

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 88112135.4

51 Int. Cl.4: **F02F 3/18 , F02F 3/26**

22 Anmeldetag: 27.07.88

30 Priorität: 05.08.87 DE 3726027

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.02.89 Patentblatt 89/06

84 Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

71 Anmelder: **ALCAN DEUTSCHLAND GMBH**
Hannoversche Strasse 2
D-3400 Göttingen(DE)

72 Erfinder: **Rösch, Fritz, Dipl.-Ing.**
Kirchenweg 4
D-8540 Schwabach(DE)
Erfinder: **Otte, Bernd, Dr.-Phys.**
Hubertusstrasse 8
D-8502 Zirndorf(DE)

74 Vertreter: **Eitle, Werner, Dipl.-Ing. et al**
Hoffmann, Eitle & Partner Patentanwälte
Arabellastrasse 4
D-8000 München 81(DE)

54 **Wärmebeaufschlagtes Bauteil.**

57 Die Erfindung betrifft ein zonenweise unterschiedlich wärmebeaufschlagtes Bauteil von Maschinen, Anlagen oder anderen Vorrichtungen, insbesondere Bauteil von Wärmekraftmaschinen. Um in diesen Bauteilen den Spannungsverlauf über der Temperatur in thermisch hochbeaufschlagten Teilen oder Bereichen dadurch günstiger zu gestalten, daß die angrenzenden kälteren Bereiche ihre Ausdehnung nicht reduzieren oder verhindern, ist im Werkstoff des Bauteils, beispielsweise eines Kolbens einer Verbrennungskraftmaschine, benachbart zu den Zonen hoher Wärmebeaufschlagung, mindestens ein abgeschlossener Hohiraum (3, 4) vorgesehen, der vollständig mit einem Material ausgefüllt ist, das einen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten hat als der ihn umschließende Werkstoff des Bauteils.

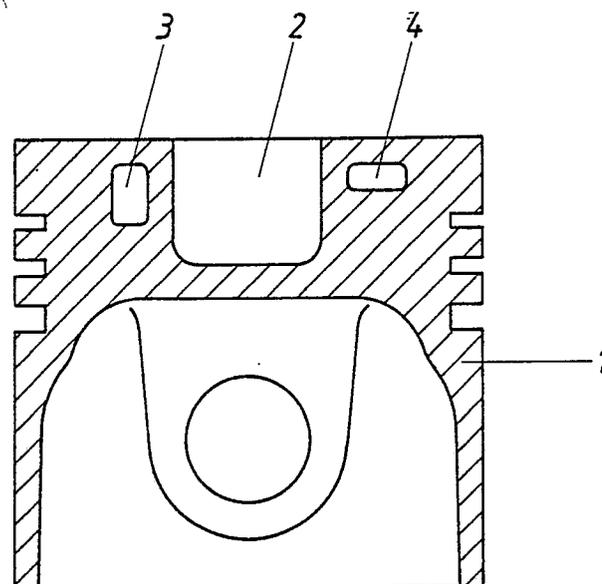


Fig. 1

EP 0 302 380 A2

Wärmebeaufschlagtes Bauteil

Die Erfindung betrifft ein zonenweise unterschiedlich wärmebeaufschlagtes Bauteil von Maschinen, Anlagen oder anderen Vorrichtungen.

In thermisch hochbeanspruchten und dadurch stark erwärmten Teilen oder Bereichen (sogenannte hot-spots) von unterschiedlich wärmebeaufschlagten Bauteilen, wie z.B. Kolbenoberflächen von Verbrennungskraftmaschinen, welche direkt mit den heißen Verbrennungsgasen in Berührung kommen, treten durch Temperaturgradienten örtlich unterschiedliche Wärmedehnungen auf. Diese Bereiche werden in ihrer Wärmedehnung durch benachbarte seitlich oder ober- oder unterhalb liegende kältere Bereiche behindert. Dadurch bauen sich in den hocheiwärmten Teilen oder Bereichen Druckspannungen auf, die zu plastischer Stauchung des Materials dieser Bereiche oder Teile (hot-spots) führen, die bei deren nachfolgender Abkühlung in diesen Bereichen wiederum Zugspannungen ergeben. Diese Phänomene ergeben sich daraus, daß es mit zunehmender Temperatur zum Druckaufbau mit elastischer Verformung des Materials nach dem Hooke'schen Gesetz kommt, bis bei einer bestimmten Temperatur die Elastizitätsgrenze des Werkstoffs erreicht wird. Bei weiterer Temperatursteigerung über seine Elastizitätsgrenze hinaus wird der Werkstoff plastisch verformt und gelangt zum Fließen. Beim Wiederabkühlen bauen sich in dem vorher durch den genannten Druckaufbau gestauchten Materialbereich Zugspannungen auf, die bei niedrigeren Temperaturen wiederum die Elastizitätsgrenze des Werkstoffes überschreiten und in diesem zu plastischen Dehnungen führen können. Beim nächsten und jeden weiteren Temperaturzyklus erfolgt ein ständiger Wechsel von Stauchen und Dehnen, was schließlich zur Ribbildung führt.

