

(19)



(11)

EP 2 844 409 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
07.10.2015 Patentblatt 2015/41

(51) Int Cl.:
B22C 9/10 ^(2006.01) **B22C 9/02** ^(2006.01)
B22D 30/00 ^(2006.01) **B22D 27/04** ^(2006.01)
B22D 29/00 ^(2006.01) **B22C 5/08** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13719081.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2013/058396

(22) Anmeldetag: **23.04.2013**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2013/164225 (07.11.2013 Gazette 2013/45)

(54) **VERFAHREN ZUM GIEßEN EINES MIT MINDESTENS EINER DURCHGANGSÖFFNUNG
VERSEHENEN GUSSTEILS**

METHOD FOR CASTING A CAST PART PROVIDED WITH AT LEAST ONE PASSAGE OPENING
PROCÉDÉ DE COULÉE D'UNE PIÈCE COULÉE MUNIE D'AU MOINS UNE OUVERTURE DE
PASSAGE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **03.05.2012 DE 102012103884**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.03.2015 Patentblatt 2015/11

(73) Patentinhaber: **Fritz Winter Eisengiesserei GmbH
& Co. KG
35260 Stadallendorf (DE)**

(72) Erfinder: **ARNOLD, Klaus
66399 Mandelbachtal (DE)**

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack
Patent- & Rechtsanwälte
Partnerschaftsgesellschaft mbB
Bleichstraße 14
40211 Düsseldorf (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**DE-A1-102008 048 761 DE-A1-102010 003 346
DE-T5-112006 000 627 JP-A- H03 138 068**

EP 2 844 409 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Gießen eines mit mindestens einer Durchgangsöffnung versehenen Gussteils aus einer Metallschmelze. Bei den hier in Rede stehenden Gussteilen handelt es sich typischerweise um Zylinderkurbelgehäuse für Verbrennungsmotoren mit hohen Leistungen, die aus Eisengusswerkstoff gegossen werden.

[0002] Moderne Verbrennungsmotoren werden zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs ständig weiterentwickelt. Eine zentrale Bedeutung hat dabei die Reduzierung des Bauteilvolumens und -gewichts. Diese Entwicklungsrichtung wird in der Fachwelt mit dem Begriff "Downsizing" belegt. Ziel des "Downsizing" ist es beispielsweise, mit kleineren Motorgrößen Leistungen zu erreichen, die bisher größere Bauvolumina erforderten.

[0003] Für ein erfolgreiches Downsizing von Verbrennungsmotoren ist es unter anderem erforderlich, die technologischen Eigenschaften ihrer Einzelteile permanent zu steigern. So konnte mit modernen Motorkonstruktionen die erreichbare Leistung bei gleicher Baugröße mehr als verdreifacht werden.

[0004] Um bei dieser Leistungsdichte eine ausreichende Belastbarkeit von aus Eisenguss bestehenden Zylinderkurbelgehäusen sicherzustellen, wird heute an Stelle von konventionellem Grauguss teilweise Gusseisen mit Vermikulargraphit eingesetzt oder es werden höher legierte Eisengussmaterialien verwendet, um die erforderlichen Festigkeiten zu erreichen.

[0005] Die Gussteile der voranstehend beschriebenen Art werden üblicherweise in Gießformen abgegossen, die aus mehreren Formteilen und Gießkernen zusammengesetzt sind. Während die Formteile in der Regel die äußere Form des Gussteils bestimmen, werden die Gießkerne in die Gießform eingesetzt, um Ausnehmungen, Höhlungen, Durchgangsöffnungen und dergleichen am herzustellenden Gussteil abzubilden.

[0006] Abhängig von ihrer Lage im oder am Gussteil und der Entformbarkeit nach dem Erstarren des Gussteils sind die Formteile und Gießkerne als Dauerformteile und Dauergießkerne oder als verlorene Formteile und Gießkerne ausgelegt. Während Dauerformteile und -gießkerne aus Materialien bestehen, die den beim Gießen auftretenden Belastungen standhalten, und daher für eine Vielzahl von Gießvorgängen wiederholt eingesetzt werden können, bestehen verlorene Formteile und Gießkerne üblicherweise aus Formstoffen, die durch Kraft- oder Temperatureinwirkung problemlos zerstört werden können. Besteht eine Gießform vollständig oder zumindest zum wesentlichen Teil aus verlorenen Formteilen und Gießkernen, spricht man üblicherweise von einer verlorenen Form, wogegen Gießformen, die zum überwiegenden Teil aus Dauerformteilen bestehen, auch dann als Dauergießformen bezeichnet werden, wenn in sie verlorene Gießkerne eingesetzt sind. Im Bereich des Eisengusses werden typischerweise verlorene Formen eingesetzt, während im Bereich des Leichtmetallgusses

häufig Dauergießformen oder Kombinationen aus Dauergießformteilen und verlorenen Formteilen zum Einsatz kommen.

[0007] Typischerweise handelt es sich bei den Formstoffen, aus denen die verlorenen Formteile und Gießkerne bestehen, um mit einem geeigneten Binder vermischte Sande, die bei Herstellung der jeweiligen Formteile oder Gießkerne durch eine chemische Reaktion soweit verfestigt werden, dass sie bis zum Erstarren der in die Gießform eingegossenen Schmelze eine ausreichende Formhaltigkeit besitzen. Die Bestandteile des Formstoffs können dabei so aufeinander abgestimmt sein, dass der jeweilige Gießkern oder das jeweilige Formteil bereits im Zuge der Abkühlung des Gussteils in Folge der dabei auftretenden Spannungen selbsttätig zerbrechen. Alternativ oder zusätzlich kann der Zerfall der verlorenen Formteile und Gießkerne durch das Aufbringen mechanisch wirkender Kräfte bewirkt werden. So können beispielsweise Gießkerne durch Rütteln des jeweiligen Gussteils zu so kleinen Teilen zerstört werden, dass ihr Formstoff selbsttätig aus dem Gussteil herausrieselt, oder die Zerstörung der Gießkerne durch Aufbohren, Ausdrücken oder Ausspülen beschleunigt wird. Voraussetzung dazu ist jedoch jeweils, dass das Gussteil im Wesentlichen vollständig abgekühlt ist, damit die bei der mechanischen oder thermischen Zerstörung der verlorenen Gießkerne und Formteile auftretenden Belastungen zu keiner Beschädigung des Gussteils führen.

[0008] Der Vorgang des Abkühlens des Gussteils hat entscheidenden Einfluss auf seine mechanischen Eigenschaften. Probleme können bei der Abkühlung eines Gussteils dadurch auftreten, dass das Gussteil in Folge von ungleichförmiger Materialverteilung oder ungleichförmiger Wärmeabfuhr bereichsweise unterschiedlich schnell abkühlt. In Folge einer solchen ungleichförmigen Abkühlung kann es zu Eigenspannungen des Gussteils kommen, die zu einer drastischen Verschlechterung seiner mechanischen Belastbarkeit führen können.

[0009] Um die Entstehung solcher Spannungen zu minimieren, wird beim Gießen von Gussteilen mit stark variierenden Waddicken die Abkühlung von der Gießtemperatur bis zu einer in der Regel unter 600 °C liegenden Temperatur gezielt langsam durchgeführt. Hierzu sind die in der Praxis eingesetzten Gießanlagen mit Kühlstrecken einer bestimmten Länge ausgestattet, wobei diese Kühlstrecken zusätzlich so genannte "Kühlbahnhöfe" umfassen können, an denen die Gießformen mit den in ihnen abzukühlenden Gussteilen über eine bestimmte Dauer verweilen können, um die Abkühlung weiter zu verzögern. Stehen keine Mittel zur Verfügung, um eine ausreichend langsame Abkühlung zu garantieren, oder sind selbst nach einer derart langsamen Abkühlung noch zu hohe Eigenspannungen am Gussteil vorhanden, müssen die Gussteile einer zusätzlichen Glühung unterzogen werden, um die betreffenden Spannungen abzubauen.

