

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 571 703 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **93100390.9**

(51) Int. Cl.⁵: **B22D 27/04, B22C 9/04**

(22) Anmeldetag: **13.01.93**

(30) Priorität: **22.05.92 DE 4216870**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.12.93 Patentblatt 93/48

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI NL

(71) Anmelder: **TITAN-ALUMINIUM-FEINGUSS
GmbH
Kapellenstrasse 44
D-59909 Bestwig(DE)**

(72) Erfinder: **Folkers, Klaus
Bestwigerstrasse 72
W-5780 Bestwig 5(DE)
Erfinder: Nicolai, Hans-Peter
Unterm Schiederberg 10**

W-5780 Bestwig 5(DE)

Erfinder: **Rodehüser, Helmut**

Wilmes Kamp 33

W-5780 Bestwig 5(DE)

Erfinder: **Steinrücken, Ulrich**

Stenderke 6

W-5787 Olsberg 5(DE)

Erfinder: **Henneke, Dietmar**

Sehringhauser Weg 12

W-5785 Olsberg-Elpe(DE)

(74) Vertreter: **Grimm, Ekkehard
Heraeus Holding GmbH
Zentralbereich Patente und Lizenzen
Heraeusstrasse 12-14
D-63450 Hanau (DE)**

(54) **Verfahren zur Herstellung eines metallischen Gusskörpers nach dem Feingussverfahren.**

(57) Es sind Verfahren zur Herstellung eines metallischen Gußkörpers nach dem Feingußverfahren bekannt, bei denen nach dem Gießen einer Schmelze des Metalls in eine Gießform aus Keramik mit porösen Wänden, die Schmelze unter Verwendung eines Kühlmittels abgekühlt wird. Um ausgehend von den bekannten Verfahren durch Beeinflussung des Abkühl- bzw. Erstarrungsverhaltens der in die Gießform eingegossenen Schmelze eine Erhöhung der mechanischen Festigkeit des Gußkörpers zu erzielen, wird ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem als Kühlmittel eine die Gießform-Wand allmählich penetrierende Kühlflüssigkeit eingesetzt wird, deren Siedetemperatur niedriger als die Eingießtemperatur der Schmelze ist und in die die Gießform von einem

Ende aus beginnend stetig eingetaucht wird, derart, daß die als Grenzfläche zwischen Schmelze und bereits erstarrtem Metall sich bildende Erstarrungsfront und der Penetrationsbereich, in dem die Gießform-Wand von der Kühlflüssigkeit über ihre Dicke durchdrungen ist, sich im wesentlichen in Richtung der freien Schmelzoberfläche bewegen, und daß die Eintauchgeschwindigkeit der Gießform in die Kühlflüssigkeit, die Dicke und die Porosität der Gießform-Wand sowie die Viskosität und die Dichte der Kühlflüssigkeit so aufeinander abgestimmt sind, daß in Bewegungsrichtung der Erstarrungsfront gesehen, der Penetrationsbereich der Erstarrungsfront nachsteilt.

EP 0 571 703 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines metallischen Gußkörpers nach dem Feingußverfahren, insbesondere eines Gußkörpers aus Aluminium oder aus einer Aluminium-haltigen Legierung, durch Gießen einer Schmelze des Metalls in eine Gießform aus Keramik mit porösen Wänden und Abkühlen und Erstarren der Schmelze unter Verwendung eines Kühlmittels.

Zur Herstellung von Gußkörpern mittels Feingußverfahren wird üblicherweise von dem zu gießenden Gußkörper ein Wachsmo-
dell gefertigt und darauf aus mehreren Schichten eine keramische Gießform gebildet, indem das Wachsmo-
dell mehrfach in einen oder in verschiedene keramische Schlicker eingetaucht wird. Nach dem Ausschmelzen des Wachsmodells und dem Trocknen und Brennen der so erzeugten, porösen Gießform, wird in diese die metallische Schmelze vergossen. Dabei sind kompliziert gestaltete Gußkörper herstellbar. Die Gießformen, die nach dem Erstarren der Gußkörper entfernt und dabei zerstört werden, sind entsprechend vielgestaltig.

Aufgrund der relativ schlechten Wärmeleitung der keramischen Gießformen sind die Erstarrungszeiten für die Metallschmelzen im allgemeinen sehr lang. Durch langsames Erstarren und Abkühlen entsteht jedoch in Abhängigkeit vom zu vergießenden Metall ein relativ grobkörniges Gefüge, das Ursache für eine gegenüber Gußkörpern mit feinkörnigem Gefüge, verminderte mechanische Festigkeit oder Duktilität sein kann.

Durch ein langsames Erstarren der Schmelze diffundieren auch gasförmige Verunreinigungen, wie beispielsweise Wasserstoff oder Sauerstoff, in verstärktem Maße sowohl über die freie Schmelzoberfläche, als auch von den Innenwandungen der Gießform her in die Schmelze.

Zur Erzeugung einer bevorzugten Erstarrung einer Schmelze in der für die Feingußverfahren charakteristischen, keramischen, schlecht wärmeleitenden Gießform wird in der DE-OS 36 29 079 ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem an den zu kühlenden Stellen taschenförmige Einsätze in die keramische Gießform eingearbeitet werden, in die vor dem Abguß Stahlkies als Kühlmittel eingefüllt wird. Der Stahlkies sorgt dabei aufgrund seiner guten Wärmeleitfähigkeit und seiner Wärmekapazität für eine bevorzugte Abfuhr der durch das Eingießen der Schmelze eingebrachten Wärme.