Derartige Erscheinungen treten z.B. bei einer Brennkraftmaschine insbesondere im Steg (in der Brücke) zwischen Einlaß- und Auslaßventil des Zylinderkopfes und am Rand der Brennraummulde des Kolbens auf.

Um dieses Problem zu lösen, hat man bei Verbrennungskraftmaschinen in deren thermisch hochbeanspruchten Teilen oder Bereichen Kühlkanäle vorgesehen, die von Öl, Wasser oder Luft als Kühlmedium durchströmt werden (DE-AS 15 76 733 und FR-PS 1 494 256). Diese Kühlkanäle haben einen Zu- und Ablauf für das durchströmende Kühlmedium. Auch hat man fest abgeschlossene mit Kühlmedium gefüllte Hohlräume vorgesehen, wobei das Kühlmedium die Hohlräume nur zum Teil ausfüllt (DE-PS 762 820, DE-AS 15 76 733 und DE-p 22 711 D). Mit diesen Kühlkanälen oder Kühlräumen kann die Temperatur in den kritischen Zo-

nen abgesenkt werden. Die örtliche Temperaturabsenkung bewirkt aber auch eine Erhöhung des Temperatur- und damit auch des Spannungsgradienten. Normalerweise können die Temperaturen nicht so weit abgesenkt werden, um die durch den vorgenannten ständigen Spannungswechsel eintretende Ribbildung ganz zu verhindern.

Man hat daher auch versucht, die Eigenschaften der Werkstoffe von wärmebeaufschlagten Bauteilen von Verbrennungskraftmaschinen in deren besonders hochbeaufschlagten Teilen oder Bereichen zu verbessern. z.B. durch Beschichten dieser Teile oder Bereiche mit hochtemperaturbeständigen metallischen, keramischen oder metallkeramischen Werkstoffen, die zum Teil auch als Wärmedämmschichten wirken sollen, oder durch Einsetzen von keramischen oder metallischen Armierungen, durch schweißtechnisches Einlegieren von festigkeitssteigernden Elementen oder durch Einbetten verstärkender Fasern. Es hat sich jedoch gezeigt, daß die aufgebrachtten Schichten oft eine nicht ausreichende Haftfestigkeit haben, daß die keramischen Einsätze aufgrund ihres spröden Materials einer Bruchgefahr unterliegen und daß beim Einbetten von Verstärkungsfasern Fertigungsprobleme entstehen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, bei zonenweise unterschiedlich wärmebeaufschlagten und damit unterschiedlich erhitzten Bauteilen den Spannungsverlauf über der Temperatur in thermisch hochbeaufschlagten Teilen oder Bereichen dadurch günstiger zu gestalten, daß ihre durch die angrenzenden kälteren Bereiche bedingte Ausdehnungsbehinderung reduziert oder gar beseitigt wird. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß im Werkstoff des Bauteils außerhalb der Zonen hoher Wärmebeaufschlagung jedoch benachbart zu diesen mindestens ein abgeschlossener Hohlraum vorgesehen ist, der vollständig mit einem Material ausgefüllt ist, das einen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten als der ihn umschließende Werkstoff des Bauteils hat. Dabei hat das den Hohlraum vollständig füllende Material zweckmäßig einen wesentlich höheren Ausdehnungskoeffizienten als der Werkstoff des den Hohlraum enthaltenden Bereichs oder Teils der Maschine. Damit wird den weniger stark erwärmten Zonen oder Teilen durch das dort vorgesehene Material mit höherem Wärmeausdehnungskoeffizienten eine den stärker erwärmten Zonen oder Teilen des Bauteils angegliche thermische Ausdehnung gegeben, um Druck- und Zugspannungen in den stärker erwärmten Zonen oder Bereichen, die zur Ribbildung führen können, zu vermeiden. Die Erfindung liegt also darin, in diesen

