

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 094 908 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
21.09.2005 Patentblatt 2005/38

(21) Anmeldenummer: **99947245.9**

(22) Anmeldetag: **21.07.1999**

(51) Int Cl.7: **B22C 7/02, B22C 9/04**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE1999/002244

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2000/006320 (10.02.2000 Gazette 2000/06)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER NOCKENWELLE AUS STAHL UND NACH DIESEM
VERFAHREN HERGESTELLTE NOCKENWELLE**

METHOD FOR THE PRODUCTION OF A STEEL CAMSHAFT AND CAMSHAFT PRODUCED
ACCORDING TO SAID METHOD

PROCEDE POUR PRODUIRE UN ARBRE A CAMES EN ACIER, ET ARBRE A CAMES AINSI
PRODUIT

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **25.07.1998 DE 19833594**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.05.2001 Patentblatt 2001/18

(73) Patentinhaber: **MAHLE Ventiltrieb GmbH
70376 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:

- **BASLER, Martin**
D-74405 Gaildorf (DE)
- **ENGELHART, Ulrich**
D-70736 Fellbach (DE)
- **GRAHLE, Peter**
D-70839 Gerlingen (DE)
- **KORTE, Volker**
D-73266 Bissingen (DE)
- **SCHMID, Jürgen**
D-74405 Gaildorf-Münster (DE)
- **VOGELSANG, Matthias**
D-70178 Stuttgart (DE)
- **WIESENMÜLLER, Jens**
D-49536 Lienen (DE)

(74) Vertreter: **Patentanwalts-Partnerschaft
Rotermund + Pfusch + Bernhard
Waiblinger Strasse 11
70372 Stuttgart (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
US-A- 4 673 023

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 567 (M-908), 15. Dezember 1989 (1989-12-15) & JP 01 238765 A (JIDOSHA IMONO KK), 22. September 1989 (1989-09-22)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 04, 31. Mai 1995 (1995-05-31) & JP 07 001076 A (KUBOTA CORP), 6. Januar 1995 (1995-01-06)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 060 (M-796), 10. Februar 1989 (1989-02-10) & JP 63 264248 A (MAZDA MOTOR CORP), 1. November 1988 (1988-11-01)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 375 (M-1010), 14. August 1990 (1990-08-14) & JP 02 137641 A (TOKICO LTD), 25. Mai 1990 (1990-05-25)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 467 (M-1317), 29. September 1992 (1992-09-29) & JP 04 167946 A (KUBOTA CORP), 16. Juni 1992 (1992-06-16)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 260 (C-607), 15. Juni 1989 (1989-06-15) & JP 01 062444 A (KAWASAKI STEEL CORP), 8. März 1989 (1989-03-08)**

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).

EP 1 094 908 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zu Herstellung einer hohlen Nockenwelle aus Stahl.

[0002] Nockenwellen aus Stahl sind beispielsweise bekannt aus JP 02 102 302 A.

[0003] Aus JP 61 115 660 A, JP 62 296 935 A, JP 41 67 946 A, JP 12 38 765 A und JP 63 26 42 48 A ist es bekannt, Nockenwellen aus Eisenwerkstoffen in einem "Lost Foam"-Gießverfahren herzustellen.

[0004] Die Erfindung beschäftigt sich mit dem Problem, eine hohle Nockenwelle aus Stahl äußerst rationell herstellen zu können.

[0005] Gelöst wird dieses Problem durch ein Herstellungsverfahren mit sämtlichen Merkmalen des Patentanspruchs 1.

[0006] Zweckmäßige Ausgestaltungen dieses Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0007] Die Gießformen sind nach dem Prinzip des Lost Foam-Gießsystems aufgebaut. Dies bedeutet, dass die Nockenwelle mit einer äußerst geringen Materialzugabe für die Endbearbeitung als verlorene Form aus beispielsweise einem Polymer-Rohling erstellt und eingesetzt wird. Dieser sich beim Einfüllen des Stahlgusses auflösende Rohling wird in eine Sandform eingelegt, wobei auch der hohle Innenraum mit Sand ausgefüllt wird.