Mit dem bekannten Verfahren sind zwar Gußteile mit Bereichen bevorzugter Erstarrung herstellbar. Allerdings erwärmt sich der an der Gießform-Wand anliegende Stahlkies sehr rasch und verliert dadurch im Verlaufe der Abkühlung der Schmelze an Wirksamkeit im Hinblick auf eine rasche Erstarrung. Dieser Effekt wird noch dadurch verstärkt, daß sich aufgrund seiner höheren Wärmedehnung der bereits erstarrte, metallische Gußkörper von

der Innenwand der Gießform entfernt und durch den dabei sich bildenden Spalt die weitere Wärmeableitung weiter verlangsamt wird. Für ein rasches, bevorzugtes Erstarren größerer Gußkörper oder größerer Bereiche eines Gußkörpers ist das bekannte Verfahren daher nur beschränkt geeignet. Die Herstellung der mit taschenförmigen Einsätzen versehenen Gießformen ist zudem sehr aufwendig, kostspielig und die so gestalteten Gießformen relativ bruchanfällig.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein einfaches und kostengünstiges Verfahren anzugeben, mittels dem durch Beeinflussung des Abkühl- und Erstarrungsverhaltens der in die Feinguß-Gießform eingegossenen Schmelze eine hohe mechanische Festigkeit des Gußkörpers erzielt werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß als Kühlmittel eine die Gießform-Wand allmählich penetrierende Kühlflüssigkeit eingesetzt wird, deren Siedetemperatur niedriger als die Eingießtemperatur der Schmelze liegt in die die Gießform von einem Ende aus beginnend stetig eingetaucht wird, derart, daß die als Grenzfläche zwischen Schmelze und bereits erstarrtem Metall sich bildende Erstarrungsfront und der Penetrationsbereich, in dem die Gießform-Wand von der Kühlflüssigkeit über ihre Dicke durchdrungen ist, sich im wesentlichen in Richtung der freien Schmelzoberfläche bewegen, und daß die Eintauchgeschwindigkeit der Gießform in die Kühlflüssigkeit, die Dicke und die Porosität der Gießform-Wand sowie die Viskosität und die Dichte der Kühlflüssigkeit so aufeinander abgestimmt sind, daß in Bewegungsrichtung der Erstarrungsfront gesehen, der Penetrationsbereich der Erstarrungsfront nacheilt. Dadurch, daß das Kühlmittel eine die Gießform-Wand allmählich penetrierende Kühlflüssigkeit enthält, in die die Gießform von einem Ende aus beginnend stetig eingetaucht wird, wird von dem einen Ende beginnend eine gerichtete und rasche Erstarrung der Schmelze erreicht. Dies wird dadurch erreicht, daß der in die Kühlflüssigkeit eintauchende, untere Teil der auf etwa Schmelztemperatur aufgeheizten Gießform bevorzugt abgekühlt. Der aus der Kühlflüssigkeit herausragende Teil der Gießform-Wand kühlt aufgrund der geringen Wärmeleitfähigkeit des keramischen Gießform-Wandmaterials aber nur langsam ab, so daß im Verlauf des Eintauchens der Gießform die durch das Eingießen der Schmelze in die Gießform eingebrachte Wärme bevorzugt über das bereits erstarrte, abgekühlte Metall und den in die Kühlflüssigkeit hineinragenden, bereits abgekühlten Teil der Wände der Gießform abgeführt wird. Aufgrund dieser gezielten Wärmeableitung bildet sich zwischen bereits erstarrtem Werkstoff und Schmelze des Werkstoffes nur eine einzige Erstarrungsfront aus, die sich mit fortschreitender

Erstarrung der Schmelze in Richtung der freien Schmelzoberfläche bewegt. Hierdurch kann eine gerichtete Erstarrung der gesamten Schmelze erreicht werden. Aus der Veröffentlichung "Gerichtete Erstarrung, W. Kurz und B. Lux, Z. Metallkunde 63 (1972) 9, Seite 509 bis 515", ist es bekannt, daß eine derartige gerichtete Erstarrung Vorteile hinsichtlich des Seigerungs-, Ausscheidungs- und Lunkerverhaltens bei gegossenen Körper mit sich bringen kann. Daneben kann eine gerichtete Erstarrung auch eine Reinigung des Gußkörpers bewirken, die darin besteht, daß die vom Boden der Gießform in Richtung der freien Schmelzoberfläche sich bewegende Erstarrungsfront, im erstarrten Werkstoff schwerer lösliche Fremdstoffe bis zur Schmelzoberfläche vor sich herschiebt, die im Bereich des Gießtrichters angesammelt werden und die somit das eigentliche Gußteil nicht mehr beeinflussen können.