[0010] Als alternative Möglichkeit, die Zugspannungen im inneren Bereich eines Zylinderkurbelgehäuses zu mi-

nimieren, ist in der DE 10 2008 048 761 A1 vorgeschlagen worden, die Gusschmelze nach dem Abgießen in die Gießform gerichtet in der Weise abzukühlen, dass die Erstarrung der Schmelze zuerst im Inneren des Gusskörpers herbeigeführt wird oder die Erstarrung von einem Bereich des Gusskörpers gerichtet zu einem Speiser erfolgt. Dies soll dadurch erreicht werden können, dass die Erstarrung des jeweiligen Gussteils mittels unterschiedlicher Kühlleistung von zumindest zwei unabhängigen, an der jeweiligen Gießform vorgesehenen Kühlkreisläufen beeinflusst wird. Dies lässt sich allerdings nur dann bewerkstelligen, wenn die jeweilige Gießform zumindest in den Bereichen, in denen die Kühlleistung gezielt aufgebracht werden soll, als Dauergießform ausgelegt ist. So sind für die Abformung der Zylinderöffnungen des jeweiligen Zylinderkurbelgehäuses speziell geformte Pinolen vorgesehen, die nach dem Erstarren zerstörungsfrei aus dem Gussteil gezogen werden. Dabei erweist es sich für das Entfernen der Pinolen nach der Erstarrung als vorteilhaft, wenn mit der Kühlung des Rands der Zylinderöffnungen zu einem anderen Zeitpunkt begonnen wird als mit der Kühlung der Zylinderfläche und die Kühlung des Zylinderrands mit einer anderen Intensität durchgeführt wird als die Kühlung der Zylinderfläche. Auf diese Weise soll die Erstarrung des gegossenen Zylinderkurbelgehäuses im Bereich der Zylinderöffnungen so vorgenommen werden können, dass das Zylinderkurbelgehäuse zu einem Zeitpunkt ausgeformt werden kann, zu dem es zwar erstarrt ist, aber noch eine hohe Temperatur aufweist.

[0011] Eine andere Möglichkeit einer gezielten beschleunigten Abkühlung von Gussteilbereichen, die im Innern des jeweiligen Bauteils angeordnet sind, ist in der DE 11 2006 000 627 T5 beschrieben. Die aus dieser Veröffentlichung bekannte Sandgussform für die Herstellung eines Gussteils aus einer Aluminiumlegierung umfasst einen Abschnitt, der mittels eines Lösungsmittels, insbesondere Wasser, löslichen Binders hergestellt ist, und einen weiteren Abschnitt, der mittels eines Binders hergestellt ist, der mit dem betreffenden Lösungsmittel nicht gelöst werden kann. Diese Aufteilung der Abschnitte der Sandform erlaubt es, den jeweils basierend auf dem löslichen Binder hergestellten Kern durch Beaufschlagung mit dem Lösungsmittel, also beispielsweise durch Beaufschlagung durch einen Wasserstrahl, zu beseitigen, so dass die der Wirkung des Lösungsmittels ausgesetzten inneren Bereiche des Gussteils schneller abkühlen als der Rest des Gussteils. Jedoch bezieht sich diese Lösung nur auf Kavitäten, die im Gussteil vorhanden sind, und setzt eine komplexe Gestaltung der Sandform aus unterschiedlichen Formstoffen voraus.

[0012] Einen anderen für einen speziellen Anwendungsfall bestimmten und für den Leichtmetallguss geeigneten Vorschlag zur beschleunigten Abkühlung der eine Durchgangsöffnung umgebenden Bereiche eines Gussteils ist in der DE 10 2010 003 346 A1 gemacht worden. Bei dem dort beschriebenen Verfahren zum Gießen eines Kolbens für einen Verbrennungsmotor werden

nach der Randschichterstarrung im Bereich der Kolbenbolzenbohrungen die zum Abformen dieser Bohrungen vorgesehenen Pinolen zurückgezogen und der Bereich der jeweiligen Bohrung durch ein Kühlmittel gekühlt, das durch mindestens eine der Pinolen zugeführt wird.

[0013] Dokument JPH03138068 A beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines Zylinderblocks, bei dem Kühlgas durch eine Entlüftungsöffnung von unten in den noch in der Zylinderbüchse vorhandenen Sandkern eingeblasen wird, sobald die Temperatur der Zylinderbüchse die A1-Umwandlungspunkt erreicht hat.

[0014] Vor dem Hintergrund des voranstehend erläuterten Standes der Technik bestand die Aufgabe der Erfindung darin, ein Verfahren anzugeben, welches es mit geringem apparativem Aufwand ermöglicht, Durchgangsöffnungen aufweisende Gussteile mit optimierten mechanischen Eigenschaften herzustellen.

[0015] Erfindungsgemäß ist diese Aufgabe durch das in Anspruch 1 angegebene Verfahren gelöst worden.

[0016] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben und werden nachfolgend wie der allgemeine Erfindungsgedanke im Einzelnen erläutert.

[0017] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Gießen eines mit mindestens einer Durchgangsöffnung versehenen Gussteils aus einer Metallschmelze umfasst demnach folgende Arbeitsschritte:

a) Bereitstellen einer Gießform, in der mindestens ein Gießkern zum Abbilden der Durchgangsöffnung vorhanden ist, wobei der Gießkern aus einem einen Binder umfassenden Formstoff besteht, der unter Kraft- oder Temperatureinwirkung zerfällt,

b) Abgießen der Metallschmelze in die Gießform zu dem Gussteil,

c) Abkühlen des Gussteils in der Gießform auf eine Temperatur, die unterhalb der Liquidus-Temperatur der Metallschmelze, jedoch oberhalb einer Mindesttemperatur liegt, bis zu der es bei einer beschleunigten Abkühlung zur Ausbildung von höherfestem Gefüge kommt,

d) Herstellen eines durch die Durchgangsöffnung des Gussteils führenden Durchgangskanals, der jeweils an einer Außenseite der Gießform mündet, indem der Binder des Formstoffs, aus dem der die Durchgangsöffnung abbildende Gießkern durch die beim Eingießen der Metallschmelze in die Gießform in sie eingetragene Wärme verbrennt, oder indem zur Herstellung des Durchgangskanals der die jeweilige Durchgangsöffnung abbildende Gießkern und die in seiner Verlängerung angeordneten Bereiche der Gießform zumindest teilweise mechanisch zerstört werden,

e) Abkühlen des Gussteils in der Gießform unter

Durchströmung des Durchgangskanals mit einem Kühlmedium.

[0018] Der Erfindung liegt der Gedanke zu Grunde, schon während der auf das Abgießen der Metallschmelze folgenden Abkühlung des Gussteils durch einen Eingriff in die Gießform einen Zustand herzustellen, durch den das Gussteil in einem innenliegenden Bereich, der für seine zukünftige Belastbarkeit entscheidend ist, mit einer Geschwindigkeit abkühlt, die deutlich höher ist als die Geschwindigkeit, mit der das Gussteil in diesem Bereich abkühlen würde, wenn die Gießform in konventioneller Weise bis zur Abkühlung auf Raumtemperatur in dem Zustand verbliebe, in dem der Abguss vorgenommen worden ist.

[0019] Hierzu wird erfindungsgemäß zu einem Zeitpunkt, an dem das Gussteil zwar noch nicht vollkommen abgekühlt, jedoch bereits formfest geworden ist, in die Gießform ein die Gießform durchziehender, durch die mindestens eine Durchgangsöffnung des Gussteils führender Durchgangskanal eingebracht.

[0020] Durch diesen Durchgangskanal strömt anschließend ein Kühlmedium. Die Durchströmung mit dem Kühlmedium bewirkt, dass das die Durchgangsöffnung umgebende Material des Gussteils deutlich schneller abkühlt als dies der Fall wäre, wenn die Gießform in konventioneller Weise verschlossen bliebe, bis das Gussteil die vorgeschriebene Endtemperatur der Abkühlung erreicht hat. Abhängig vom jeweils verwendeten Kühlmedium, vom Durchsatz an Kühlmedium, von der Art und Weise, wie der erfindungsgemäß in die Gießform eingebrachte Kanal ausgebildet und geführt ist, können dabei Abkühlraten erreicht werden, die höher sind als die Abkühlraten, die an der Außenseite der Gussform erzielt werden.

[0021] Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann so der Temperaturgradient zwischen Innen- und Außenbereichen drastisch reduziert werden und gleichzeitig die Abkühlrate des Gussteils allgemein vergrößert werden. Auf diese Weise werden einerseits thermisch bedingte Spannungen im Gussteil auf ein Minimum reduziert. Andererseits werden bei den in erfindungsgemäßer Weise hergestellten Gussteilen Festigkeiten erreicht, die deutlich über den Festigkeiten liegen, die in konventioneller Weise gegossene und in der Gießform ohne zusätzliche Maßnahmen abgekühlte Gussteile aufweisen.

[0022] Besonders effektiv erweist sich das erfindungsgemäße Verfahren bei der Erzeugung von Gussteilen aus einer Eisengusschmelze. In diesem Fall wird die Mindesttemperatur, auf die das Gussteil bis zur Herstellung des erfindungsgemäß in die Gießform einzubringenden Durchgangskanals maximal abgekühlt wird (Arbeitsschritt c)), so eingestellt, dass sie oberhalb der A₁-Temperatur liegt, bei der es zur Umwandlung des Austenits kommt. Durch die erfindungsgemäß ermöglichte beschleunigte Abkühlung im Innern des Gussteils lässt sich auf diese Weise ein höherer Anteil an Härtegefüge erzeugen, das zu einer deutlichen Festigkeits-

steigerung beiträgt. Bei insbesondere im Bereich des Gusses von Zylinderkurbelgehäusen verwendeten Eisengusslegierungen liegt die Mindesttemperatur, die bei der Abkühlung im Arbeitsschritt c) nicht unterschritten wird, typischerweise im Bereich von 1153 - 600 °C.