[0008] Als Polymer wird ein solches eingesetzt, das eine spezielle chemische Zusammensetzung aufweist, durch die schädliche Aufkohlungsprozesse beim Eingießen des flüssigen Stahls verhindert werden. Hierdurch werden die bei der Durchführung der erfindungsgemäßen Lehre erforderlichen hohen geometrischen Anforderungen an die Gießform erfüllt.

[0009] Zur Verhinderung von Gießfehlstellen und auch aus wirtschaftlichen Gründen dient der erfindungsgemäß eingesetzte Angussystem, durch das es möglich ist, eine Vielzahl von Nockenwellen, beispielsweise mehr als 50, gleichzeitig abzugießen. Zur Gewährleistung der Stabilität einer sogenannten Traube aus mehr als 50 Nockenwellenrohlingen mit Angussystem dient das in den Unteransprüchen aufgezeigte Stecksystem. Dabei kann auf die Verwendung von Klebstoff verzichtet werden, was sich vorteilhaft auf die Gußqualität auswirkt.

[0010] Erfindungsgemäß hergestellte Nockenwellen sind geeignet und bestimmt für Ventiltriebe von Verbrennungsmotoren, bei denen die Ventilbetätigung insbesondere über einen Rollenkontakt zur Nockenwelle erfolgt. In diesen Fällen werden Nockenwellen benötigt, die Hertzsche Flächenpressungen von bis zu 2.500 MPa während der gesamten Motorlebensdauer ohne Laufflächenbeschädigungen ertragen können. Die Ausführung als hohle Nockenwelle besitzt den Vorteil, einerseits Gewicht einzusparen und andererseits durch die Nockenwelle hindurch schmieren zu können.

[0011] Ein Ausführungsbeispiel für das erfindungsgemäße Verfahren ist in der Zeichnung dargestellt.

[0012] In dieser zeigt in schematischer Darstellung die einzige

Fig. 1 einen Sandformkasten ohne Sand mit einer aus einer Vielzahl einzelner, untereinander verbundener Modelle bestehenden Gieß-Einrichtung.

[0013] Die dargestellte Gieß-Einrichtung besteht aus einem zentralen, lotrecht ausgerichteten Einfüllkanal 1 für in die Einrichtung einzufüllendes flüssiges Gußmaterial, der an seinem unteren Ende über horizontal sternförmig abzweigende Verbindungskanäle 2 mit Eingießkanälen 3 für die aufschmelzbaren Modelle 4 verbunden ist. Sämtliche vorgenannten Teile bestehen aus unter dem Gußmaterial aufschmelzendem Material wie beispielsweise einem bei Lost Foam-Gießverfahren bekannten Polymer. Allerdings kann es zweckmäßig sein, den Einfüllkanal 1 aus einem nicht schmelzendem Material auszubilden.

[0014] Die Nockenwellen-Modelle 4 sind achsparallel zu dem jeweiligen Eingießkanal 3, um den sie verteilt sind, angeordnet und mit diesem über dessen Höhe über mehrere Anschnitt-Verbindungen 5 verbunden.

[0015] Die einzelnen Eingießkanäle 3, von denen eine Vielzahl vorhanden sein kann, sind an ihren oberen Enden jeweils mit einem Keramikstopfen 6 als Drosselventil verschlossen.

[0016] Die während der Durchführung des Gießverfahrens aufschmelzenden Teile 1, 2, 3, 4, und gegebenenfalls auch 5 der Gießeinrichtung sind an ihren Oberflächen jeweils mit einer formstabil wirkenden Schlichte überzogen. Das Material dieser Schlichte sorgt im übrigen für eine ausreichende Permeabilität der beim Auflösen der verlorenen Formteile, das heißt der Polymer-teile, sich bildenden Gase. Diese Schlichte sorgt insbesondere für eine hohe Oberflächengüte der erfindungsgemäß erzeugten Nockenwellen.

[0017] Vor dem Füllen der Gießeinrichtung mit flüssigem Gußmaterial wird ein Formkasten 7 mit Sand derart aufgefüllt, dass sämtliche ausschmelzbaren Formteile vollständig von Sand eingeschlossen sind. Vollständig eingeschlossen bedeutet bei den Nockenwellengießformen, dass diese jeweils auch in ihrem inneren, profilierten Hohlraum vollständig mit Sand ausgefüllt sind. Der die Formteile umschließende Sand wird lediglich als loser Sand in den Formkasten 7 eingefüllt und dort in keiner besonderen Weise verpresst. Während des Einfüllens des Formsandes vibriert der Formkasten 7 zur Erzielung einer guten Formsandverteilung.