Es wird gleichzeitig sowohl ein Erstarren der Schmelze in gerichteter Art und Weise, als auch ein möglichst rasches Erstarren angestrebt. Einige Eigenschaften der für das Feingußverfahren charakteristischen, keramischen, porösen Gießform stehen jedoch einem raschen Erstarren der Schmelze entgegen. Einerseits wird eine rasche Abkühlung durch die schlechte Wärmeleitfähigkeit der Gießform-Wand erschwert, andererseits besteht beim Abkühlen der Schmelze mittels einer Kühlflüssigkeit, in die die Gießform eingetaucht wird, aufgrund der Porosität der Gießform die Gefahr, daß die Kühlflüssigkeit die Gießform-Wand durchdringt und mit der Schmelze reagiert. Andererseits wird durch Verwendung einer Kühlflüssigkeit zum Abführen der durch das Eingießen der Schmelze in die Gießform eingebrachten Wärme eine gleichmäßige und in etwa gleichbleibende Kühlung der Gießform-Wand aufgrund des Austausches der Kühlflüssigkeit durch deren Konvektion im Bereich der Gießform gewährleistet. Ein Teil der Kühlflüssigkeit verdampft dabei, da die Siedetemperatur der Kühlflüssigkeit unterhalb der Eingießtemperatur der Schmelze liegt. Durch das Verdampfen eines Teils der Kühlflüssigkeit wird Wärme als Verdampfungswärme von der Gießform-Wand abgeführt. Dadurch, daß die Kühlflüssigkeit die Gießform-Wand allmählich penetriert, wird dieser Effekt noch verstärkt, da die Front der siedenden und kühlenden Kühlflüssigkeit innerhalb der Gießform-Wand sich allmählich in Richtung auf die Schmelze und den Teil des bereits erstarrten Gußkörpers bewegt und dadurch der bereits penetrierte Teil der Gießform-Wand zusätzlich gekühlt und die Wärmeableitung begünstigt und die Erstarrung der Schmelze dadurch beschleunigt wird. Es ist sogar möglich, daß die Kühlflüssigkeit die Gießform-Wand vollkommen durchdringt und, sofern die Temperatur des erstarrten Metalls dies

zuläßt, als Flüssigkeit mit dem Gußkörper in Kontakt kommt, wodurch der durch das abkühlende Metall zwischen dem Gußkörper und der Gießform-Innenwand sich bildende Spalt mindestens teilweise überbrückt werden kann, so daß wiederum eine Verbesserung der Wärmeübertragung durch die Gießform-Wand nach außen in die Kühlflüssigkeit erzielt wird.

Dabei wird dadurch, daß die Eintauchgeschwindigkeit der Gießform in die Kühlflüssigkeit, die Dicke und die Porosität der Gießform-Wand sowie die Viskosität und die Dichte der Kühlflüssigkeit so aufeinander abgestimmt sind, daß in Bewegungsrichtung der Erstarrungsfront gesehen, der Penetrationsbereich der Erstarrungsfront naheilt, gewährleistet, daß die Kühlflüssigkeit nur mit bereits erstarrtem Metall in Berührung kommt. Beim Kontakt der Kühlflüssigkeit mit noch schmelzflüssigem Metall würde durch die dann einsetzende, rasche Verdampfung die Oberfläche des erstarrenden Gußkörpers durch Blasenbildung zerstört. Unter dem Ausdruck Erstarrungsfront wird die Grenzfläche zwischen bereits vollständig erstarrtem Metall und einem, noch Schmelze enthaltenden Bereich, verstanden. Je nach den gerade herrschenden Abkühlbedingungen kann die Erstarrungsfront in Richtung der Schmelzoberfläche oder in die Gegenrichtung gewölbt sein. Dabei ist es jeweils entscheidend, daß der Penetrationsbereich, in Bewegungsrichtung der Erstarrungsfront gesehen, unterhalb der Erstarrungsfront, wie sie jeweils im Bereich der Innenwand der Gießform vorliegt, verläuft.

Im Sinne des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es gleichgültig, ob die Gießform in die Kühlflüssigkeit abgesenkt wird, oder ob in kinematischer Umkehr der Kühlflüssigkeits-Spiegel bei feststehender Gießform stetig angehoben wird. Zum Zwecke einer raschen und gerichteten Erstarrung von nach dem Feinguß-Verfahren hergestellten Gußkörpern erlaubt das erfindungsgemäße Verfahren jedoch erstmals die Verwendung einfacher, an für sich bekannter Vorrichtungen zum Abkühlen von Metallschmelzen durch Eintauchen in eine Kühlflüssigkeit, wie sie beispielsweise in der DE-OS 33 39 118 beschrieben sind und die dort als Tauchgieß-Vorrichtungen bezeichnet werden. Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gußkörper nach dem Feingußverfahren herstellbar, die gerichtet und außerdem aufgrund der beschleunigten Wärmeabfuhr mit einem feinen Korngefüge erstarrt sind und die deshalb eine hohe mechanische Festigkeit aufweisen.

Besonders bewährt hat sich ein Verfahren, bei dem als Kühlflüssigkeit ein Gemisch aus mehreren Flüssigkeiten eingesetzt wird, deren Siedetemperaturen sich voneinander unterscheiden, mit der Maßgabe, daß die Siedetemperatur der bei niedrigerer Temperatur siedenden Flüssigkeit unterhalb der