[0023] Bei dem Kühlmedium kann es sich beispielsweise um Luft oder ein anderes gasförmiges Medium handeln. Beispielsweise ist es in Fällen, in denen eine bestimmte erhöhte Mindestabkühlrate gefordert wird, denkbar, Wasserdampf oder ein Luft-Wasserdampf-Gemisch als Kühlmedium zu verwenden.

[0024] Die Durchströmung des Durchgangskanals mit einem in der Umgebung der erfindungsgemäß behandelten Gießform anstehenden gasförmigen Kühlmedium setzt bereits in Folge des Kamineffekts ein, der durch die Abgabe von Wärmeenergie des Gussteils an das in den Durchgangskanal jeweils eintretende gasförmige Kühlmedium in Folge von Konvektion eintritt. Gefördert werden kann dieser Effekt dadurch, dass das Gussteil mit der Gießform so ausgerichtet oder der in die Gießform eingebrachte Durchgangskanal so ausgeführt wird, dass die Hauptrichtung des Durchgangskanals vertikal ausgerichtet ist. In diesem Fall kann die im Durchgangskanal vorhandene oder in ihn jeweils nachströmende und erwärmte Luft ungehindert im Durchgangskanal aufsteigen.

[0025] Sind höhere Durchströmungsraten erforderlich, kann das Kühlmedium auch in einer erzwungenen Strömung durch den Durchgangskanal geleitet werden. Hierzu kann die Strömung des Kühlmediums mittels einer Förderreinrichtung, bei der es sich beispielsweise um einen Ventilator oder eine Pumpe handeln kann, erzwungen werden. Die betreffende Förderreinrichtung kann dazu beispielsweise vor einer der an einer der äußeren Seitenflächen angeordneten Mündungen des Durchgangskanals positioniert oder erforderlichenfalls nach dem Einbringen des Durchgangskanals in ihn eingeschoben werden.

[0026] Selbstverständlich lässt sich die erfindungsgemäße Vorgehensweise auch bei Gussteilen anwenden, die mehrere Durchgangsöffnungen aufweisen. In diesem Fall wird erforderlichenfalls im Bereich jeder der Durchgangsöffnungen ein Durchgangskanal erzeugt, der anschließend vom Kühlmedium durchströmt wird, um die erfindungsgemäß beschleunigte Kühlung in der jeweiligen Durchgangsöffnung zu bewirken.

[0027] Besonders große Erfolge lassen sich mit der erfindungsgemäßen Vorgehensweise erzielen, wenn es sich bei dem erfindungsgemäß behandelten Gussteil um ein Zylinderkurbelgehäuse für einen Verbrennungsmotor handelt und die Durchgangsöffnung mindestens eine in dem Zylinderkurbelgehäuse vorgesehene Zylinderöffnung ist. In diesem Fall werden beispielsweise vor der vollständigen Abkühlung des Gussteils die die jeweiligen Zylinderöffnungen abbildenden Gießkerne vollständig sowie der den Kurbelraum abbildende Gießkern und die Teile der Gießform, die in Verlängerung der Zylinderöffnung angeordnet sind, zumindest soweit entfernt, dass

Luft oder ein anderes gasförmiges Abkühlmedium durch die Zylinderöffnung strömen kann, während die anderen Teile des Gussteils noch von der Gießform umgeben sind. Dadurch, dass durch die Erfindung eine beschleunigte Abkühlung im Innern des Gussteils ermöglicht wird, werden allgemein höhere Festigkeiten erreicht als dies bei konventionellen Gießverfahren möglich ist, bei denen die Gussteile in der geschlossenen Form alleine aufgrund der über die Außenseiten der Gießform erfolgende Wärmeabfuhr abkühlen. Dabei ist es denkbar, durch eine lokal beschleunigte Abkühlung im unmittelbar an die jeweilige Zylinderöffnung angrenzenden Bereich gezielt eine höhere Festigkeit zu erreichen als im weiter entfernt liegenden, umgebenden Bereich des Zylinderkurbelgehäuses, das dort langsamer abkühlt als im erfindungsgemäßer Weise vom Kühlmedium direkt überstrichenen Bereich und so seine hohe Zähigkeit beibehält.

[0028] Besonders einfach und gleichzeitig kostengünstig und flexibel lässt sich die erfindungsgemäße Vorgehensweise in der Praxis dadurch realisieren, dass die Gießform vollständig oder zumindest im Bereich der Durchgangsöffnung als Kernpaket ausgebildet ist, dessen Formteile und Gießkerne, die im Bereich der Durchgangsöffnung und der Verlängerung des die Durchgangsöffnung abbildenden Gießkerns angeordnet sind, aus einem Formstoff bestehen, der unter Kraft- oder Temperatureinwirkung zerfällt.

[0029] Als unter den praktischen Produktionsbedingungen besonders günstig hat es sich dabei erwiesen, wenn bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens vollständig auf eine formkastengebundene Gießtechnik verzichtet wird und die Gießform insgesamt als Kernpaket ausgeführt wird.

[0030] Da die Gießform erfindungsgemäß zumindest im Bereich der mit dem Durchgangskanal zu versehenen Durchgangsöffnung des Gussteils aus verlorenen Gießkernen oder Formteilen besteht, sind die betreffenden Gießkerne und Formteile aus konventionellen Formstoffen hergestellt, die, wie eingangs erläutert, üblicherweise aus einem Sand, einem organischen oder anorganischen Binder bestehen, wobei dem Formstoff selbstverständlich ergänzend bestimmte Additive zugesetzt sein können, um seine Eigenschaften zu optimieren. Der Binder des Formstoffs kann dabei in an sich bekannter Weise so ausgelegt sein, dass der die Formhaltigkeit der Formteile und Gießkerne gewährleistende Binder durch die beim Eingießen der Metallschmelze in die Gießform in sie eingetragene Wärme verbrennt. In diesem Fall zerfallen die betroffenen Gießkerne und Formteile selbsttätig zu kleinen Teilstücken, die anschließend ebenso selbsttätig unter Freilegung des Durchgangskanals aus der Gießform bzw. dem Gussteil rieseln.

[0031] Alternativ oder ergänzend kann es insbesondere im Hinblick auf eine Steigerung der Effektivität und Zielgerichtetheit des erfindungsgemäßen Verfahrens auch vorteilhaft sein, die für die Bildung des Durchgangskanals der Gießform erforderliche Zerstörung der dem betreffenden Durchgangskanal zugeordneten Formteile

und Gießkerne gezielt durch eine mechanische Bearbeitung herbeizuführen. Hierzu können die der jeweiligen Durchgangsöffnung des Gussteils zugeordneten Gießkerne oder Formteile beispielsweise mittels eines Stempels ausgedrückt oder der Durchgangskanal kann mittels eines Bohrers in die Gießform eingebracht werden.

[0032] Um eine möglichst intensive, schnelle Abkühlung des die jeweilige Durchgangsöffnung umgebenden Materialbereichs des Gussteils zu ermöglichen, werden bei der Herstellung des Durchgangskanals der mindestens eine die Durchgangsöffnung abbildende Gießkern und die in seiner Verlängerung angeordneten Bereiche der Gießform in der Praxis regelmäßig vollständig entfernt werden.

[0033] Soll jedoch im Bereich der jeweiligen Durchgangsöffnung des Gussteils zwar eine beschleunigte Abkühlung bewirkt werden, dabei das Kühlmedium aber die die jeweilige Durchgangsöffnung begrenzenden Flächen des Gussteils nicht direkt überstreichen, so kann insbesondere mittels mechanischer Bearbeitung der Durchgangskanal so durch die jeweilige Durchgangsöffnung des Gussteils geführt werden, dass der die Durchgangsöffnung des Gussteils bildende Gießkern nur teilweise entfernt wird. Zwischen dem Durchgangskanal und der Innenfläche der Durchgangsöffnung bleibt dann noch Sand des Gießkerns vorhanden, der nach wie vor eine gewisse isolierende Wirkung hat. Dementsprechend erfolgt die Abkühlung des an die Durchgangsöffnung angrenzenden Bereichs abhängig von der Dicke des verbliebenen Gießkernmaterials nicht so schnell, wie dies bei einer vollständigen Entfernung des die Durchgangsöffnung abbildenden Gießkerns und einer direkten Überstreichung der Innenflächen der Durchgangsöffnung mit dem Kühlmedium der Fall wäre.