[0018] Bei für das Einfüllen des Gießmaterials vorbereitetem Zustand des Formkastens mit darin befindlicher Gießeinrichtung ragen lediglich die, die Eingießkanäle 3 verschließenden Keramikstopfen 6 und ein Einfülltrichter des zentralen Einfüllkanales 1 aus dem eingefüllten Sand heraus.

[0019] Die einzelnen Teile der Gießeinrichtung sind, soweit sie nicht einstückig hergestellt sind, einfach kraft-

schlüssig ineinandergesteckt. Ineinandergesteckt sind insbesondere der Einfüllkanal 1 in ein aus den Verbindungskanälen 2 gebildetes Verbundteil sowie die Eingießkanäle 3 in die Verbindungskanäle 2. Auch die Nockenwellen-Modelle 4 sind an den jeweiligen Eingießkanal 3 lediglich angesteckt und zwar über die Anschnitt-Verbindungen 5. Selbst die Nockenwellen-Modelle 4 können aus Einzelteilen in axialer Richtung aufgebaut und zusammengesteckt sein.

[0020] Der Ablauf des Befüllens einer innerhalb eines Formkastens 7 in Sand eingeförmten Gießeinrichtung stellt sich wie folgt dar.

[0021] Flüssiges Gießmaterial wird in den Einfüllkanal 1 eingeföhrt und gelangt über die Verbindungskanäle 2 von unten in die Eingießkanäle 3. Von dort dringt das Gießmaterial durch die Anschnittverbindungen 5 in die einzelnen Nockenwellen-Modelle 4 ein, wobei das Gießmaterial gleichmäßig in dem jeweiligen Eingießkanal 3 und den mit diesem verbundenen Nockenwellen-Modelle 4 aufsteigt. Durch die Keramikstopfen 6 entsteht beim Eindringen des Gießmaterials in die Eingießkanäle 3 in diesen ein gewisser oberhalb Atmosphärendruck liegender Gießdruck. Unter der Hitze des Gießmaterials lösen sich die einzelnen Formteile der Gießeinrichtung in einer Art auf, wie es bei dem an sich bekannten Lost Foam-Gießverfahren an sich üblich ist. Für die Erzielung einer guten Gußqualität sowie die Gewährleistung einer ausreichenden Formstabilität der Gießeinrichtung während des Gießvorganges ist der Schichten-Überzug auf den einzelnen Formteilen von besonderer Bedeutung.

[0022] Nach Abschluß des Gießvorganges und Erstarren des Gießmaterials kann das Gußmaterial in der Form der Gießeinrichtung einfach aus dem Sandbett des Formkastens 7 herausgezogen und durch Rütteln vollständig von dem Gießsand befreit werden. Damit ist ein äußerst rationelles Herstellungsverfahren gegeben. Es können beispielsweise mehr als 50 Nockenwellen in einer einzigen System-Anordnung in einem einzigen Gießvorgang erzeugt werden. Die einzelnen Nockenwellen müssen nach ihrer Herstellung in dem beschriebenen Gießverfahren selbstverständlich noch von den jeweiligen Angüssen bzw. Angusskanälen mechanisch befreit werden. Dies ist jedoch auf einfache, fachübliche Weise möglich.

[0023] Ein besonders günstiger Werkstoff für eine erfindungsgemäß herstellbare Nockenwelle besitzt folgende Zusammensetzung in Gewichts-%:

Kohlenstoff	0,5 bis 2, 5 %
Chrom	1 bis 18 %
Silicium	0,1 bis 1 %
Mangan	0,1 bis 1 %
Molybdän	0,1 bis 2 %
Vanadium	0,1 bis 2 %
Wolfram	0,1 bis 2 %

(fortgesetzt)

sonstige Elemente bis zu 4 %

[0024] Nach dem Gußvorgang werden die Nockenwellen an den Lagerstellen und den Nockenlaufstellen mechanisch vorbearbeitet, randschichtverfestigt durch beispielsweise induktives Härten, Einsatzhärten, Karbonitrieren oder andere vergleichbare Verfahren und sodann fertig bearbeitet. Die Fertigbearbeitung erfolgt zweckmäßigerweise durch Schleifen.

