

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 933 151 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**25.06.2003 Patentblatt 2003/26**

(51) Int Cl.7: **B22C 9/08**, B22D 15/02

(21) Anmeldenummer: **98120098.3**

(22) Anmeldetag: **24.10.1998**

(54) **Giessform und Verfahren zum Herstellen von Gussstücken**

Mould for producing castings

Moule pour la fabrication de pièces coulées

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT DE ES FR GB IT SE**

(30) Priorität: **31.01.1998 DE 19803866**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**04.08.1999 Patentblatt 1999/31**

(73) Patentinhaber: **Volkswagen Aktiengesellschaft  
38436 Wolfsburg (DE)**

(72) Erfinder: **Heinemann, Rolf Dipl.-Ing.  
38165 Lehre (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**DE-A- 2 218 256**

- **WEBSTER P D: "THE CONTROL OF  
INCLUSIONS IN SAND CASTING" FOUNDRY  
TRADE JOURNAL, Bd. 165, Nr. 3438, 9. August  
1991, Seiten 576-577, XP000220236**

**EP 0 933 151 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Gießform zum Herstellen von Gußstücken, insbesondere Zylinderköpfen, Zylinderblöcken, Getriebegehäusen und/oder Kurbelgehäusen für Brennkraftmaschinen, aus einem Gußmetall mittels steigendem Gießen mit Formaußenteilen und mindestens einem Kern, welche einen Formhohlraum für das Gußstück ausbilden, wobei mindestens ein Speiser zum Bilden einer Druckmassel sowie ein Gießlauf ausgebildet ist, welcher über eine Öffnung mit dem Formhohlraum verbunden ist, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Herstellen von Gußstücken, insbesondere Zylinderköpfen, Zylinderblöcken, Getriebegehäusen und/oder Kurbelgehäusen für Brennkraftmaschinen, aus einem Gußmetall mittels steigendem Gießen mit Formaußenteilen und mindestens einem Kern, welche einen Formhohlraum für das Gußstück ausbilden, wobei mindestens ein Speiser zum Bilden einer Druckmassel sowie ein Gießlauf ausgebildet ist, welcher über eine Öffnung mit dem Formhohlraum verbunden ist, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 8.

**[0002]** Aus der DE-OS-28 18 442 ist ein Niederdruckgießverfahren für Metalle bekannt, wobei aus einem zylinderförmigen Gießlauf mittels eines Stempels bzw. eines Kolbens Gußmaterial in den Formhohlraum gepreßt wird, wobei das Gußmaterial in dem Formhohlraum aufsteigt.

**[0003]** Hierbei ist jedoch nachteilig, daß sich besonders in einem in Schwerkraftrichtung untersten Bereich des Formhohlraumes, wo das Gußmaterial erstmals auf das kühlere Material der Formaußenteile und der Kerne trifft, wobei ggf. das eine Grundplatte bildende Formaußenteil zusätzlich gekühlt ist, Blasen, Oxide und andere Verunreinigungen des Gußmaterials bilden, welche mit dem Gußmaterial im Formhohlraum aufsteigen und eine Bildung eines gleichmäßigen Gefüges beeinträchtigen und ggf. zu Fehlstellen oder Schwachstellen im Gußstück führen können, so daß das Gußstück nachbearbeitet werden muß oder schlimmstenfalls unbrauchbar ist.

**[0004]** Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Gießform und ein verbessertes Verfahren der obengenannten Art zur Verfügung zu stellen, wobei die obengenannten Nachteile überwunden werden.

**[0005]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Gießform der o.g. Art mit den in Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmalen und durch ein Verfahren der o.g. Art mit den in Anspruch 8 gekennzeichneten Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

**[0006]** Dazu ist es bei einer Gießform erfindungsgemäß vorgesehen, daß sich der Gießlauf an einer in Schwerkraftrichtung tiefsten Stelle des Formhohlraumes durch diesen hindurch in Form eines Kanals er-

streckt und die Öffnung des Gießlaufes an einer in Schwerkraftrichtung tiefsten Stelle des Kanals ausgebildet ist.

**[0007]** Dies hat den Vorteil, daß sich Blasen, Oxide und andere unerwünschten Verunreinigungen im Kanal an dessen in Schwerkraftrichtung obersten Bereich ansammeln, welcher bezüglich der Schwerkraftrichtung über die gesamte vertikale Ausdehnung des Kanals von der Öffnung zum Formhohlraum beabstandet ist, und somit Blasen, Oxide und andere unerwünschten Verunreinigungen nicht in den Formhohlraum gelangen, da durch die dem obersten Bereich des Kanals in Schwerkraftrichtung gegenüberliegend angeordnete Öffnung zum Formhohlraum Blasen, Oxide und andere unerwünschte Verunreinigungen in der Art eines Tauchabscheiders im Kanal des Gießlaufes zurückgehalten werden.