[0034] Die Wirtschaftlichkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens kann dadurch noch weiter gesteigert werden, dass die Gießform mindestens zwei Formholräume zum gleichzeitigen Gießen von mindestens zwei Gussteilen aufweist und die Metallschmelze über einen gemeinsamen Eingusskanal in die Formholräume der Gießform geleitet wird.

[0035] Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung näher erläutert. Es zeigen jeweils vereinfacht, schematisch und nicht maßstabsgerecht:

Fig. 1 eine Vorrichtung zum Gießen von zwei Gussteilen im Längsschnitt;

Fig. 2 die Vorrichtung gemäß Fig. 1 während des Abgießens einer Eisengussschmelze in einer der Fig. 1 entsprechenden Schnittansicht;

Fig. 3 die Vorrichtung gemäß Fig. 1 nach dem Erstarren der Eisengussschmelze in einer der Fig. 1 entsprechenden Schnittansicht;

Fig. 4 die Vorrichtung gemäß Fig. 1 während des Einbringens von Durchgangskanälen in einer der Fig. 1 entsprechenden Schnittansicht;

Fig. 5 die Vorrichtung gemäß Fig. 1 während des Durchströmens der Durchgangskanäle mit einem Kühlmedium in einer der Fig. 1 entsprechenden Schnittansicht.

[0036] Die Vorrichtung 1 zum simultanen Gießen von zwei Gussteilen Z1,Z2 umfasst eine Gießform 2, die auf einem Gestell 3 abgestützt ist. Bei den Gussteilen Z1,Z2 handelt es sich um konventionell gestaltete Zylinderkurbelgehäuse, die jeweils für den Bau jeweils eines Reihen-Vierzylinder-Verbrennungsmotors bestimmt sind.

[0037] Die Gießform 2 ist als Kernpaket aus äußeren Formteilen 4,5,6,7 und im Inneren der Gießform 2 angeordneten Gießkernen 8 - 19 zusammengesetzt. Während die äußeren Formteile 4 - 7 die äußere Form der zu gießenden Gussteile Z1,Z2 bestimmen, bilden die Gießkerne 8,9 die innere Form der Kurbelgehäuse K1,K2 mit den Kurbelwellenlagern L1,L2 und die Gießkerne 10 - 17 die als Durchgangsöffnung 01,02 ausgebildeten Zylinderöffnungen der Gussteile Z1,Z2 ab. Die jeweils seitlich angeordneten Gießformteile 5,7 formen dabei jeweils die eine Stirnseite des jeweiligen Gussteils Z1,Z2, während die gegenüberliegend zum jeweils zugeordneten äußeren Formteil 5,7 angeordneten jeweiligen Gießkerne 18 die hier im Innern der Gießform 2 angeordnete Stirnseite des jeweiligen Gussteils Z1,Z2 abbilden. Die weiteren Gießkerne 19 dienen beispielsweise zur Erzeugung von Wasser- oder Ölkälen in den Gussteilen Z1,Z2. Die Gießform 2 ist dabei so ausgerichtet, dass die Hauptrichtung H der Durchgangsöffnungen 01,02 in vertikaler Richtung V ausgerichtet sind.

[0038] Die bei ungefüllter Gießform 2 von den Formteilen 4 - 7 und Gießkernen 8 - 19 umgrenzten Formhohlräume 20,21 der Gießform 2 sind über hier weiter nicht gezeigte Anschnitte mit einem gemeinsamen, zentral in der Gießform 2 angeordneten und vertikal ausgerichteten Anschnitt 22 verbunden. Der zentrale Anschnitt 22 ist wiederum an einen ebenso zentral an der Oberseite der Gießform 2 ausgebildeten Eingusskanal 23 angeschlossen, über den die Befüllung der Gießform 2 mit Eisengusschmelze S erfolgt. Der Anschnitt 22 und die anderen hier nicht gezeigten Anschnitte der Gießform 2 sind dabei so gelegt, dass die Befüllung der Formhohlräume 20,21 entgegen der Wirkrichtung R der Schwerkraft erfolgt.

[0039] Die Gießform 2 sitzt auf einem von Stützen 24 getragenen Gitterrost 25 des Gestells 3.

[0040] Die äußeren Formteile 4,5,6,7 und Gießkerne 8 - 19 sind aus einem handelsüblichen, aus einem anorganischen Binder und einem Sand gemischten Formstoff geformt, der durch Wärmezufuhr und Feuchtigkeitsentzug soweit verfestigt ist, dass er für den Halt der Gießform 2 und die während des Abgießvorgangs auftretenden Kräfte ausreichende Formhaltigkeit besitzt. Durch die mit

dem Eingießen der Eisengusschmelze S einhergehende Temperaturerhöhung setzt jedoch bereits ein Zerfall insbesondere derjenigen Formteile 4,5,6,7 und Gießkerne 8 - 19 ein, die unmittelbar der Gießhitze der Eisengusschmelze S ausgesetzt sind.

[0041] Nach dem Befüllen der Gießform 2 mit der Eisengusschmelze S (Fig. 2) kühlen die Gussteile Z1,Z2 auf eine im Bereich von 850 - 650 °C liegende Mindesttemperatur ab, bei der einerseits das Eisengussmaterial erstarrt, andererseits jedoch die Temperatur der Gussteile Z1,Z2 noch so hoch ist, dass durch eine beschleunigte Abkühlung Härtegefüge erzeugt werden kann. Optimalerweise liegt dabei die Temperatur so hoch, dass das Gefüge der Gussteile Z1,Z2 noch vollständig austenitisch ist.

[0042] Ist dieser Zustand erreicht (Fig. 3), werden Durchgangskanäle G1,G2 in die Gießform 2 eingebracht (Fig. 4), von denen jeweils einer der Durchgangsöffnungen 01,02 des Gussteils Z1,Z2 zugeordnet ist. Dazu werden mit Hilfe von Ausstoßern 26,27, von denen ebenfalls jeweils einer der Durchgangsöffnungen 01,02 der Gussteile Z1,Z2 zugeordnet ist, die zu diesem Zeitpunkt bereits teilweise zu kleineren Bruchstücken zerfallenen, die Durchgangsöffnungen 01,02 der Gussteile Z1,Z2 abbildenden Gießkerne 10 - 17 sowie die in ihrer gedachten Verlängerung V1,V2 darüber liegenden Abschnitte des den Deckel der Gießform 2 bildenden äußeren Formteils 4 und die in ihrer gedachten Verlängerung V1,V2 darunter liegenden, die Kurbelgehäuse K1,K2 mit den Kurbelwellenlagern L1,L2 abbildenden Gießkerne 8,9 sowie die ebenfalls in der Verlängerung V1,V2 unterhalb der Gießkerne 8,9 liegenden Abschnitte des den Boden der Gießform 2 bildenden unteren Formteils 6 aus der Gießform 2 gestoßen. Die so gebildeten, durch die Durchgangsöffnungen 01,02 führenden Durchgangskanäle G1,G2 münden dementsprechend mit ihrem oberen Ende jeweils an der oberen, durch die obere Außenfläche des Deckel-Formteils 4 gebildeten Außenseite und mit ihrem unteren Ende an der unteren, durch die untere Außenfläche des Boden-Formteils 6 gebildeten Außenseite der Gießform 2.

[0043] Die ausgestoßenen Formteil-Abschnitte und Gießkerne-Bruchstücke zerfallen dabei zu rieselfähigem, kleinteiligen Material M, das durch das Gestell-Rost fällt und sich am Boden unterhalb der Gießform 2 sammelt. Das Ausrieseln des Formstoff-Materials M aus der Gießform 2 kann erforderlichenfalls in an sich bekannter Weise durch Rütteln, Klopfen oder andere mechanische Behandlungen unterstützt werden. Das von der Gießform 2 herab fallende Material M kann durch eine hier nicht gezeigte Fördereinrichtung abtransportiert werden.

[0044] Nachdem die Durchgangskanäle G1,G2 freigelegt sind und so eine Durchströmung der Gussteile Z1-Z2 in vertikaler Richtung V ermöglicht ist, wird unterhalb der Gießform 2 eine Düseneinrichtung 28 platziert, über die ein mittels eines hier nicht dargestellten Ventilators beschleunigter Kühlmediumstrom M1,M2 von unten her

in vertikaler Richtung R in die Gießform 2 geblasen wird (Fig. 5). Beim hier erläuterten Ausführungsbeispiel handelt es sich bei dem Kühlmedium um Luft.