[0025] Als typisches Merkmal weisen erfindungsgemäße Nockenwellen an Stellen, die nicht mechanisch bearbeitet werden, ein von Styroporteilchen her bekanntes, typisches Oberflächenrelief auf. Der Hohlraum der Nockenwelle wird mechanisch nicht bearbeitet. An Stellen der Nockenwelle, die nicht speziell randschichtverfestigt werden, beträgt die Oberflächenhärte 150 bis 400 HB. Die Größe der Gussfehlstellen ist durch das erfindungsgemäße Verfahren in einem Bereich von 1 mm unterhalb der Nockenoberflächen auf 0,1 mm begrenzt. Die Härte der Nockenoberfläche beträgt dort, abhängig von der geforderten Flächenpressung, zwischen 35 und 70 HRC. Die Nockenoberfläche weist typischerweise Eigenspannungen zwischen 50 und 600 MPa auf. Das Gefüge der erfindungsgemäßen Nockenwelle ist ferritisch-perlitisch oder ledeburitisch. Im Bereich der Randschichtverfestigung liegen typischerweise martensitische oder bainitische Gefüge vor.

[0026] Bei speziellen erfindungsgemäßen Ausführungen der Randschichtverfestigung können in diesem Bereich auch um 0,1 bis 3 % erhöhte C-, N- oder B-Gehalte vorliegen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer hohlen Nockenwelle aus Stahl,

- in einem an sich bekannten "Lost Foam"-Gießverfahren mit einem aufschmelzbaren Modell (4), bei dem das gesamte Material der Nockenwelle in einem einzigen Gießprozess in die Gießform eingebracht und das Modell (4) von Formsand um- und ausgefüllt wird, wobei
- die Nockenwelle durch Ausfüllen eines innerhalb des Formsands stehenden und von dem Formsand um- und ausgefüllten Modells (4) gegossen wird,
- die Stahlschmelze von unten in das Modell (4) eingeföhrt wird,
- über die Höhe des Modells (4) Anschnitte (5) zu einem achsparallel zur Achse des Modells (4) verlaufenden Eingusskanal (3) vorgesehen sind, durch den die Stahl-

- schmelze von unten eingeführt wird,
- der Eingusskanal (3) an seinem oberen Ende versehen ist mit einer Drosseleinrichtung zur Erzeugung eines Atmosphärendruck übersteigenden Druckes innerhalb dieses Kanals während des Gießvorgangs. 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Nockenwelle eine profilierte, zylindrische Innenform aufweist. 10
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drosseleinrichtung ein Keramikstopfen (6) ist. 15
 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** über den Umfang eines Eingusskanals (3) verteilt mehrere Nockenwellen-Modelle (4) angeschlossen sind. 20
 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Eingusskanäle (3) von einem gemeinsamen, achsparallel zu den Eingusskanälen (3) verlaufenden Einfüllkanal (1) versorgt werden. 25 30
 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nockenwellen-Modelle (4) und die Gießkanäle (1, 2, 3, 5) zumindest teilweise durch lediglich kraftschlüssige Steckverbindungen miteinander verbunden sind. 35
 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nockenwellen-Modelle (4) aus einzelnen, lediglich ineinandergesteckten Einzelteilen bestehen. 40 45
 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sämtliche Nockenwellen-Modelle (4) sowie Gießkanäle (1, 2, 3, 5) lediglich in einem Formkasten mit lose eingebrachtem Gießsand um- und ausgefüllt werden. 50
 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur Herstellung einer Nockenwelle mit folgender Legierungszusammensetzung in Gewichts-Prozenten: 55

Kohlenstoff	0,5 bis 2,5 %
Chrom	1 bis 18 %
Silicium	0,1 bis 1 %
Mangan	0,1 bis 1 %
Molybdän	0,1 bis 2 %
Vanadium	0,1 bis 2 %
Wolfram	0,1 bis 2 %
sonstige Elemente	bis zu 4 %
Rest Eisen	