**[0008]** DE-A-2 218 256 beschreibt ein Eingußsystem, welches vermeidet, daß Verunreinigungen wie Schlacken in den Formhohlraum gelangen können. Hierbei befinden sich zum Formhohlraum führende Abschnitte des Gießlaufkanals an dessen tiefsten Stelle. Die Positionierung des Formhohlraumes relativ zum Gießlaufkanals ist nicht entnehmbar, auch nicht, ob ein Speiser zum Bilden eines Druckmassels vorgesehen ist.

**[0009]** Zum gleichmäßigen Füllen des Formhohlraumes entspricht in besonders vorteilhafter Weise eine Länge des sich durch den Formhohlraum erstreckenden Gießlaufes einer Längenausdehnung des Gußstückes.

**[0010]** Eine große Durchtrittsfläche für das Gußmaterial, eine homogenere sowie gleichmäßigere Verteilung im Formhohlraum und eine weiter verbesserte Abscheidung von Blasen, Oxiden und anderen unerwünschten Verunreinigungen erzielt man dadurch, daß der Kanal in Schwerkraftrichtung unten offen ist, wobei sich in Schwerkraftrichtung vertikal nach unten erstreckende Seitenwandungen des Kanals an ihren Stirnseiten von einem Boden des Formraumes derart beabstandet sind, daß die Öffnung von Gießlauf zum Formhohlraum zwischen den Stirnseiten dieser Seitenwandungen und dem Boden in Form von jeweiligen Längsschlitzten ausgebildet ist. Hierbei wirken die Seitenwandungen mit ihrer gesamten vertikalen Länge in der Art eines Tauchabscheiders.

**[0011]** Eine gleichmäßiges Auffüllen des Formhohlraumes über eine gesamte Länge des Kanals erzielt man dadurch, daß sich der Gießlauf durch den Formhohlraum bezüglich der Schwerkraft im wesentlichen waagrecht bzw. auf einer geodätischen Linie erstreckt.

**[0012]** In einer besonders einfach realisierbaren Ausführungsform ist der Gießlauf in einem Gießlaufkern ausgebildet.

**[0013]** Hierbei ist zweckmäßigerweise der Gießlaufkern ein Zylinderbohrungskern, wenn es sich bei dem Gußstück um ein Kurbelgehäuse handelt. Ferner ist bevorzugt das zu gießende Gußteil bzgl. der Schwerkraftrichtung über Kopf angeordnet.

**[0014]** Bei einem Verfahren der o.g. Art werden erfindungsgemäß an einem in Schwerkraftrichtung am tiefsten liegenden Boden des Formhohlraumes in einem Gußmaterial vorhandene Verunreinigungen, wie beispielsweise Blasen und/oder Oxide, zurückgehalten und gesammelt.

**[0015]** Dies hat den Vorteil, daß Verunreinigungen, wie Blasen oder Oxide, nicht mit dem Gußmaterial im Formhohlraum aufsteigen, wodurch eine verbesserte Gefügebildung sichergestellt und Bildung von Fehlstellen vermieden ist.

**[0016]** Weitere Merkmale, Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, sowie aus der nachstehenden Beschreibung der Erfindung anhand der beigelegten Zeichnungen. Diese zeigen in

Fig. 1 eine bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Gießform im Querschnitt und

Fig. 2 im Längsschnitt.

**[0017]** Die in Fig. 1 und 2 dargestellte bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Gießform umfaßt eine Grundplatte 10 und seitliche Formaußenteile 12 und 14. Zwischen diesen Teilen sind ferner Kerne derart angeordnet, daß ein Formhohlraum 16 ausgebildet ist, in welchen während des Gießvorgangs Gußmaterial eingefüllt wird, welches erstarrt und den Gußkörper, in der Darstellung beispielsweise ein Kurbelgehäuse, ausbildet. Die Kerne umfassen unter anderem einen Wasserkern 18, einen Zylinderbohrungskern 20, einen oder mehrere Ölrücklaufkerne 22 und einen oder mehrere Kurbelraumkerne 24. Diese Kerne 18, 20, 22 und 24 sind beispielsweise als mit chemischen Mittel gebundene Sandkerne ausgebildet, welche nach dem Gießvorgang zerfallen, so daß der dann lose Sand lediglich ausgeblasen werden muß. Die Formaußenteile 14 und 12 können ebenfalls aus chemisch gebundenem Sand oder Stahl oder Kunststoff gefertigt sein.