Temperatur liegt, bei der eine Zersetzung der bei höherer Temperatur siedenden Flüssigkeit bzw. Flüssigkeiten stattfindet. Als Gemisch kann dabei beispielsweise eine Emulsion oder eine vollständige Mischung der Flüssigkeiten eingesetzt werden. Durch den Anteil an bei niedrigerer Temperatur siedender Flüssigkeit in der Kühlflüssigkeit wird gewährleistet, daß die Temperatur der Kühlflüssigkeit nicht über die Siedetemperatur der am niedrigsten siedenden Flüssigkeit hinaus steigen kann, solange ein Anteil von dieser am niedrigsten siedenden Flüssigkeit in der Kühlflüssigkeit vorhanden ist. Eine Zersetzung des höher siedenden Anteils am Gemisch der Kühlflüssigkeit wird dadurch vermieden. Als niedrig siedende Flüssigkeit wird vorteilhafterweise eine Substanz gewählt, die eine hohe Verdampfungswärme aufweist, während als eine bei höherer Temperatur siedende Flüssigkeit eine Substanz mit hoher Wärmekapazität geeignet ist. Es kann vorteilhaft sein, die Kühlflüssigkeit vorzuwärmen, wenn beispielsweise bei Raumtemperatur ein Bestandteil der Kühlflüssigkeit in fester oder in zähflüssiger Form vorliegen würde und auch die durch das Eintauchen der heißen Gießform in die Kühlflüssigkeit eingebrachte Wärme nicht ausreichen würde, den Bestandteil ausreichend zu verflüssigen.

Als besonders vorteilhaft hat sich eine Kühlflüssigkeit erwiesen, bei der als eine bei relativ höherer Temperatur siedende Flüssigkeit eine organische Substanz gewählt wird, deren Schmelztemperatur unterhalb von 100 °C liegt. Durch die Schmelztemperatur von weniger als 100 °C wird ein Aufheizen der Kühlflüssigkeit vor dem Eintauchen der Gießform überflüssig oder auf relativ niedrige Temperaturen von unterhalb 100 °C beschränkt. Dabei wird einerseits durch den Anteil an Flüssigkeit mit relativ niedrigem Siedepunkt eine gewisse Wärmeabfuhr aus der Kühlflüssigkeit über die Verdampfungswärme dieser Flüssigkeit oder dieser Flüssigkeiten sichergestellt und dadurch eine thermische Zersetzung der organischen Flüssigkeit oder der organischen Flüssigkeiten beim Eintauchen der auf nahezu Schmelztemperatur aufgeheizten Gießform verhindert, andererseits vermindert die organische Flüssigkeit die allzu rasche Penetration der niedriger siedenden Flüssigkeiten durch die Gießform-Wand und deren Reaktion mit dem noch schmelzflüssigen Metall und damit beispielsweise die Aufnahme von Wasserstoff durch das erstarrende Metall. Vorteilhafterweise werden als bei höherer Temperatur siedende Flüssigkeiten solche Flüssigkeiten eingesetzt, die eine relativ hohe Wärmekapazität aufweisen. Als geeignet hierfür haben sich Wachs, Glykol, Ester und/oder Öl herausgestellt. Aufgrund ihrer zum Teil leichten Entzündbarkeit werden diese Substanzen unter einer Inertgasatmosphäre eingesetzt. Zweckmäßige-

weise wird dazu das Verfahren in einem unter Inertgas-Überdruck stehenden, geschlossenen Behälter durchgeführt.

Es hat sich besonders bewährt, den Anteil der bei niedriger Temperatur siedenden Flüssigkeit in der Kühlflüssigkeit auf einen Wert zwischen 1 Gew.-% und 50 Gew.-% einzustellen. Aufgrund seiner relativ hohen Wärmekapazität und seiner einfachen Verfügbarkeit ist Wasser zur Verwendung als niedrig siedende Flüssigkeit besonders gut geeignet.

Die Einstellung der Eintauchgeschwindigkeit der Gießform in die Kühlflüssigkeit, die Dicke der Gießform-Wand und deren Porosität, die Viskosität der Kühlflüssigkeit und deren Dichte hängen wesentlich von der abzukühlenden Masse des Gußkörpers sowie der Verteilung der Masse in der Gießform ab. Allgemein gültige Parameter hierfür können nicht angegeben werden; bevorzugt werden Verfahren, bei denen die Eintauchgeschwindigkeit der Gießform in die Kühlflüssigkeit auf einen Wert zwischen 10 mm/min und 200 mm/min, die Dicke der Gießform-Wand etwa gleichmäßig auf einen Wert zwischen 4 mm und 20 mm und deren Porosität im Bereich zwischen 20 Vol-% und 65 Vol-% eingestellt werden, die Viskosität der Kühlflüssigkeit beim Eintauchen der Gießform zwischen 1×10^{-3} Pas und 1×10^{-2} Pas beträgt und die mittlere Dichte der Kühlflüssigkeit auf einen Wert zwischen 0,7 g/cm³ und 1,5 g/cm³ eingestellt wird.

Es hat sich als günstig erwiesen, die Metall-Schmelze oberhalb des Kühlflüssigkeits-Spiegels zu beheizen. Dadurch kann der aus der Kühlflüssigkeit herausragende Teil der Gießform soweit erhitzt werden, daß auch bei ungünstiger Verteilung der Metall-Masse in der Gießform, beispielsweise bei relativ leicht erstarrenden, dünnwandigen Bereichen des Gußkörpers, die gleichmäßige Erstarrung der Schmelze von unten nach oben und die Ausbildung weiterer, von der Gießform-Seitenwand ausgehender Erstarrungsfronten verhindert wird. An den Kreuzungspunkten mehrerer Erstarrungsfronten können Fehlstellen entstehen, die die mechanische Festigkeit des Gußkörpers herabsetzen können.