weniger stark erwärmten Bereichen eine möglichst gleich hohe thermische Ausdehnung wie den benachbarten stärker erwärmten Bereichen des Bauteils dadurch zu geben, daß man in den weniger stark erwärmten Bereich Körper oder Materialien mit höherem thermischen Wärmeausdehnungskoeffizienten einsetzt.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist das Ausdehnungsmaterial ein den Hohlraum formschlüssig und vollständig ausfüllender Körper, der bei den in einer Verbrennungskraftmaschine herrschenden üblichen Temperaturen festen Aggregatzustand hat. Es ist aber auch möglich, als Ausdehnungsmaterial ein solches zu verwenden, das bei normaler Umgebungstemperatur fest ist und erst bei höheren Temperaturen, beispielsweise solchen, die sich bei im Betrieb der Maschine in deren hochbeaufschlagten Teilen oder Bereichen ergeben, flüssig ist, so daß dessen verstärkte Ausdehnungswirkung erst oberhalb einer bestimmten Temperatur eintritt. Dabei kann insbesondere der bei den meisten Stoffen beim Wechsel ihres Aggregatzustandes auftretende Volumensprung nutzbar gemacht werden. Als solches Ausdehnungsmaterial kommen z.B. niedrigschmelzende Metalle in Frage. Es kann jedoch auch ein bei normaler Umgebungstemperatur flüssiges Ausdehnungsmaterial verwendet werden.

Dieses Ausdehnungsmaterial, ob als fester Körper oder als Flüssigkeit, erfährt wegen seines wesentlich höheren Ausdehnungskoeffizienten bei Temperaturen, die unterhalb derjenigen der hochwärmebeaufschlagten Teile oder Bereiche der Maschine liegen, eine ähnlich starke Ausdehnung wie diese Teile oder Bereiche. Dadurch zwingen sie diesen an die Hot-spot-Bereiche angrenzenden Bereichen der Maschine eine Ausdehnung von gleicher Größenordnung auf wie sie die Hot-spot-Bereiche erfahren. Hierdurch tritt in diesem thermisch hochbeaufschlagten Teilen oder Bereichen der Maschine keine oder nahezu keine Behinderung ihrer Ausdehnung auf, so daß auch bei häufigem Temperaturwechsel keine oder nahezu keine zyklische Stauchung und Dehnung dieser Teile oder Bereiche der Maschine entsteht.

Wenn als Ausdehnungsmaterial eine Flüssigkeit verwendet wird, kann man diese Flüssigkeit in eine Kapsel oder Hülse aus Metall od.dgl. einschließen und ebenso wie einen Festkörper während des Gießens des thermisch hochbeaufschlagten Maschinenteils oder mit Hilfe mechanischer Fügmethoden an geeigneter Stelle in den Werkstoff des Maschinenteils formschlüssig einbetten. Man kann aber auch in diesem Maschinenteil zunächst einen Hohlraum erzeugen, der später, z.B. über einen Füllstutzen, mit dem Ausdehnungsmaterial gefüllt und verschlossen wird.

Der Vorteil der Verwendung eines flüssigen

Ausdehnungsmaterials besteht darin, daß der Wärmeausdehnungskoeffizient von Flüssigkeiten um einen Faktor von ca. 100 über dem Ausdehnungskoeffizienten von Festkörpern liegt. So haben z.B. Aluminiumlegierungen, die üblicherweise für die Herstellung der Teile von Verbrennungskraftmaschinen, insbesondere Kolben, verwendet werden, lineare Ausdehnungskoeffizienten im Bereich von 21 bis 24 $\cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}$, was einem kubischen Ausdehnungskoeffizienten von ca. 65 $\cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}$ entspricht. Demgegenüber liegt der kubische Ausdehnungskoeffizient von Flüssigkeiten im Bereich von 10^{-4}K^{-1} . Er ist z.B. für Glycerin 5 $\cdot 10^{-4} \text{K}^{-1}$, für Benzol 12,3 $\cdot 10^{-4} \text{K}^{-1}$, für Quecksilber 8,3 $\cdot 10^{-4} \text{K}^{-1}$.