**[0018]** Über einen Zulauf 26 wird das Gußmaterial, beispielsweise ein Metall, wie Aluminium, oder eine Metallegierung, wie beispielsweise eine Aluminiumlegierung, der Gießform zugeführt und durch einen Gießlauf 28 zu einem in Schwerkraftrichtung 30 unteren Ende der Gießform geleitet. Aus dem Gießlauf 28 tritt das Gußmaterial aus und dringt in den Formhohlraum 16 ein, wo es entgegen der Schwerkraftrichtung 30 aufsteigt und den Formhohlraum 16 auffüllt, bis es in Speiser 32 gelangt und gesammelt wird.

**[0019]** Beim Abguß ist es wichtig, daß sich das Gußmaterial schnell abkühlt, damit sich ein gleichmäßiges und lunkerfreies Gefüge ausbildet. Aus diesem Grund ist die Grundplatte 10 vorzugsweise wasser- oder luftgekühlt. Ferner wird bevorzugt über eine Druckmaske oberhalb der Speiser 32 die von diesen gebildete Druckmasse zusätzlich mit einem Druck von beispiels-

weise 0,1 bar oder mehr beaufschlagt. Hierbei kommt es jedoch bevorzugt im Kontaktbereich des Gußmaterials mit dem Boden 34 der Grundplatte 10 zur Bildung von Blasen und Oxiden, welche mit dem Gußmaterial in dem Formhohlraum 16 aufsteigen würden und die Gefügebildung beim Abkühlen des Gußmaterials beeinträchtigen.

**[0020]** Daher ist erfindungsgemäß ein Endabschnitt des Gießlaufes 28 als Kanal 36 ausgebildet, welcher sich im wesentlichen über eine gesamte Längsausdehnung des Gußstückes an einem in Schwerkraftrichtung 30 tiefsten Bereich des Bodens 34 durch den Formhohlraum 16 erstreckt, wie insbesondere aus Fig. 2 ersichtlich. Hierbei verläuft der Kanal 36 bezüglich der Schwerkraftrichtung 30 im wesentlichen waagrecht bzw. auf einer geodätischen Linie.

**[0021]** Wie sich insbesondere aus Fig. 1 ergibt, ist der Kanal 36 in Schwerkraftrichtung 30 unten offen, so daß dessen Seitenwandungen ein umgekehrtes U ausbilden. Die Schenkel des U's bilden bezüglich der Schwerkraftrichtung 30 vertikale Seitenwandungen, welche in Schwerkraftrichtung 30 nach unten verlaufen und mit Stirnseiten 38 beabstandet vom Boden 34 enden. Die Öffnung zwischen den Stirnseiten 38 und dem Boden 34 bildet eine Durchgangsöffnung 42 für das Gußmaterial aus dem Kanal 36 heraus in den Formhohlraum 16 der Gießform.

**[0022]** Hierbei ist insbesondere aus Fig. 1 ersichtlich, daß sich durch die besondere Ausbildung des Kanals 36 in dem Gußmaterial gebildete Verunreinigungen, wie Blasen oder Oxide, in einem in Schwerkraftrichtung 30 oberen Bereich 40 des Kanals 36 sammeln. Da jedoch die Durchgangsöffnung 42 an einem in Schwerkraftrichtung 30 untersten Bereich des Kanals 36 ausgebildet ist, bleiben diese Verunreinigungen im Kanal 36 gefangen und können nicht in den Formhohlraum 16 eindringen. Die vertikalen Seitenwandungen des Kanals 36 wirken daher in der Art eines Tauchabscheiders und sammeln die Verunreinigungen im oberen Bereich 40 des Kanals 36.

**[0023]** In der in den Fig. 1 und 2 dargestellten bevorzugten Ausführungsform ist der Kanal 36 als Teil des Zylinderbohrungskernes 20 ausgebildet. In einem dem Abguß und dem Sammeln von Verunreinigungen nachfolgenden Schritt wird der sich am Boden 34 aus dem Gußmaterial ausgebildete Abdruck des Kanals 36 entfernt, womit alle ggf. im Gußmaterial vorhandenen Verunreinigungen entfernt sind.