Besonders bewährt hat sich ein Verfahren, bei dem die Kühlflüssigkeit kontinuierlich und gekühlt zugeführt und kontinuierlich abgeführt wird. Hierdurch kann sowohl eine in etwa konstante Temperatur als auch eine in etwa gleichbleibende Zusammensetzung des Kühlflüssigkeits-Bades gewährleistet werden.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird folgend näher erläutert. In der Zeichnung zeigen in schematischer Darstellung im einzelnen

Figur 1 eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens

und
 Figur 2 einen Ausschnitt durch die Gießform-Wand und den erstarrenden Gußkörper

In Figur 1 ist die Bezugsziffer 1 einer für das Feingußverfahren charakteristischen, porösen Gießform zugeordnet, die aus mehreren übereinanderliegenden, keramischen Schichten aufgebaut ist. In die Gießform 1 ist eine Schmelze 2 einer untereutektischen Aluminium-Silizium-Magnesium-Legierung eingefüllt, deren Solidustemperatur bei ca. 570 °C liegt und die ein Gewicht von ca. 2,8 kg aufweist. Die Gießform 1, ist auf einem tellerförmigen Träger 3 angeordnet und befindet sich zu Beginn des Abkühl-Prozesses innerhalb eines ringförmigen Heizmantels 4 und oberhalb eines Flüssigkeitsspiegels 5 einer Kühlflüssigkeit 6. Die Kühlflüssigkeit 6 befindet sich innerhalb eines Behälters 7 der einen Einlaß 8 und einen Auslaß 9 für die Kühlflüssigkeit 6 und einen Einlaß 10 und einen Auslaß 11 für ein Schutzgas aufweist und der mit einem Deckel 12 druckdicht verschlossen werden kann. Der tellerförmige Träger 3 ist mittels einer Kolbenstange 13, die sich durch einen am Boden 14 des Behälters angeordneten, flüssigkeitsdichten Durchlaß 15 erstreckt, mit einem Absenkzylinder 16 verbunden.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Träger 3 mitsamt der darauf abgestellten, die Schmelze 2 enthaltenden Gießform 1 mit vorgegebener Geschwindigkeit von 60 mm/min. in die Kühlflüssigkeit 6 abgesenkt. Bei der Kühlflüssigkeit 6 handelt es sich um 25 l einer Emulsion aus Wachs und aus Wasser, mit einem Wasseranteil von 8,2 Gew.-%. Die Kühlflüssigkeit 6 ist vor dem Gießen der Schmelze 2 auf eine Temperatur von ca. 90 °C aufgeheizt und weist dabei eine Viskosität von ca. 5×10^{-2} Pas auf. Die Dichte der Kühlflüssigkeit beträgt ca. 0,99 g/cm³ während die mittlere Dichte der Gießform inkl. der darin eingegossenen Schmelze ca. 2,15 g/cm³ beträgt. Um das Wachs der Kühlflüssigkeit 6 vor Reaktion mit Sauerstoff zu schützen, wird der Behälter 7 mit Stickstoff gespült und steht dabei unter einem Überdruck von 3 bar.

Die Gießform-Wand 17 weist im mittleren eine Porosität von ca. 30 Vol.-% auf. Vor dem Eingießen der Schmelze wird sie auf annähernd Schmelztemperatur der Aluminium-Legierung vorgeheizt. Die Gießform-Wand 17 nimmt durch die in die Gießform 1 eingegossene Schmelze 2 annähernd deren Temperatur an. Durch das Absenken der Gießform 1 in die Kühlflüssigkeit 6 verdampft zunächst ein Teil des in der Kühlflüssigkeit 6 vorhandenen Wassers und entzieht der Gießform-Wand 17 dabei Wärme. Dadurch beginnt die Schmelze 2 vom Boden 18 der Gießform 1 aus zu erstarren. Gleichzeitig penetriert die Kühlflüssigkeit 6 allmählich durch