In den Zeichnungen ist die Verwirklichung des Erfindungsgedankens einerseits bei einem Kolben und andererseits im Zylinderkopf einer Verbrennungskraftmaschine in verschiedenen Ausführungsvarianten dargestellt, die im folgenden näher beschrieben werden:

Fig. 1 zeigt einen Axialschnitt durch den Kolben einer Verbrennungskraftmaschine,

Fig. 2 zeigt einen abgebrochenen Teil des Zylinderkopfes einer Verbrennungskraftmaschine vom Brennraum aus gesehen in einer ersten Ausführungsform,

Fig. 3 zeigt ebenfalls einen abgebrochenen Teil des Zylinderkopfes einer Verbrennungskraftmaschine vom Brennraum aus gesehen in einer zweiten Ausführungsform.

Der in Fig. 1 gezeigte Kolben 1 besitzt in seinem Kolbenkopf eine Brennraummulde 2. Hinter dem seitlichen Rand dieser Brennraummulde sind im Werkstoff des Kolbenkopfes der Brennraummulde benachbart liegende in sich abgeschlossene Hohlräume 3, 4 vorgesehen, die sich teilweise um die Mulde herum erstrecken und unterschiedliche Querschnittsform haben. Die Anordnung dieser Hohlräume ist so getroffen, daß sie gerade in denjenigen Bereichen des Kolbenkopfes liegen, in deren Nähe eine besonders hohe thermische Beaufschlagung des Kolbenwerkstoffes erfolgt. Es ist aber auch möglich, einen einzigen völlig abgeschlossenen Ringraum um die ganze Brennraummulde herum anzuordnen, der gleichen oder wechselnden Querschnitt haben kann. Dieser Raum bzw. diese Räume sind bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel mit einer flüssigen Substanz als Ausdehnungsmaterial gefüllt, das einen höheren Ausdehnungskoeffizienten hat als der Werkstoff des den Hohlraum umgebenden Bereichs des Kolbenkopfes, so daß sich die flüssige Substanz bei Erwärmung stärker ausdehnt als der Werkstoff des Kolbenkopfes. Obwohl der die Hohlräume 3, 4 umgebende Bereich des Kolbenkopfes im Motorbetrieb nicht so stark erhitzt wird wie der Rand der Brennraummulde 2, wird dadurch in beiden Berei-

chen eine angenähert gleich große Ausdehnung wirksam, und die Entstehung eines Spannungsgradienten zwischen diesen beiden Bereichen weitgehend vermieden.

Bei dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel eines Zylinderkopfes 7 ist unterhalb der Oberfläche 6 des Brennraumes ein länglicher Hohlraum 7 vorgesehen, der sich von der Seite des Zylinderkopfes in den Bereich zwischen dem Einlaßventil 8 und dem Auslaßventil 9 und dem Vorkammereintritt 10 hineinerstreckt. Dieser Hohlraum 7 mündet an der Seite des Zylinderkopfes aus und ist dort mit einem Anschluß 10 zum Anschließen an die Motorölversorgung 11 der Verbrennungskraftmaschine versehen. Dabei kann der Anschluß mit einem Rückschlagventil versehen sein, welches eine Reduzierung des im Hohlraum 7 gewünschten Druckaufbaus bei Temperaturbeaufschlagung des Zylinderkopfes über längere Zeiträume verhindert. Der durch Undichtigkeit oder durch Diffusionsvorgänge evtl. entstehende Ölverlust im Hohlraum 7 kann durch die Verbindung mit dem Druckölreservoir des Motors über das Rückschlagventil bei niedrigeren Temperaturen automatisch wieder ausgeglichen werden. Der Anschluß kann ebenso auch mit einem Druckbegrenzungsventil ausgestattet sein.

Es ist aber auch möglich, den Hohlraum 7 bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel nach Füllung mit dem Ausdehnungsmaterial im Bereich des Anschlusses 10 fest und dauerhaft zu verschließen.