## Patentansprüche

1. Gießform zum Herstellen von Gußstücken, insbesondere Zylinderköpfen, Zylinderblöcken, Getriebegehäusen und/oder Kurbelgehäusen für Brennkraftmaschinen, aus einem Gußmaterial mittels steigendem Gießen mit Formaußenteilen (10,12,14) und mindestens einem Kern

(18,20,22,24), welche einen Formhohlraum (16) für das Gußstück ausbilden, wobei mindestens ein Speiser (32) zum Bilden einer Druckmassel sowie ein Gießlauf (28) ausgebildet ist, welcher über eine Öffnung (42) mit dem Formhohlraum (16) verbunden ist,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

sich der Gießlauf (28) an einer in Schwerkrafttrichtung (30) tiefsten Stelle (34) des Formhohlraumes (16) durch diesen hindurch in Form eines Kanals (36) erstreckt und die Öffnung (42) des Gießlaufes (28) an einer in Schwerkrafttrichtung (30) tiefsten Stelle des Kanals (36) ausgebildet ist.

2. Gießform nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
eine Länge des sich durch den Formhohlraum (16) erstreckenden Gießlaufes (28) einer Längenausdehnung des Gußstückes entspricht.

3. Gießform nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
der Kanal (36) in Schwerkrafttrichtung (30) unten offen ist, wobei sich in Schwerkrafttrichtung (30) vertikal nach unten erstreckende Seitenwandungen des Kanals (36) an ihren Stirnseiten (38) von einem Boden (34) des Formhohlraumes (16) derart beabstandet sind, daß die Öffnung (42) von Gießlauf (28) zum Formhohlraum (16) zwischen den Stirnseiten (38) dieser Seitenwandungen und dem Boden (34) in Form von jeweiligen Längsschlitzten ausgebildet ist.

4. Gießform nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
sich der Gießlauf (28) durch den Formhohlraum (16) bezüglich der Schwerkraft im wesentlichen waagrecht bzw. auf einer geodätischen Linie erstreckt.

5. Gießform nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
der Gießlauf (28) in einem Gießlaufkern (20) ausgebildet ist.

6. Gießform nach Anspruch 5,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
das Gußstück ein Kurbelgehäuse und der Gießlaufkern ein Zylinderbohrungskern (20) ist.

7. Gießform nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
das zu gießende Gußteil bzgl. der Schwerkrafttrichtung (30) über Kopf angeordnet ist.

8. Verfahren zum Herstellen von Gußstücken, insbesondere Zylinderköpfen, Zylinderblöcken, Getriebegehäusen und/oder Kurbelgehäusen für Brennkraftmaschinen, aus einem Gußmetall mittels steigendem Gießen mit Formaußenteilen (10, 12, 14) und mindestens einem Kern (18, 20, 22, 24), welche einen Formhohlraum (16) für das Gußstück ausbilden, wobei mindestens ein Speiser (32) zum Bilden einer Druckmassel sowie ein Gießlauf (28) ausgebildet ist, welcher über eine Öffnung (42) mit dem Formhohlraum (16) verbunden ist,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

an einem in Schwerkrafttrichtung am tiefsten liegenden Boden (34) des Formhohlraumes (16) in einem Gußmaterial vorhandene Verunreinigungen, wie beispielsweise Blasen und/oder Oxide, zurückgehalten und gesammelt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
nach Fertigstellung des Gußteiles ein aus dem Gußmaterial gebildeter Bereich, welcher die gesammelten Verunreinigungen enthält, entfernt wird.

## Claims

1. Casting mould for the production of castings, in particular cylinder heads, cylinder blocks, transmission cases and/or crankcases for internal combustion engines, from a casting material by means of uphill casting, with mould outer parts (10, 12, 14) and with at least one core (18, 20, 22, 24) which form a mould cavity (16) for the casting, at least one feeder (32) for forming a pig and one runner (28) being produced, the said runner being connected to the mould cavity (16) via an orifice (42), **characterized in that** the runner (28) extends in the form of a channel (36) through the mould cavity (16) at a point (34) of the latter which is the lowest in the direction of gravity (30), and the orifice (42) of the runner (28) is formed at a point of the channel (36) which is the lowest in the direction of gravity (30).
2. Casting mould according to Claim 1, **characterized in that** a length of the runner (28) extending through the mould cavity (16) corresponds to a length extent of the casting.
3. Casting mould according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the channel (36) is open at the bottom in the direction of gravity (30), side walls of the channel (36) which extend vertically downwards in the direction of gravity (30) being spaced apart, on their end faces (38), from a bottom (34) of the mould cavity (16), in such a way that the orifice (42) from the runner (28) to the mould cavity (16), between the end faces (38) of these side walls to the bottom

(34), is produced in the form of respective longitudinal slots.