[0045] Der jeweilige Kühlmediumstrom M1,M2 strömt durch die durch die Durchgangsöffnungen 01,02 der Gussteile Z1,Z2 führenden Durchgangskanäle G1-G2 und bewirkt eine beschleunigte Abkühlung der von ihm überstrichenen Wandabschnitte der Gussteile Z1,Z2. So entsteht insbesondere im Bereich der Durchgangsöffnungen 01,02, der Kurbelwellenlager L1,L2 und der die Kurbelwellenlager L1,L2 jeweils stützenden Zuganker A1,A2 ein durch feinstreifigen Perlit bei gleichzeitig feiner Körnung gekennzeichnetes Gefüge, das eine höhere Festigkeit aufweist, als die Festigkeit, die bei Gussteilen erreicht wird, die in konventioneller Weise in einer geschlossenen Gießform alleine durch natürlichen Wärmeverlust über deren Außenformteile abkühlen. Dementsprechend ist der Temperaturunterschied zwischen den im Innern der Gussteile Z1,Z2 angeordneten, an die Durchgangsöffnungen 01,02, an die Kurbelwellenlager L1,L2 und an die die Kurbelwellenlager L1,L2 jeweils stützenden Zuganker A1,A2 angrenzenden Bereiche und den weiter entfernt liegenden, äußeren Bereichen der Gussteile Z1,Z2 minimiert, die aufgrund der dort gegebenen geringeren Wandstärken mit vergleichbaren Abkühlraten abkühlen.

[0046] Insgesamt wird auf diese Weise erreicht, dass die Temperaturgradienten zwischen dem Außen- und dem Innenbereich der Gussteile Z1,Z2 klein bleibt. Der geringe Temperaturgradient reduziert die Zugeigen-
spannungen im Innenbereich. Gleichzeitig bewirkt die höhere Abkühlrate eine höhere Zugfestigkeit des Eisengusswerkstoffs, so dass durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise im Ergebnis bei den Gussteilen Z1,Z2 Belastbarkeiten erreicht werden, die um 50 % höher sind als die Belastbarkeit von konventionell erzeugten, langsam in der Gießform abgekühlten Zylinderkurbelgehäusen.

BEZUGSZEICHEN

[0047]

- | | | |
|-------|---|----|
| 1 | Vorrichtung zum simultanen Gießen von zwei Gussteilen Z1,Z2 | 45 |
| 2 | Gießform | |
| 3 | Gestell | |
| 4-7 | äußere Formteile der Gießform 2 | |
| 8-19 | Gießkerne | |
| 20,21 | Formhohlräume der Gießform 2 | 50 |
| 22 | zentraler Anschnitt der Gießform 2 | |
| 23 | Eingusskanal der Gießform 2 | |
| 24 | Stützen des Gestells 3 | |
| 25 | Gitterrost des Gestells 3 | |
| 26,27 | Ausstoßer | 55 |
| 28 | Düseneinrichtung | |
| A1,A2 | Zuganker der Gussteile Z1,Z2 | |
| G1-G2 | Durchgangskanäle der Gießform 2 | |

- | | |
|-------|--|
| H | Haupttrichtung der Durchgangsöffnungen 01,02 |
| K1,K2 | Kurbelgehäuse der Gussteile Z1,Z2 |
| L1,L2 | Kurbelwellenlager der Gussteile Z1,Z2 |
| 5 M | Formstoff-Material |
| M1,M2 | Kühlmediumströme |
| 01,02 | Durchgangsöffnungen (Zylinderöffnungen) der Gussteile Z1,Z2 |
| R | Wirkrichtung der Schwerkraft |
| 10 S | Eisengusserschmelze |
| V | vertikale Richtung |
| V1,V2 | gedachte Verlängerung der Durchgangsöffnungen 01,02 der Gießform 2 |
| Z1,Z2 | Gussteile (Zylinderkurbelgehäuse) |

Patentansprüche

1. Verfahren zum Gießen eines mit mindestens einer Durchgangsöffnung versehenen Gussteils (Z1,Z2) aus einer Metallschmelze (S), umfassend folgende Arbeitsschritte:

- Bereitstellen einer Gießform (2), in der mindestens ein Gießkern (8-19) zum Abbilden der Durchgangsöffnung (01,02) vorhanden ist, wobei der Gießkern (8-19) aus einem einen Binder umfassenden Formstoff besteht, der unter Kraft- oder Temperatureinwirkung zerfällt,
- Abgießen der Metallschmelze (S) in die Gießform (2) zu dem Gussteil (Z1,Z2),
- Abkühlen des Gussteils (Z1,Z2) in der Gießform (2) auf eine Temperatur, die unterhalb der Liquidus-Temperatur der Metallschmelze (S), jedoch oberhalb einer Mindesttemperatur liegt, bis zu der es bei einer beschleunigten Abkühlung zur Ausbildung von höherfestem Gefüge kommt,
- Herstellen eines durch die Durchgangsöffnung (01,02) des Gussteils (Z1,Z2) führenden Durchgangskanals (G1,G2), der jeweils an einer Außenseite der Gießform (2) mündet, indem der Binder des Formstoffs, aus dem der die Durchgangsöffnung (01,02) abbildende Gießkern (8-19) durch die beim Eingießen der Metallschmelze in die Gießform in sie eingetragene Wärme verbrennt, oder indem zur Herstellung des Durchgangskanals (G1,G2) der die jeweilige Durchgangsöffnung (01,02) abbildende Gießkern (8-19) und die in seiner Verlängerung (V1,V2) angeordneten Bereiche der Gießform (2) zumindest teilweise mechanisch zerstört werden,
- Abkühlen des Gussteils (Z1,Z2) in der Gießform (2) unter Durchströmung des Durchgangskanals (G1,G2) mit einem Kühlmedium (M1,M2).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Metallschmelze eine Eisenguss-
schmelze ist und die Mindesttemperatur, oberhalb
der im Arbeitsschritt c) die Abkühlung beendet wird,
der A₁-Temperatur der Metallschmelze entspricht. 5
3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprü-
che, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Metall-
schmelze (S) eine Eisengusschmelze ist und die
Temperatur, auf die das Gussteil (Z1,Z2) im Arbeits-
schritt c) in der Gießform (2) abgekühlt wird, im Be-
reich von 1153 - 600 °C liegt. 10
4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprü-
che, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gussteil
(Z1,Z2) ein Zylinderkurbelgehäuse für einen Ver-
brennungsmotor und die Durchgangsöffnung
(01,02) eine in dem Gussteil (Z1,Z2) vorgesehene
Zylinderöffnung ist. 15
5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprü-
che, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gießform
(2) als Kernpaket ausgebildet ist, dessen Formteile
(4-7) und Gießkerne (8-19), die im Bereich der
Durchgangsöffnung (01,02) und der Verlängerung
(V1,V2) des die Durchgangsöffnung (01,02) abbil-
denden Gießkerns (8-19) angeordnet sind, aus ei-
nem Formstoff bestehen, der unter Kraftoder Tem-
peratureinwirkung zerfällt. 20
6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprü-
che, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hauptrich-
tung (H) des Durchgangskanals (G1,G2) vertikal
ausgerichtet ist. 25
7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprü-
che, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Herstel-
lung des Durchgangskanals (G1,G2) der die Durch-
gangsöffnung (01,02) abbildende Gießkern (8-19)
und die in seiner Verlängerung (V1,V2) angeordne-
ten Bereiche der Gießform (2) vollständig entfernt
werden. 30
8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprü-
che, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kühlme-
dium (M1,M2) in einer erzwungenen Strömung be-
schleunigt durch den Durchgangskanal (G1,G2) ge-
leitet wird. 35
9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprü-
che, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kühlme-
dium gasförmig ist. 40
10. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprü-
che, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gießform
(2) mindestens zwei Formholräume (20,21) zum
gleichzeitigen Gießen von mindestens zwei Guss-
teilen (Z1,Z2) aufweist und **dass** die Metallschmelze 45

(S) über einen gemeinsamen Speiser (23) oder An-
schnitt (22) in die Formholräume (20,21) geleitet
wird.