Bei dem in Fig. 3 gezeigten Ausführungsbeispiel eines Zylinderkopfes 5 mit Einlaß- und Auslaßventilen 8, 9 und einem Vorkammereintritt 10 in seiner Brennraumboberfläche sind im Zylinderkopf nahe den Außenseiten des Ein- und Auslasses 8, 9 langgestreckte Hohlräume 12, 13 vorgesehen, die an einer Seite des Zylinderkopfes mit Anschlüssen 14, 15 für den Anschluß an die Motorölversorgung und/oder für Druckbegrenzungsventile ausmünden. Diese Hohlräume 12, 13 liegen etwas außerhalb der thermisch hochbeanspruchten Zonen des Zylinderkopfes, so daß die für eine Spannungsentlastung sorgenden Dehnkräfte im Werkstoff des Zylinderkopfes aus einer gewissen Entfernung auf den Hot-spot-Bereich einwirken.

Die erfindungsgemäßen abgeschlossenen und mit Ausdehnungsmaterial gefüllten Hohlräume können aber auch bei anderen thermisch hochbeaufschlagten Teilen oder Bereichen einer Verbrennungskraftmaschine als den in den Zeichnungen angegebenen angewendet werden. Dabei sind diese Hohlräume zweckmäßig in Werkstoffbereichen der Maschine oder Teilen der Maschine anzuordnen, die an thermisch hochbeaufschlagte Teile oder Bereiche der Maschine unmittelbar angrenzen, um diese thermisch minderbeauf-

schlagten Teile oder Bereiche bei Temperaturerhöhung einer etwa ebenso großen Dehnung zu unterwerfen wie die hochbeaufschlagten Bereiche oder Teile der Maschine.

Die Erfindung ist aber auch bei anderen Maschinen, Anlagen oder Vorrichtungen anwendbar, bei welchen zonenweise unterschiedlich wärmebeaufschlagte Bauteile vorhanden sind. So können die erfindungsgemäßen, mit Ausdehnungsmaterial gefüllten Hohlräume u.a. auch bei anderen Wärmekraftmaschinen, bei Turbinenschaufeln, bei Anlagenteilen im Reaktorbau und bei chemischen Apparaten angewendet werden, um nur einige Anwendungsbeispiele zu nennen. Die Erfindung ist auch bei Gieß-, Schmiede- und Preßwerkzeugen anwendbar, um bei diesen meist aus Stahlblöcken herausgearbeiteten Konturwerkzeugen die insbesondere durch den Einfluß von Spannungsgradienten gegebene Gefahr des Maß- und Konturenverlustes weitgehend zu vermeiden.

Ansprüche

1. Zonenweise unterschiedlich wärmebeaufschlagtes Bauteil von Maschinen, Anlagen oder anderen Vorrichtungen, insbesondere Bauteil von Wärmekraftmaschinen, dadurch gekennzeichnet, daß im Werkstoff des Bauteils außerhalb der Zonen hoher Wärmebeaufschlagung aber diesen benachbart mindestens ein Hohlraum (3, 4, 7, 8, 9) vorgesehen ist, der vollständig mit einem Material ausgefüllt ist, das einen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten als der den Hohlraum umgebende Werkstoff des Bauteils hat.
2. Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlraum (3, 4, 7, 8, 9) vollständig geschlossen ist.
3. Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Material mit höherem Wärmeausdehnungskoeffizienten ein den Hohlraum (3, 4, 7, 8, 9) formschlüssig und vollständig ausfüllender Körper ist, der zumindest bei normaler Umgebungstemperatur festen Aggregatzustand hat.
4. Bauteil nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Material mit höherem Wärmeausdehnungskoeffizienten ein solches ist, das bei normaler Umgebungstemperatur fest und bei im Betrieb der Maschine in deren den Hohlraum (3, 4, 7, 8, 9) enthaltenden Teil oder Bereich sich ergebenden erhöhten Temperaturen flüssig ist.
5. Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Material mit höherem Wärmeausdehnungskoeffizienten bei normaler Umgebungstemperatur flüssigen Aggregatzustand hat.

6. Bauteil nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausdehnungsflüssigkeit eine organische Substanz, wie z.B. Öl, insbesondere Motoröl, Glycerin, Benzol, oder eine anorganische Substanz, wie z.B. Quecksilber, ist. 5

7. Bauteil nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausdehnungsflüssigkeit in eine Kapsel oder Hülse eingeschlossen ist, die in den temperaturbeaufschlagten Teil bzw. Bereich der Maschine zumindest in ihrer Hauptdehnrichtung formschlüssig und fugenlos eingelagert ist. 10

8. Bauteil nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß an den die Ausdehnungsflüssigkeit aufnehmenden Hohlraum (3, 4, 7, 8, 9) ein aus dem den Hohlraum enthaltenden Maschinenteil ausmündender Füllstutzen angeschlossen ist, der durch einen Festkörper fest oder durch ein Ventil verschlossen ist. 15