4. Casting mould according to one of the preceding claims, **characterized in that** the runner (28) extends through the mould cavity (16) essentially horizontally or along a geodetic line with respect to gravity. 5
5. Casting mould according to one of the preceding claims, **characterized in that** the runner (28) is formed in a runner core (20). 10
6. Casting mould according to Claim 5, **characterized in that** the casting is a crankcase and the runner core is a cylinder-bore core (20). 15
7. Casting mould according to one of the preceding claims, **characterized in that** the casting to be cast is arranged overhead with respect to the direction of gravity (30). 20
8. Method for the production of castings, in particular cylinder heads, cylinder blocks, transmission cases and/or crankcases for internal combustion engines, from a casting metal by means of uphill casting, with mould outer parts (10, 12, 14) and with at least one core (18, 20, 22, 24) which form a mould cavity (16) for the casting, at least one feeder (32) for forming a pig and one runner (28) being produced, the said runner being connected to the mould cavity (16) via an orifice (42), **characterized in that** impurities, such as, for example, bubbles and/or oxides, which are present in a casting material, are retained and collected at a bottom (34) of the mould cavity (16), the said bottom being the lowest in the direction of gravity. 25
9. Method according to Claim 8, **characterized in that**, after the completion of the casting, a region which is formed from the casting material and which contains the collected impurities is removed. 30 35 40

#### Revendications

1. Moule de coulée pour la fabrication de pièces coulées, en particulier de culasses de cylindres, de blocs-cylindres, de carters de boîtes de vitesses et/ou de carters moteur pour moteurs à combustion interne, à partir d'un matériau de coulée au moyen d'une coulée en source avec des parties de moule extérieures (10, 12, 14) et au moins d'un noyau (18, 20, 22, 24), qui constituent un espace creux du moule (16) pour la pièce coulée, au moins une maselotte (32) étant réalisée pour la formation d'une gueuse sous pression et un canal de coulée (28) étant réalisé, lequel est connecté à l'espace creux 45 50 55

du moule (16) par le biais d'une ouverture (42),

#### **caractérisé en ce que**

le canal de coulée (28) s'étend en forme de canal (36) au niveau d'un endroit (34) le plus profond de l'espace creux du moule (16) dans la direction de la force de gravité, à travers celui-ci, et l'ouverture (42) du canal de coulée (28) est réalisée en un endroit le plus profond du canal (36) dans la direction de la force de gravité (30).

2. Moule de coulée selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** une longueur du canal de coulée (28) s'étendant à travers l'espace creux du moule (16) correspond à une expansion en longueur de la pièce coulée.
3. Moule de coulée selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le canal (36) est ouvert en bas dans la direction de la force de gravité (30), les parois latérales du canal (36), s'étendant verticalement vers le bas dans la direction de la force de gravité (30) étant espacées au niveau de leurs côtés de bout (38) d'un fond (34) de l'espace creux du moule (16) de telle sorte que l'ouverture (42) du canal de coulée (28) à l'espace creux du moule (16) soit réalisée sous la forme de fentes longitudinales respectives entre les faces de bout (38) de ces parois latérales et le fond (34).
4. Moule de coulée selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le canal de coulée (28) s'étend, par rapport à la force de gravité, essentiellement horizontalement ou sur une ligne géodésique à travers l'espace creux du moule (16).
5. Moule de coulée selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le canal de coulée (28) est réalisé dans un noyau de canal de coulée (20).
6. Moule de coulée selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la pièce coulée est un carter moteur et le noyau de canal de coulée est un noyau d'alésage de cylindre (20).
7. Moule de coulée selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la pièce à couler est disposée en hauteur par rapport à la direction de la force de gravité (30).
8. Procédé pour la fabrication de pièces coulées, en particulier de culasses de cylindres, de blocs-cylindres, de carters de boîtes de vitesses et/ou de car-

ters moteur pour moteurs à combustion interne, à partir d'un matériau de coulée au moyen d'une coulée en source avec des parties de moule extérieures (10, 12, 14) et au moins un noyau (18, 20, 22, 24), qui constituent un espace creux du moule (16) pour la pièce coulée, au moins une masselotte (32) étant réalisée pour la formation d'une gueuse sous pression et un canal de coulée (28) étant réalisé, lequel est connecté à l'espace creux du moule (16) par le biais d'une ouverture (42),

**caractérisé en ce que**

des impuretés présentes dans un matériau de coulée, comme par exemple des bulles et/ou des oxydes, sont retenues et rassemblées au niveau d'un fond (34) de l'espace creux du moule (16) se trouvant au niveau le plus bas dans la direction de la force de gravité.

