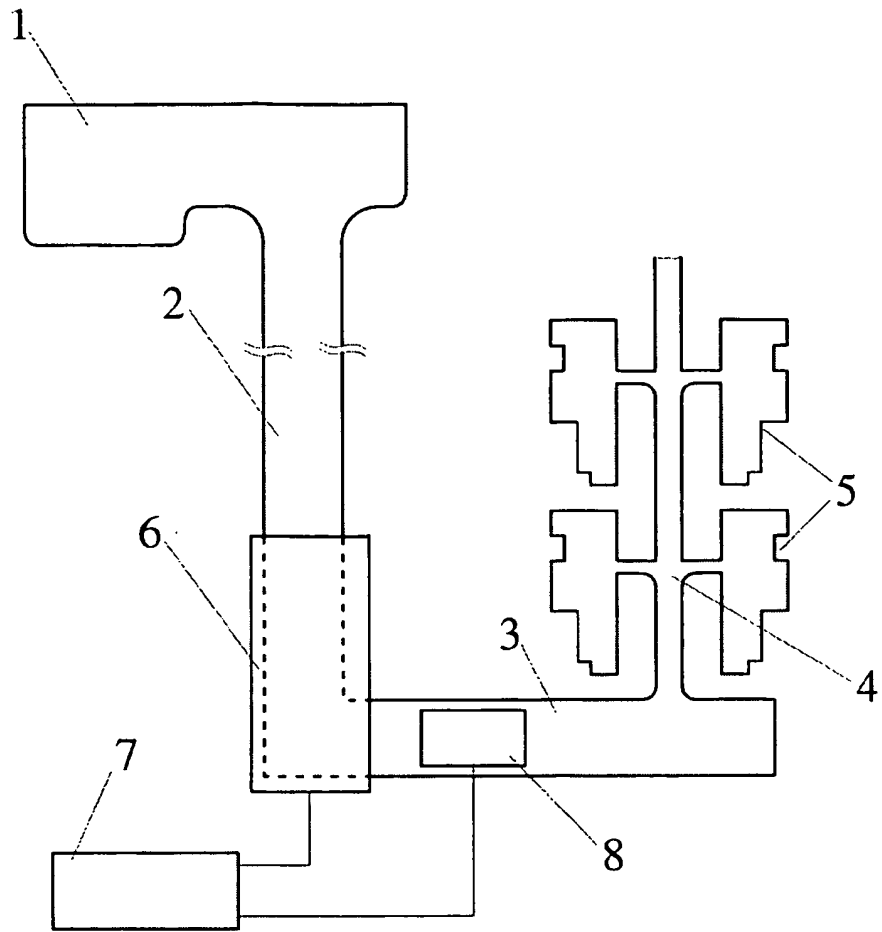


Abbildung 1

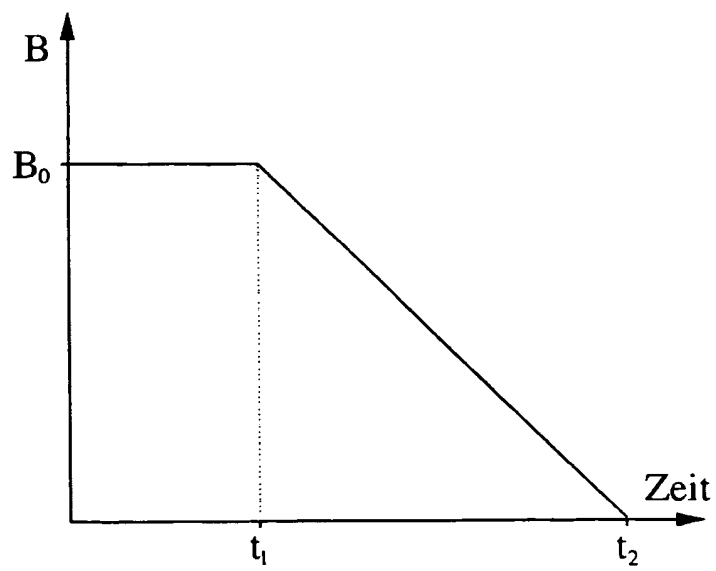


Abbildung 2

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10245439 A1 [0004]
- DE 19720184 A1 [0005]
- DE 19859032 A1 [0006]
- DE 69809288 T2 [0007]
- DE 60000858 T2 [0007]
- DE 102004046729 A1 [0007]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **J. Campbell.** Castings Practice. Elsevier, 2004 [0002]
- *Giesserei*, 2005, vol. 92, 26-31 [0008]