die Gießform-Wand 17 bzw. den Boden 18 der Gießform 1. Zwischen der Gießform-Außenwand 19 und der Gießform-Innenwand 20 bildet sich dabei ein Konzentrations-Gradient an Kühlflüssigkeit 6 aus, wie dies in Figur 2 schematisch dargestellt ist. Aufgrund ihrer relativ geringen Wärmeleitfähigkeit kühlen die oberhalb des Flüssigkeitsspiegels 5 hinausragenden Teile der keramischen Gießform-Wand 17 nur langsam aus, so daß vom Boden 18 der Gießform 1 beginnend die Schmelze 2 entgegen der Absenkrichtung, die mit dem Richtungs-pfeil 22 gekennzeichnet ist, erstarrt. Die dabei sich ausbildende Grenzfläche zwischen bereits vollständig erstarrtem Gußteil 24 und Schmelze 2 bzw. noch Schmelze 2 enthaltendem Übergangsbereich 25 bewegt sich dabei unter gerichteter Erstarrung der gesamten Schmelze 2 als Erstarrungsfront entgegengesetzt zur Absenkrichtung 22 in Richtung der freien Schmelzoberfläche. Ein Übergangsbereich 25, in dem neben bereits erstarrtem Metall 24 noch Schmelze 2 vorliegt, kann sich beispielsweise ausbilden, wenn die Zusammensetzung der Legierung nicht einem Eutektikum entspricht. Für den Fall, wie er in Figur 2 dargestellt ist, daß die Schmelzwärme vorwiegend in Richtung durch das bereits erstarrte Gußteil 24 und die, in die Kühlflüssigkeit 6 eintauchende Gießform-Wand 17 abgeführt wird, kann die Erstarrung der Schmelze 2 in der Mitte der Gießform 1 gegenüber der Erstarrung an der Wand 17 der Gießform 1 sogar vorausseilen, so daß sich eine entgegen der Absenkrichtung 22 gewölbte Erstarrungsfront 23 ausbilden kann. Die Kühlflüssigkeit 6, die allmählich unter Ausbildung eines Penetrationsbereiches 26, in dem die Dicke der Gießform-Wand 17 von Kühlflüssigkeit 6 penetriert ist und der in Figur 2 von dem übrigen Bereich der Gießform-Wand 17 durch eine gestrichelte Linie abgegrenzt ist, durch die Gießform-Wand 17 hindurchdringt, erreicht bei den angegebenen Parametern die Gießform-Innenwand 20 erst, nachdem in diesem Bereich der Innenwand die Schmelze 2 bereits erstarrt ist. Dadurch wird vermieden, daß die Kühlflüssigkeit 6, insbesondere das leicht verdampfende Wasser mit der Schmelze 2 reagiert, da andernfalls aufgrund der dann einsetzenden raschen Verdampfung, die Oberfläche des Gußteils 24 durch Blasenbildung zerstört würde. Aufgrund der stetigen Wärmeabfuhr über die Verdampfungswärme des Wasser, wirkt diese bei relativ niedriger Temperatur siedende Flüssigkeit hier quasi als Kühlmittel für die Kühlflüssigkeit 6 und insbesondere für das Wachs, dessen Zersetzung dadurch verhindert wird. Andererseits vermag das Wachs aufgrund seiner hohen Wärmekapazität einen großen Teil der durch die Schmelze 2 in die Kühlflüssigkeit 6 eingebrachten Wärme aufzunehmen und es verhindert gleichzeitig dadurch ein zu rasches Verdampfen des Wassers und ein zu ra-

sches Penetrieren des niedrigviskosen Wassers durch die poröse Gießform-Wand 17. Durch die allmähliche Durchdringung der Gießform-Wand 17 mit Kühlflüssigkeit 6 nimmt die Wärmeableitung durch die Gießform-Wand 17 stetig zu, so daß wiederum sowohl die Erstarrung beschleunigt wird und als auch die gerichtete Form der Erstarrung unterstützt wird.

In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens wurde in dem geschlossenen Behälter 7 eine Kühlflüssigkeit 6 aus 5 kg Abschrecköl (Isorapid 455E) gemischt mit 5 Gew.-% Wasser und 10 kg Abschrecköl (Isorapid 221E), gemischt mit 10 Gew.-% Wasser, eingefüllt und verrührt. Bei einer Temperatur von 20,5°C, die in diesem Fall auch der Arbeitstemperatur der Kühlflüssigkeit 6 beim Eintauchen der Gießform 1 entspricht, hat dieses Öl-Wasser-Gemisch eine Viskosität von ca. 7×10^{-3} Pas. Die Dichte beträgt bei dieser Temperatur ca. 0,89 g/cm³.

In die Kühlflüssigkeit 6 wird mit einer Geschwindigkeit von 50 mm/min eine Gießform 1 eingetaucht, die eine Schmelze 2 einer flüssigen, untereutektischen Aluminium-Silizium-Magnesium-Legierung mit einem Gewicht von 2,6 kg enthält. Das Gewicht der Gießform 1 beträgt 2,8 kg, ihre Porosität etwa 40 Vol.-% und ihre Dicke 15 mm. Beim Eintauchen der Gießform 1 in die Kühlflüssigkeit 6 erstarrt die Schmelze 2 beschleunigt und zwar in einer gerichteten Art und Weise.

Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens sind blasenfreie und lunkerfreie Gußkörper mit einer sehr guten Oberflächenqualität und sehr hohen mechanischen Festigkeiten erreichbar. In den beiden genannten Fällen wurden Zugfestigkeiten um 360 N/mm² mit einer Streckgrenze um 300 N/mm² und einer Dehnung von 11% für die ausgewählten untereutektische Aluminium-Silizium-Magnesium-Legierung ermittelt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines metallischen Gußkörpers nach dem Feingußverfahren, insbesondere eines Gußkörpers aus Aluminium oder aus einer Aluminium-haltigen Legierung, durch Gießen einer Schmelze des Metalls in eine Gießform aus Keramik mit porösen Wänden und Abkühlen und Erstarren der Schmelze unter Verwendung eines Kühlmittels, dadurch gekennzeichnet, daß als Kühlmittel (6) eine die Gießform-Wand (17) allmählich penetrierende Kühlflüssigkeit (6) eingesetzt wird, deren Siedetemperatur niedriger als die Eingießtemperatur der Schmelze ist und in die die Gießform von einem Ende aus beginnend stetig eingetaucht wird, derart, daß die als Grenzfläche

zwischen Schmelze und bereits erstarrtem Metall sich bildende Erstarrungsfront und der Penetrationsbereich, in dem die Gießform-Wand (17) von der Kühlflüssigkeit (6) über ihre Dicke durchdrungen ist, sich im wesentlichen in Richtung der freien Schmelzoberfläche bewegen, und daß die Eintauchgeschwindigkeit der Gießform in die Kühlflüssigkeit, die Dicke und die Porosität der Gießform-Wand (17) sowie die Viskosität und die Dichte der Kühlflüssigkeit (6) so aufeinander abgestimmt sind, daß in Bewegungsrichtung der Erstarrungsfront gesehen, der Penetrationsbereich der Erstarrungsfront nacheilt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Kühlflüssigkeit (6) ein Gemisch aus mehreren Flüssigkeiten eingesetzt wird, deren Siedetemperaturen sich voneinander unterscheiden, mit der Maßgabe, daß die Siedetemperatur der bei niedrigerer Temperatur siedenden Flüssigkeit unterhalb der Temperatur liegt, bei der eine Zersetzung der bei höherer Temperatur siedenden Flüssigkeit bzw. Flüssigkeiten stattfindet.