Claims

1. Method for casting a cast piece (Z1, Z2) made of
molten metal (S) provided with at least one through-
opening, comprising the following steps: 50
 - a) Provision of a casting mould (2) in which at
least one casting core (8-19) is present to rep-
resent the through opening (01, 02), wherein the
casting core (8-19) consists of a moulding ma-
terial comprising a binder which material disin-
tegrates under the effect of force or temperature,
 - b) Pouring of the molten metal (S) into the cast-
ing mould (2) to form the cast piece (Z1, Z2),
 - c) Cooling of the cast piece (Z1, Z2) in the cast-
ing mould (2) to a temperature, which is below
the liquidus temperature of the molten metal (S),
but above a minimum temperature, from which
minimum temperature accelerated cooling ef-
fects the formation of a high-tensile structure,
 - d) Formation of a through-channel (G1, G2)
leading through the through-opening (01,02) of
the cast piece (Z1, Z2), which in each case
opens on to an external side of the casting mould
(2), by burning the binder in the moulding ma-
terial out of the casting core (8-19) representing
the through-opening (01, 02) by means of the
heat input into the casting mould (2) when pour-
ing the molten metal into said casting mould, or
by mechanically destroying, at least in part, the
respective casting core (8-19) representing the
through-opening (01, 02) and the regions of the
casting mould (2) arranged in the extension (V1,
V2) of said core,
 - e) Cooling of the cast piece (Z1, Z2) in the cast-
ing mould (2) whilst a cooling medium (M1, M2)
flows through the through-channel (G1, G2).
2. Method according to claim 1, **characterised in that**
the molten metal is molten cast iron and the minimum
temperature, above which cooling ends in step c),
corresponds to the A₁ temperature of the molten
metal.
3. Method according to either of the preceding claims
characterised in that the molten metal (S) is molten
cast iron and the temperature to which the cast piece
(Z1, Z2) is cooled in the casting mould (2) in step c)
is between 1153 and 600 °C. 55
4. Method according to any one of the preceding claims
characterised in that the cast piece (Z1, Z2) is a
cylinder crankcase for a combustion engine and the

through-opening (01, 02) is a cylinder opening provided in the cast piece (Z1, Z2).

5. Method according to any one of the preceding claims **characterised in that** the casting mould (2) is configured as a core package, the moulded parts (4-7) and casting cores (8-19) of which, which are arranged in the region of the through-opening (01, 02) and the extension (V1, V2) of the casting core (8-19) representing the through-opening (01, 02), consist of a moulding material which disintegrates under the effect of force or temperature. 5 10
6. Method according to any one of the preceding claims **characterised in that** the main direction (H) of the through-channel (G1, G2) is vertical. 15
7. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the casting core (8-19) representing the through opening (01, 02) and the regions of the casting mould (2) arranged in the extension (V1, V2) of said core are removed completely. 20
8. Method according to any one of the preceding claims **characterised in that** the cooling medium (M1, M2) being led through the through-channel (G1, G2) at an accelerated rate within a forced stream. 25
9. Method according to any one of the preceding claims **characterised in that** the cooling medium is gaseous. 30
10. Method according to any one of the preceding claims **characterised in that** the casting mould (2) has at least two cavities (20, 21) for simultaneous casting of at least two cast pieces (Z1, Z2) and that the molten metal (S) is guided into the cavities (20, 21) by means of a common feeder (23) or gate (22). 35 40

Revendications

1. Procédé de coulée d'une pièce moulée (Z1, Z2) munie d'au moins une ouverture de passage à partir d'une masse de métal fondu (S), comprenant les étapes suivantes: 45
 - a. préparation d'un moule de coulée (2) contenant au moins un noyau de coulée (8-19) servant à former l'ouverture de passage (01, 02) et dans lequel le noyau de coulée (8-19) constitué d'une matière à mouler comprenant un liant qui se désagrège sous l'effet de la force ou de la température, 50
 - b. coulée de la masse de métal fondu (S) dans le moule de coulée (2) pour obtenir la pièce coulée (Z1, Z2), 55

c. refroidissement de la pièce coulée (Z1, Z2) dans le moule de coulée (2) jusqu'à une température qui est inférieure à la température de liquide de la masse de métal fondu (S), mais supérieure à une température minimale, jusqu'à former par un refroidissement accéléré une structure à haute résistance,

d. réalisation d'un conduit de passage (G1, G2) traversant l'ouverture de passage (01, 02) de la pièce moulée (Z1, Z2) et débouchant respectivement au niveau d'un côté extérieur de la pièce moulée (2), en chassant le liant de la matière à mouler hors du noyau de coulée (8-19) formant l'ouverture de passage (01, 02) par combustion sous l'effet de la chaleur générée lors de la coulée de la masse de métal fondu dans le moule de coulée, ou en détruisant mécaniquement le noyau de coulée (8-19) formant l'ouverture de passage (01, 02) correspondante ainsi que les zones du moule de coulée (2) qui se trouvent dans son prolongement (V1, V2) au moins partiellement pour réaliser le conduit de passage (G1, G2),

e. refroidissement de la pièce moulée (Z1, Z2) dans le moule de coulée (2) en faisant traverser un fluide de refroidissement (M1, M2) dans le conduit de passage (G1, G2).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la masse de métal fondu est une masse de fonte de fer fondue et que la température minimale, supérieure à celle à laquelle se produit le refroidissement décrit dans l'étape c), correspond à la température A₁ de la masse de métal fondu.

3. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la masse de métal fondu (S) est une masse de fonte de fer fondue et que la température au niveau de laquelle la pièce coulée (Z1, Z2) dans l'étape c) est refroidie dans le moule de coulée (2) se situe dans une plage gisant entre 1153 - 600° C.

4. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la pièce coulée (Z1, Z2) est un carter de vilebrequin pour un moteur à combustion interne et que l'ouverture de passage (01, 02) est une ouverture de cylindre prévue dans la pièce moulée (Z1, Z2).

5. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le moule de coulée (2) est formé en tant que paquet de noyaux, dont les éléments moulés (4-7) et le noyau de coulée (8-19) qui sont agencées dans le secteur de l'ouverture de passage (01, 02) et dans le prolongement (V1, V2) du noyau de coulée (8-19) formant l'ouverture de passage (01, 02) se composent d'une matière à mouler

qui se désagrège sous l'effet de la force ou de la température.

6. Procédé selon une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que la direction principale (H) du
conduit de passage (G1, G2) est orientée verticale-
ment. 5

7. Procédé selon une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que pour la réalisation du conduit
de passage (G1, G2) le noyau de coulée (8-19) for-
mant l'ouverture de passage (01, 02) et les secteurs
du moule de coulée (2) agencés dans son prolon-
gement (V1, V2) sont intégralement enlevés. 10
15

8. Procédé selon une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que le fluide de refroidissement
(M1, M2) est conduit en accélération dans un écou-
lement forcé à travers le conduit de passage (G1,
G2). 20

9. Procédé selon une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que le fluide de refroidissement
est gazeux. 25

10. Procédé selon une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que le moule de coulée (2) pré-
sente au moins deux cavités de moule (20, 21) pour
la coulée simultanée d'au moins deux pièces de cou-
lée (Z1, Z2) et que la masse de métal fondu (S) est 30
conduite par l'intermédiaire d'une masselotte com-
mune (23) ou d'un canal (22) dans les cavités du
moule (20, 21).