9. Kolben für eine Verbrennungskraftmaschine als zonenweise unterschiedlich wärmebeaufschlagtes Bauteil gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein mit einem Material mit höherem Wärmeausdehnungskoeffizienten gefüllter Hohlraum (3, 4) im Kolbenkopf der Maschine angeordnet ist. 20 25

10. Kolben nach Anspruch 9, der in seinem Kopf eine Brennraummulde hat, dadurch gekennzeichnet, daß ein oder mehrere mit einem Material mit höherem Wärmeausdehnungskoeffizienten gefüllte Hohlräume (3, 4) nahe dem Rand der Brennraummulde (2) vorgesehen sind. 30

11. Zylinderkopf für eine Verbrennungskraftmaschine als zonenweise unterschiedlich wärmebeaufschlagtes Bauteil gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein mit einem Material mit höherem Wärmeausdehnungskoeffizienten gefüllter Hohlraum (7, 12, 13) im Zylinderkopf (5) angeordnet ist. 35

12. Zylinderkopf nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein mit einem Material mit höherem Wärmeausdehnungskoeffizienten gefüllter Hohlraum (7) im zwischen Ein- und Auslaßventil (8, 9) liegenden Bereich des Zylinderkopfes (5) angeordnet ist. 40

13. Zylinderkopf nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein mit einem Material mit höherem Wärmeausdehnungskoeffizienten gefüllter Hohlraum (7) im zwischen den Ein- und Auslaßventilen (8, 9) und dem Vorkammereinlaß (10) liegenden Bereich des Zylinderkopfes (5) der Maschine angeordnet ist. 45 50

14. Zylinderkopf nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß mit einem Material mit höherem Wärmeausdehnungskoeffizienten gefüllte Hohlräume (12, 13) in den an den Außenseiten der Ein- und Auslaßventile (8, 9) befindlichen Bereichen des Zylinderkopfes (5) angeordnet sind. 55