**9. Procédé selon la revendication 8,**

**caractérisé en ce que**

après la fabrication de la pièce coulée, on élimine une partie formée à partir du matériau de coulée, qui contient les impuretés rassemblées.

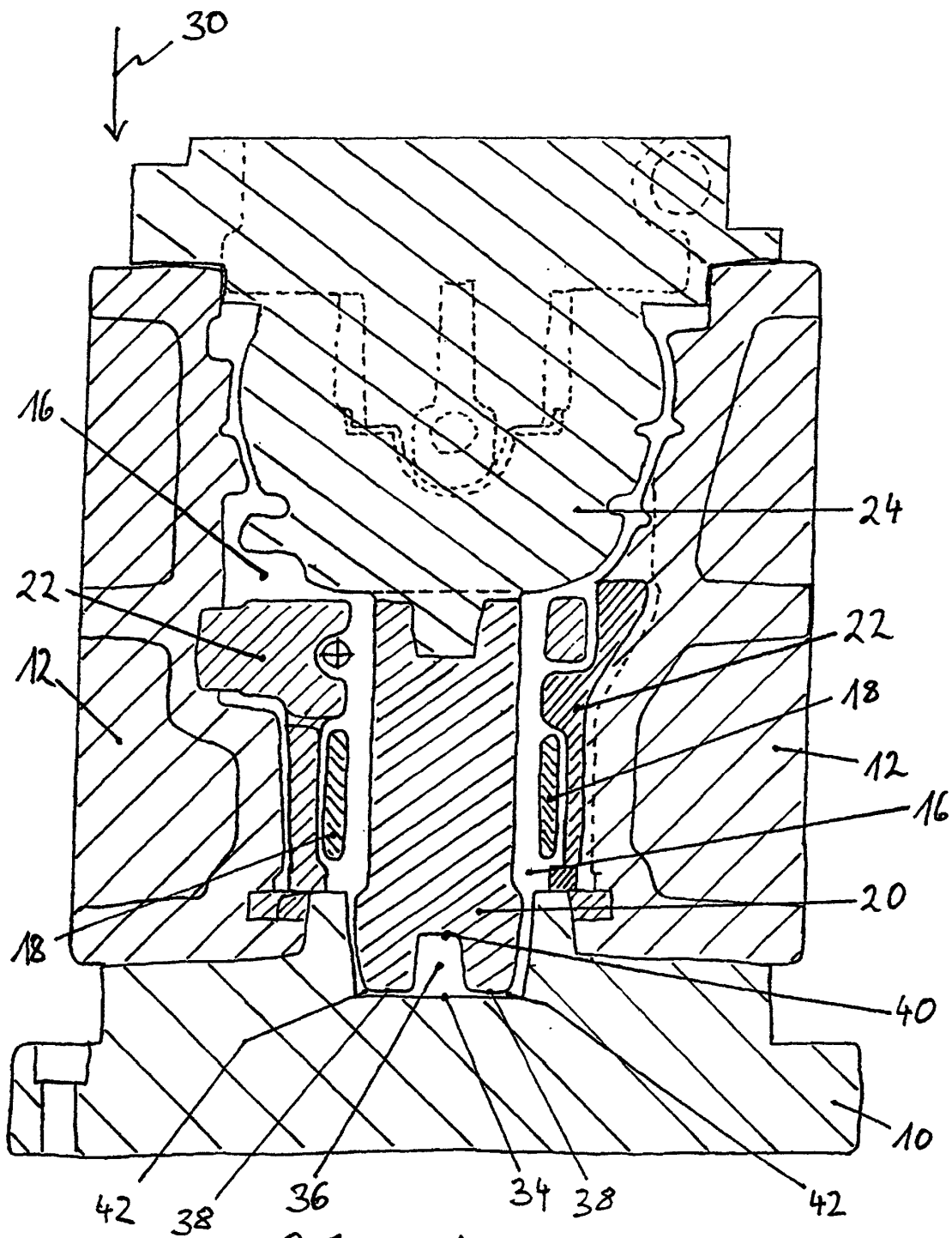


Fig. 1