Claims

1. A procedure for manufacturing a hollow steel camshaft
 - in a known lost-foam casting operation having a meltable casting mold (4) in which all the material of the camshaft is poured into a casting mold (4) in a single operation and the casting mold (4) is filled and enveloped by mold sand, wherein
 - the camshaft is cast by filling a casting mold (4) that is filled with and enveloped in mold sand,
 - the molten steel is introduced into the casting mold from underneath,
 - gates (5) are provided over the height of the casting mold (4) leading to a casting channel (3) running axially parallel to the axis of the casting mold (4), the molten steel being introduced from underneath through said casting channel,
 - the casting channel (3) is provided at its upper end with a throttle device for generating a pressure in excess of atmospheric pressure within this channel during the casting operation.
2. The procedure according to claim 1, wherein the camshaft has a profiled cylindrical inner mold.
3. The procedure according to claim 1 or 2, **characterized in that** the throttle device is a ceramic stopper (6).
4. The procedure according to any one of the preceding claims, **characterized in that** several camshaft casting molds (4) are connected, distributed over the periphery of a casting channel (3).
5. The procedure according to any one of the preceding claims, **characterized in that** several casting channels (4) are supplied by a shared fill channel (1) running axially parallel to the casting channels (3).

6. The procedure according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the camshaft casting molds (4) and the casting channels (1, 2, 3, 5) are at least partially interconnected by only non-positive plug connections.
7. The procedure according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the camshaft casting molds (4) consist of separate, individual parts that are only fitted into each other.
8. The procedure according to any one of the preceding claims, **characterized in that** all camshaft casting molds (4) and casting channels (1, 2, 3, 5) are filled with and enveloped in loosely poured casting sand only in a mold box.
9. The procedure according to any one of the preceding claims for manufacturing a camshaft having the following allow composition in weight percent:

Carbon	0.5 to 2.5 %
Chromium	1 to 18 %
Silicon	0.1 to 1 %
Manganese	0.1 to 1 %
Molybdenum	0.1 to 2 %
Vanadium	0.1 to 2 %
Tungsten	0.1 to 2 %
Other elements	up to 4 %
Remainder iron.	

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un arbre à cames creux en acier,
- dans un procédé de coulée « lost foam » connu en soi avec un modèle fusible (4), dans lequel tout le matériau de l'arbre à cames est introduit dans le moule dans un processus de coulée unique et le modèle (4) est entouré et rempli de sable de moulage,
 - l'arbre à cames étant coulé par remplissage d'un modèle (4) situé à l'intérieur du sable de moulage et entouré et rempli du sable de moulage,
 - la fusion d'acier étant introduite à partir du bas dans le modèle (4),
 - des attaques (5) étant prévues sur la hauteur du modèle (4) en direction d'une descente de coulée (3) s'étendant parallèlement à l'axe du modèle (4), descente au travers de laquelle est introduite à partir du bas la fusion d'acier,
 - la descente de coulée (3) étant munie sur son extrémité supérieure d'un dispositif d'étrangle-

ment pour générer une pression dépassant la pression atmosphérique à l'intérieur de cette descente pendant l'opération de coulée.

2. Procédé suivant la revendication 1, dans lequel l'arbre à cames présente une forme intérieure cylindrique, profilée.
3. Procédé suivant l'une des revendications 1 et 2, **caractérisé en que** le dispositif d'étrangement est un bouchon de coulée céramique (6).
4. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé par** le raccordement de plusieurs modèles d'arbres à cames (4) répartis sur le pourtour d'une descente de coulée (3).
5. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** plusieurs descentes de coulée (3) sont alimentées par un chenal d'alimentation (1) commun, s'étendant parallèlement à l'axe des descentes de coulée (3).
6. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les modèles d'arbres à cames (4) et les conduits de coulée (1, 2, 3, 5) sont assemblés entre eux, au moins en partie, par des assemblages par emboîtement uniquement par force d'adhérence.
7. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les modèles d'arbres à cames (4) sont constitués d'éléments individuels, uniquement emboîtés les uns dans les autres.
8. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** tous les modèles d'arbres à cames (4) ainsi que les conduits de coulée (1, 2, 3, 5) sont entourés et remplis uniquement dans un châssis de sable de coulée déversé en vrac.
9. Procédé suivant l'une des revendications précédentes pour la fabrication d'un arbre à cames avec la composition d'alliage suivante en pourcentages en poids :