35

40

45

50

55

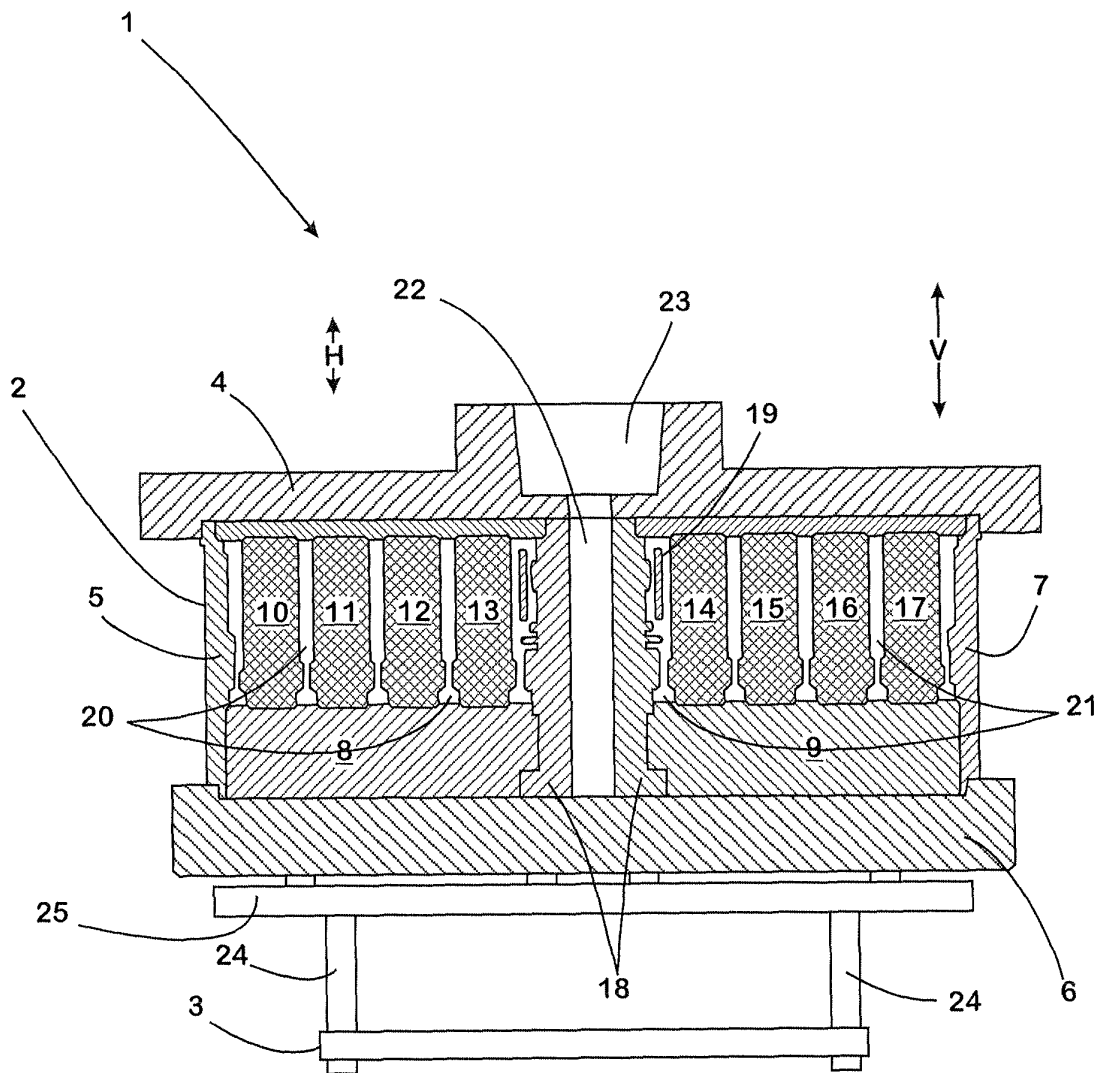


Fig. 1

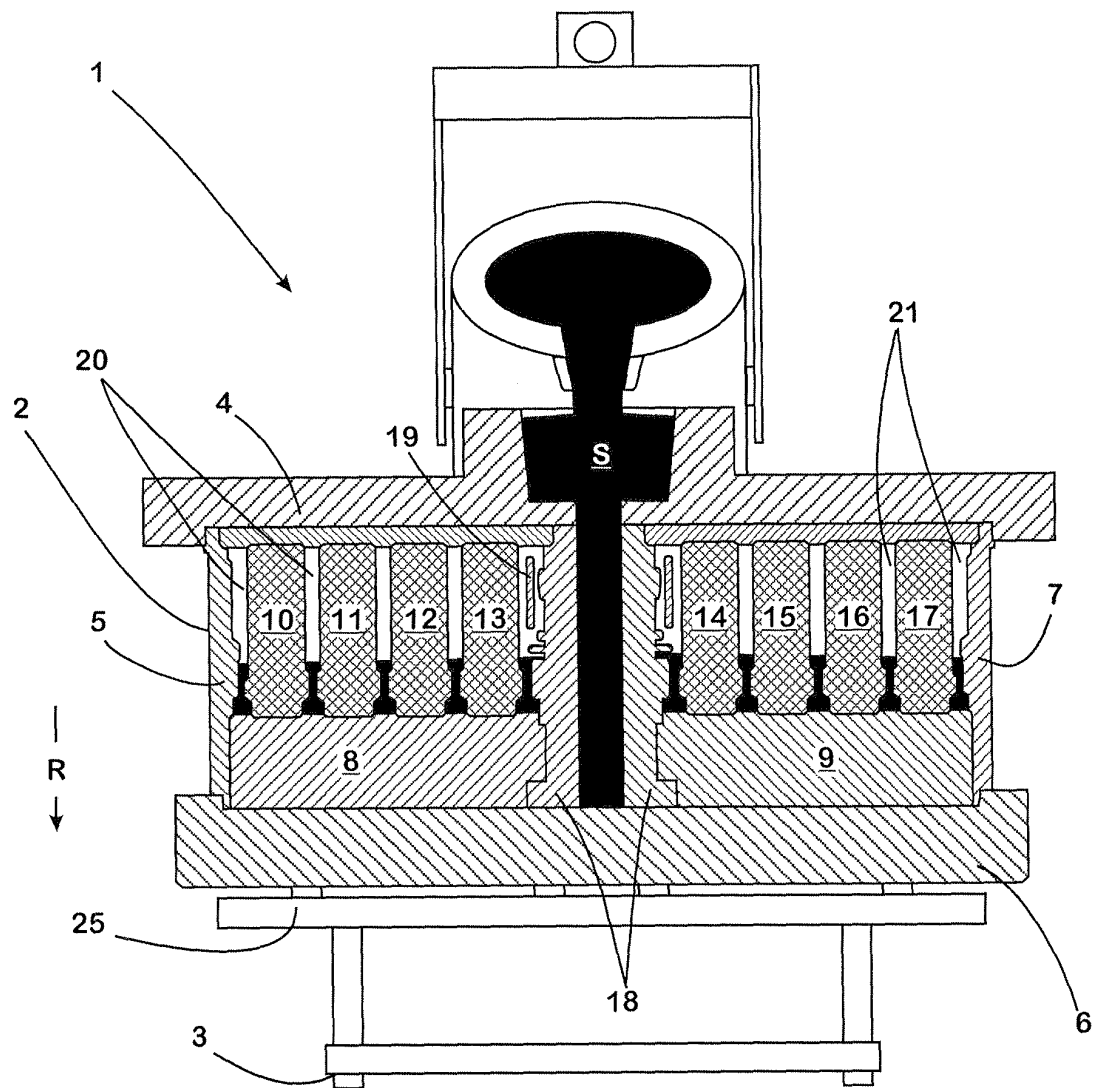


Fig. 2

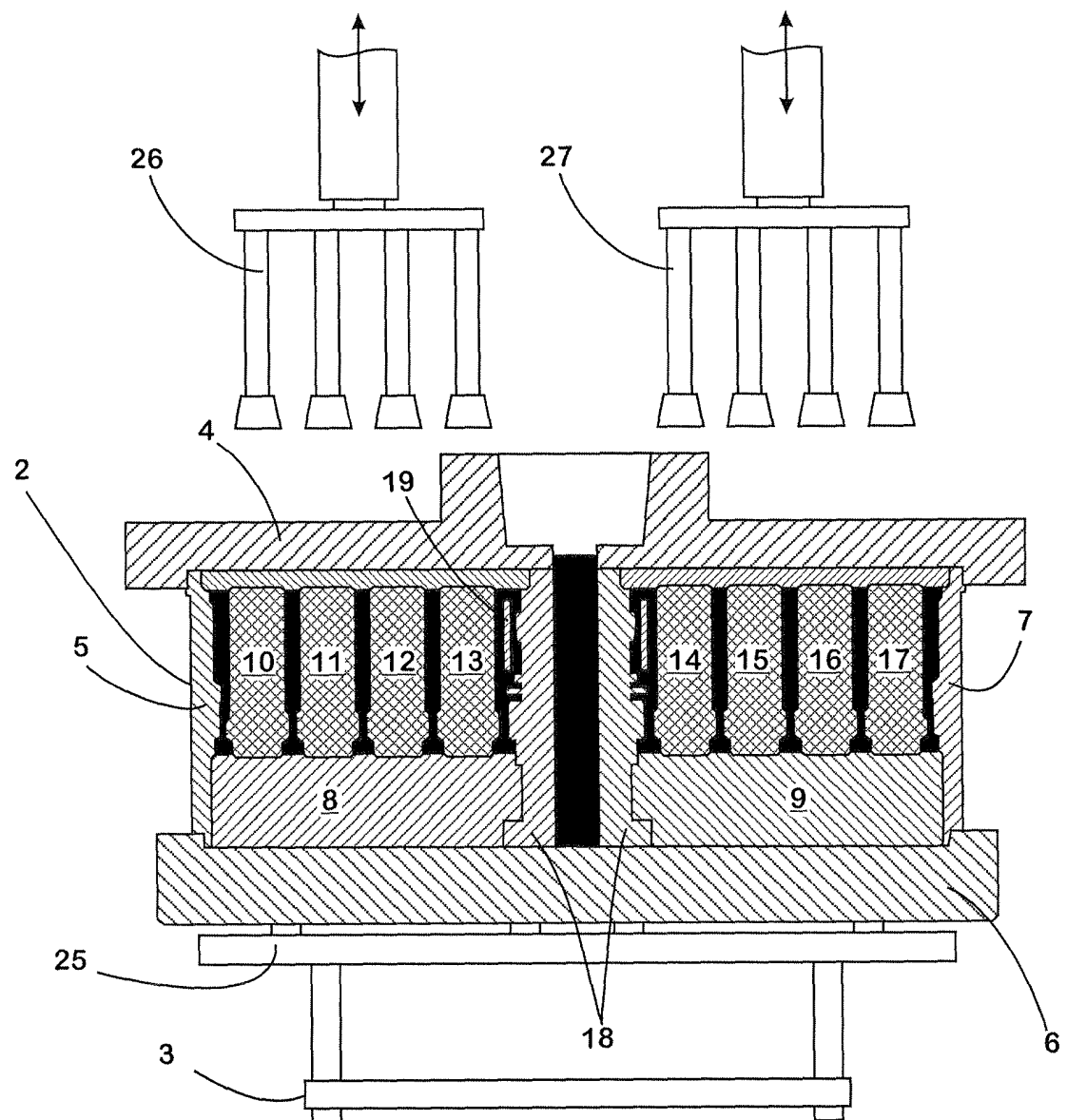


Fig. 3

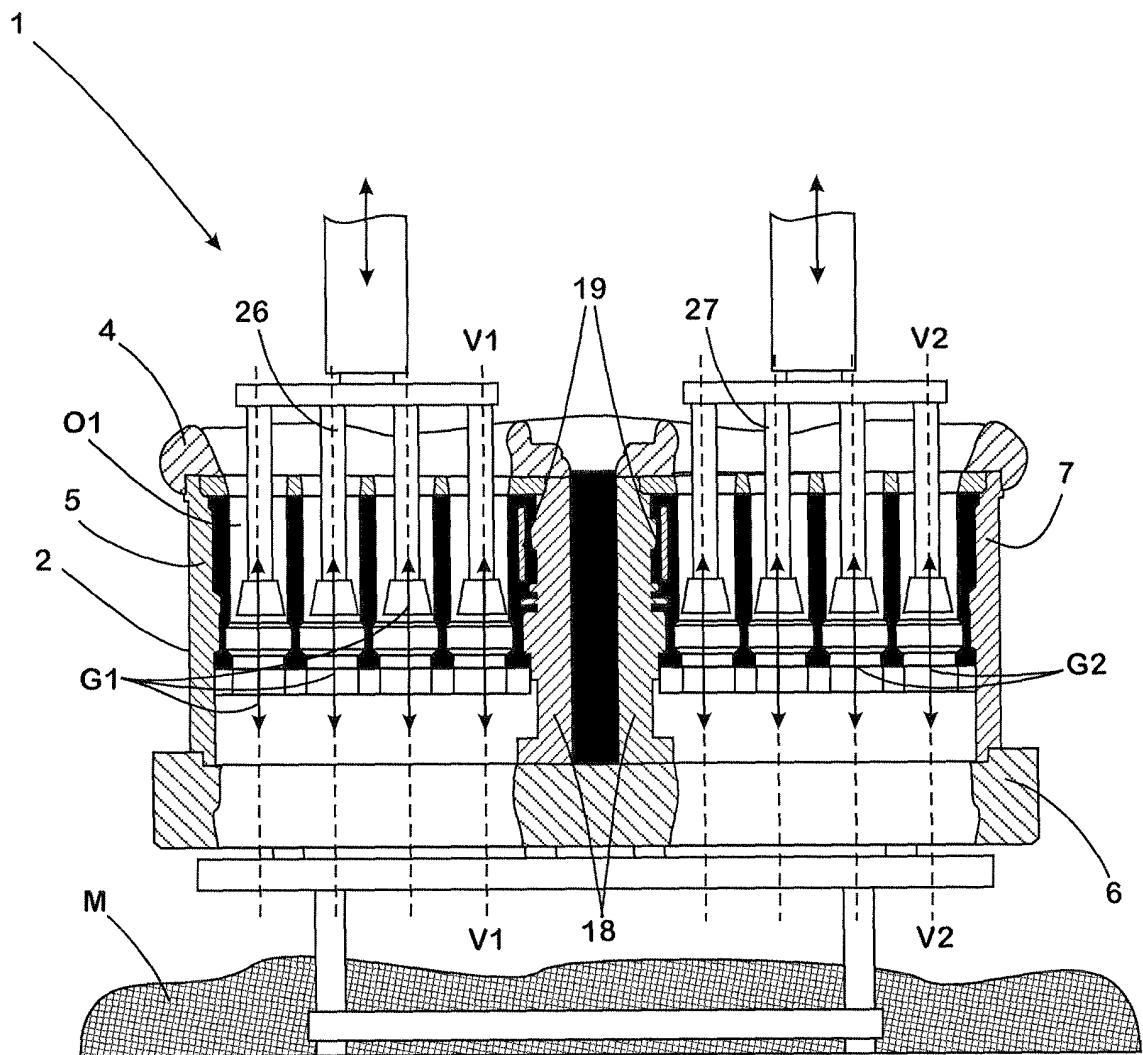


Fig. 4