3. Verfahren Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die bei höherer Temperatur siedende Flüssigkeit eine organische Substanz enthält, deren Schmelztemperatur unterhalb von 100 °C liegt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlflüssigkeit (6) Wachs, Glykol, Ester und/oder Öl enthält.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlflüssigkeit (6) eine bei relativ niedriger Temperatur, vorzugsweise bei nicht mehr als 100 °C, siedende Flüssigkeit mit einem Anteil zwischen 1 Gew.-% bis 50 Gew.-% enthält.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß als bei relativ niedriger Temperatur siedende Flüssigkeit Wasser eingesetzt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Eintauchgeschwindigkeit der Gießform (1) in die Kühlflüssigkeit (6) auf einen Wert zwischen 10 mm/min und 200 mm/min, die Dicke der Gießform-Wand (17) etwa gleichmäßig auf einen Wert zwischen 4 mm und 20 mm und deren Porosität im Bereich zwischen 20 Vol.-% und 65 Vol.-% eingestellt werden, die Viskosität der Kühlflüssigkeit (6) beim Eintauchen der Gießform

(1) zwischen 1×10^{-3} Pas und 1×10^{-2} Pas beträgt und die Dichte der Kühlflüssigkeit (6) auf einen Wert zwischen $0,7 \text{ g/cm}^3$ und $1,5 \text{ g/cm}^3$ eingestellt wird.

5

8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmelze (2) oberhalb des Kühlflüssigkeits-Spiegels (5) beheizt wird.

10

9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlflüssigkeit (6) kontinuierlich und gekühlt zugeführt und kontinuierlich abgeführt wird.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