Carbone	0,5 à 2,5%
Chrome	1 à 18%
Silicium	0,1 à 1%
Manganèse	0,1 à 1%
Molybdène	0,1 à 2%
Vanadium	0,1 à 2%
Tungstène	0,1 à 2%
Autres éléments	jusqu'à 4%

(suite)

Reste fer

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

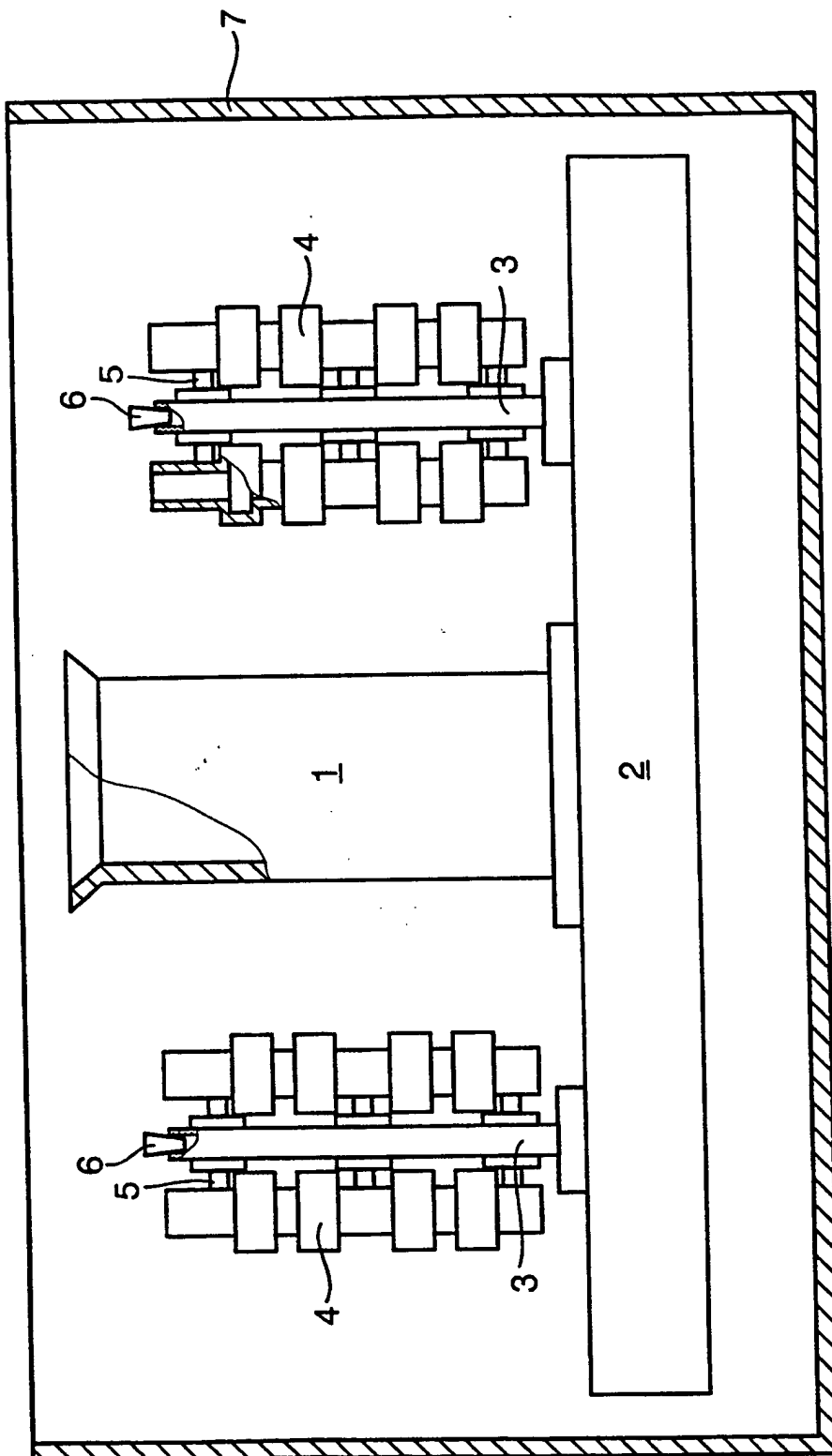


Fig. 1