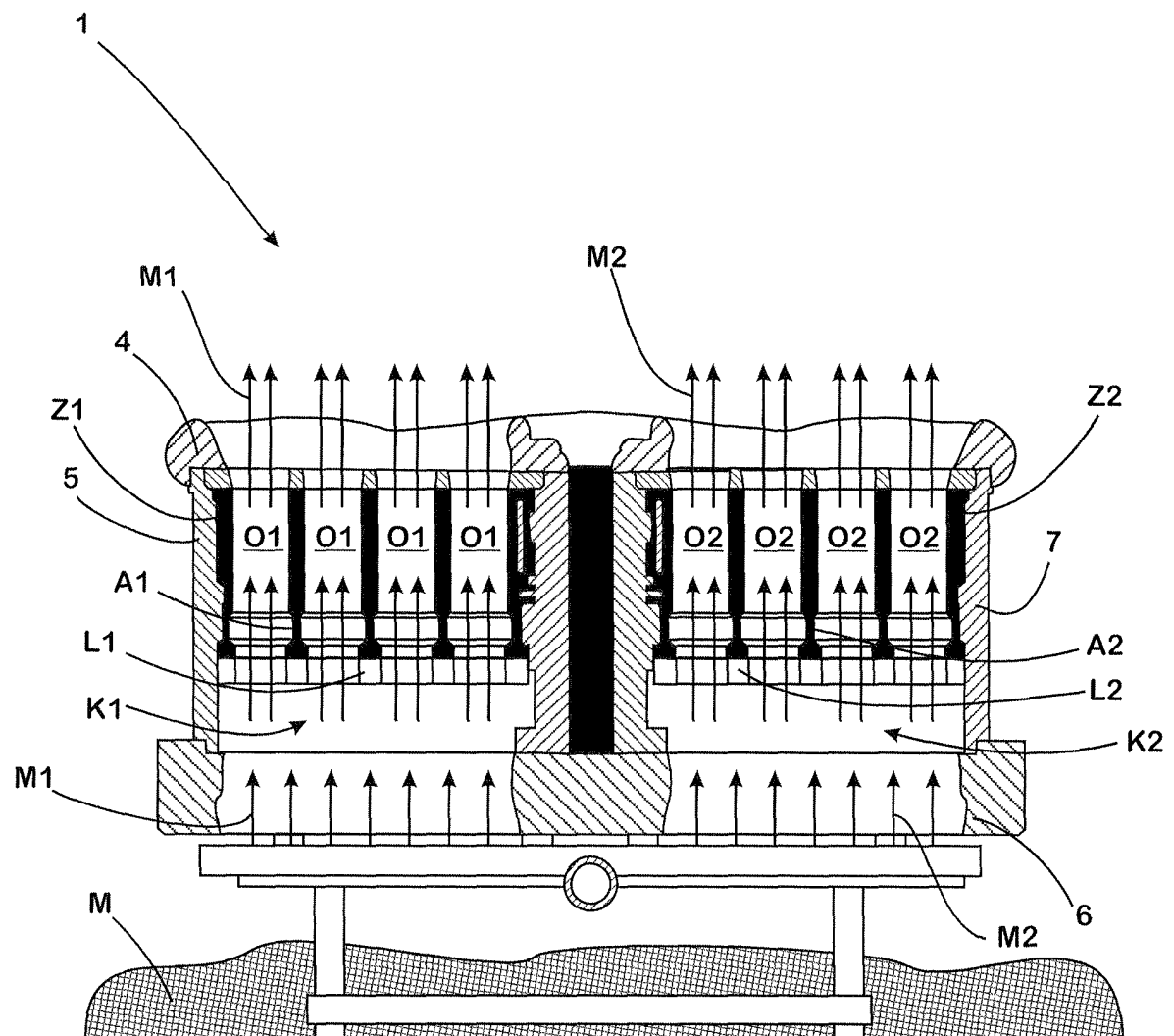


Fig. 5

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 102008048761 A1 **[0010]**
- DE 112006000627 T5 **[0011]**
- DE 102010003346 A1 **[0012]**
- JP H03138068 A **[0013]**