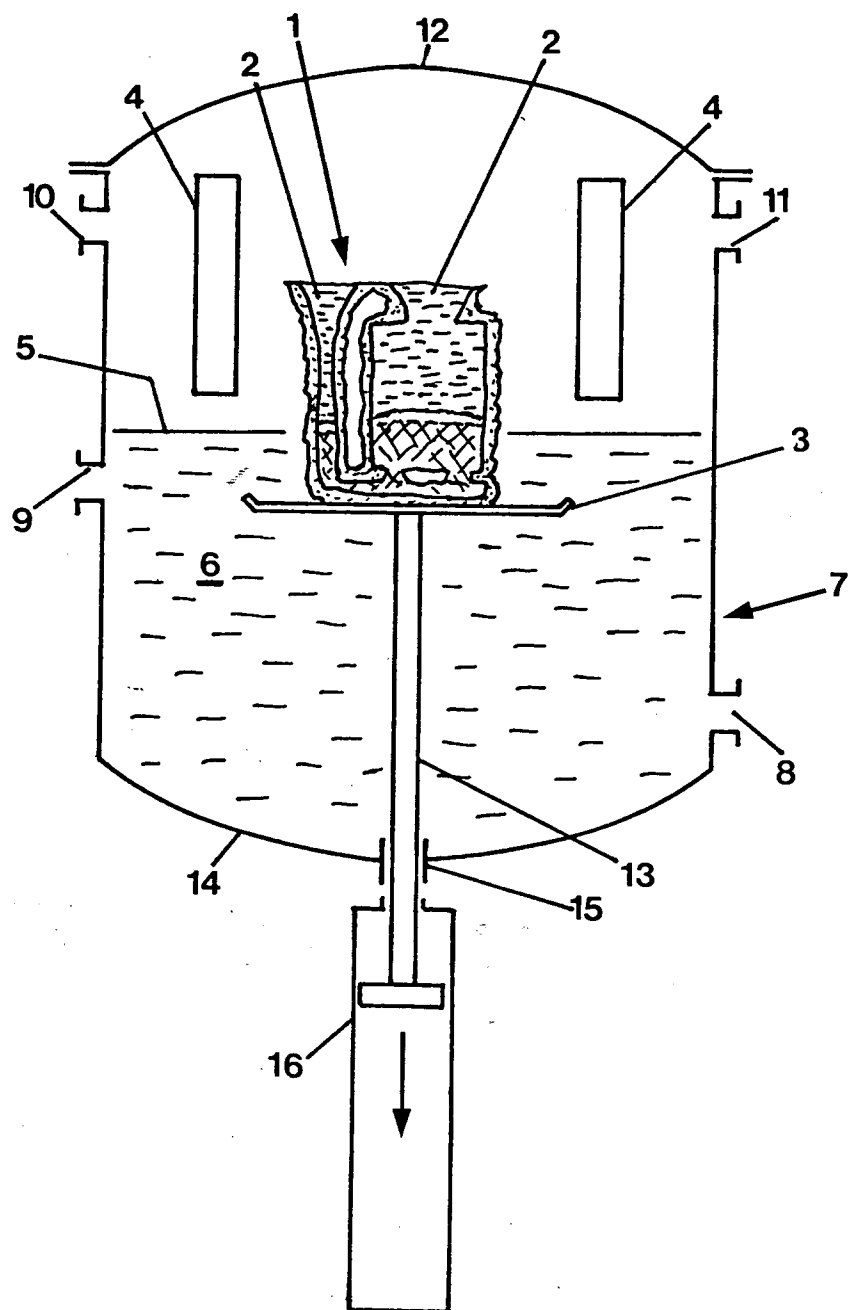


Fig.1

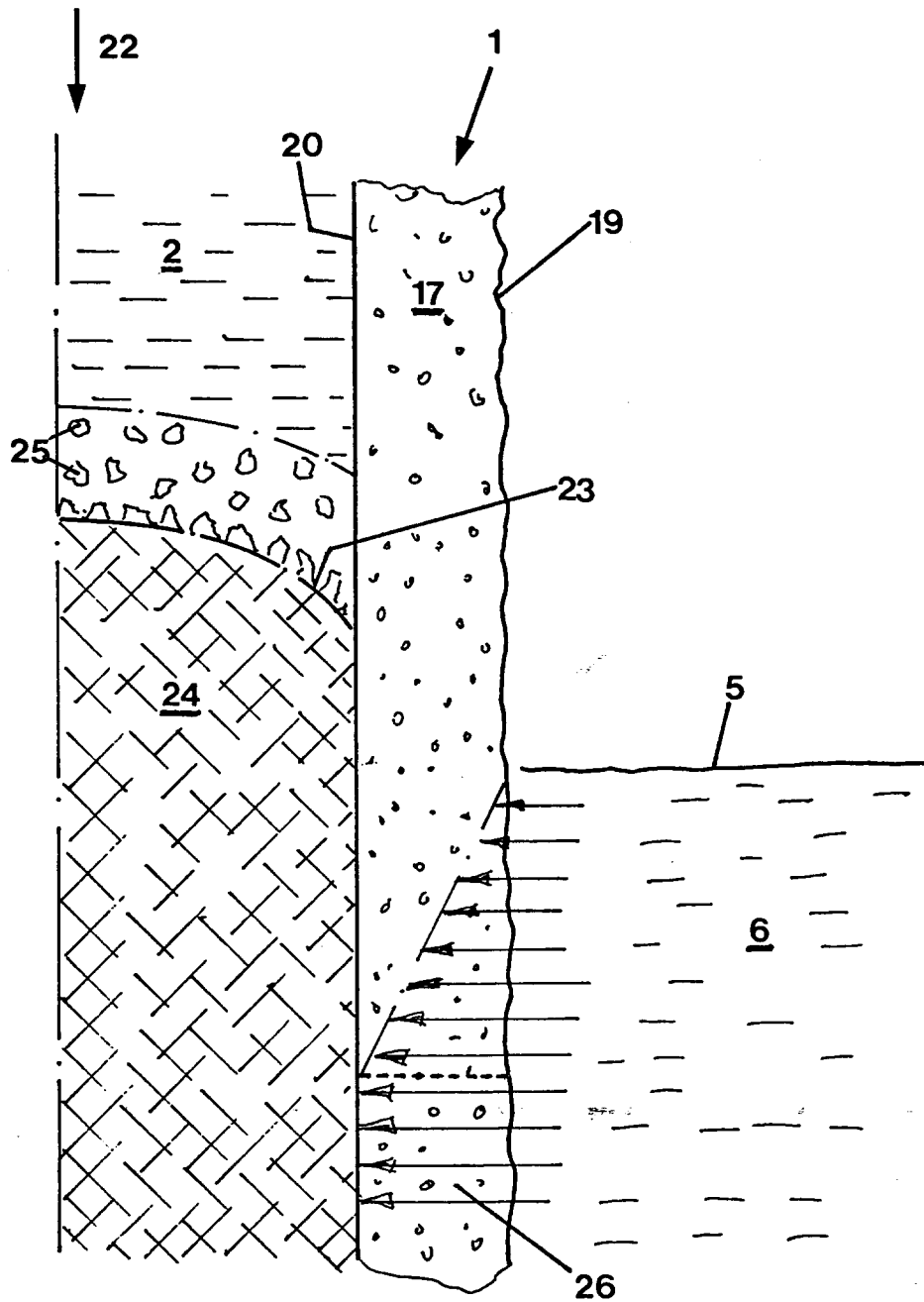


Fig. 2



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 93100390.9

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	
D, A	DE - A - 3 339 118 (SCHATZ) * Fig. 1; Zusammenfassung *	1, 6, 8	
A	DE - B - 2 242 111 (UNITED TECHNOLOGIES) * Fig. 1; Ansprüche 1-8 *	1, 6, 8	
A	WO - A - 91/08 849 (COMALCO) * Fig. 2; Zusammenfassung; Ansprüche 1, 14 *	1, 2, 4	
A	US - A - 4 190 094 (GIAMEI)		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.) B 22 D 7/00 B 22 D 21/00 B 22 D 15/00 B 22 D 25/00 B 22 D 27/00 B 22 C 9/00
Recherchenort WIEN		Abschlußdatum der Recherche 06-08-1993	Prüfer RIEDER
<p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN</p> <p>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</p> <p>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>			