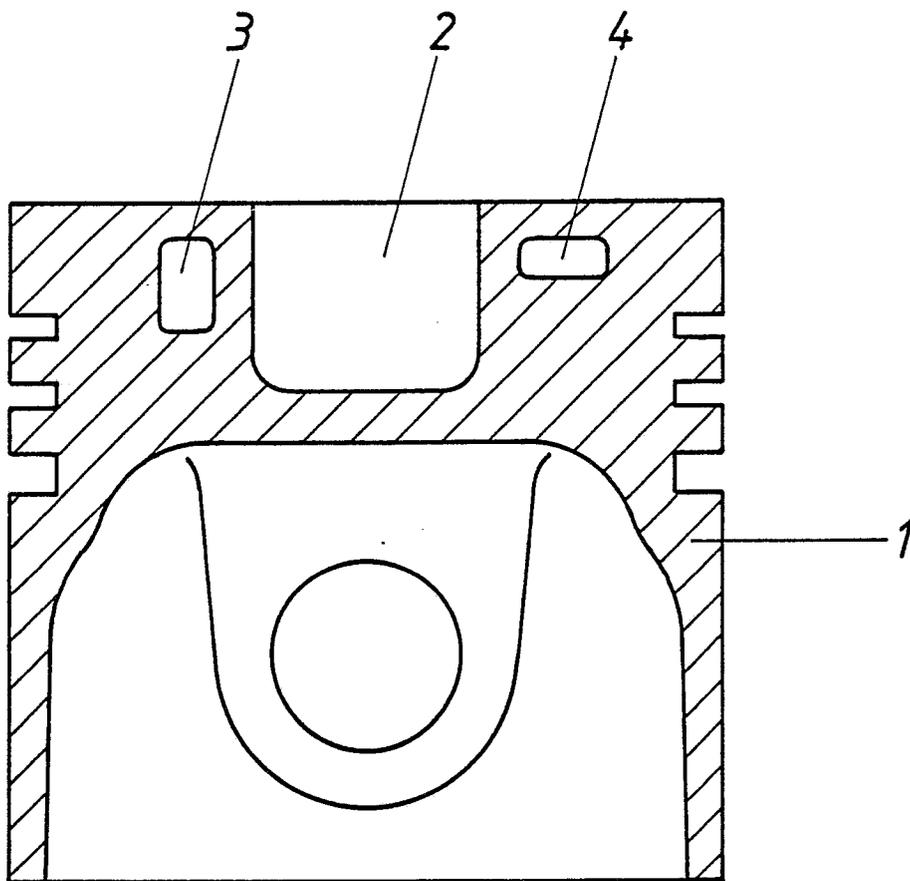


Fig. 1

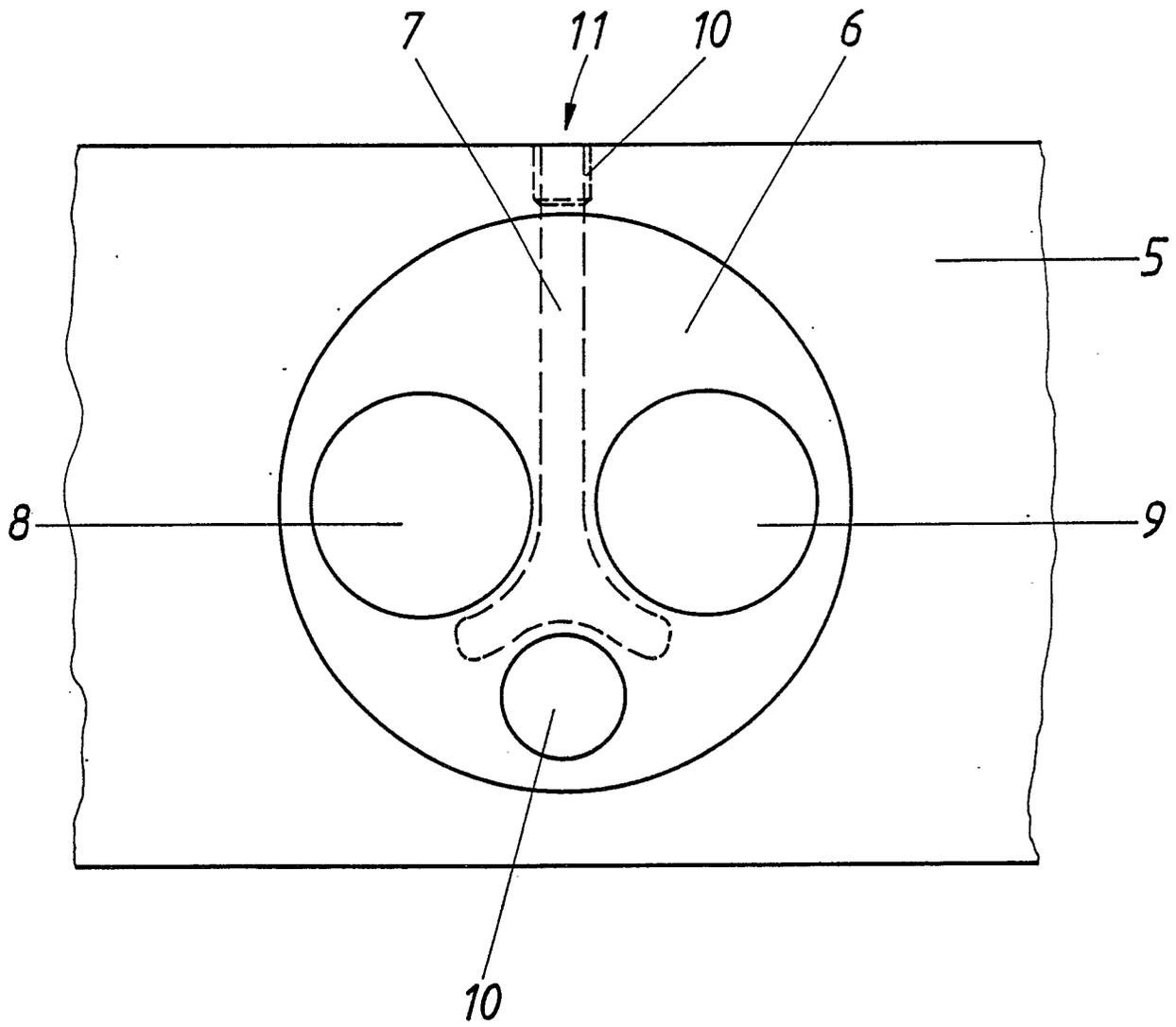


Fig. 2

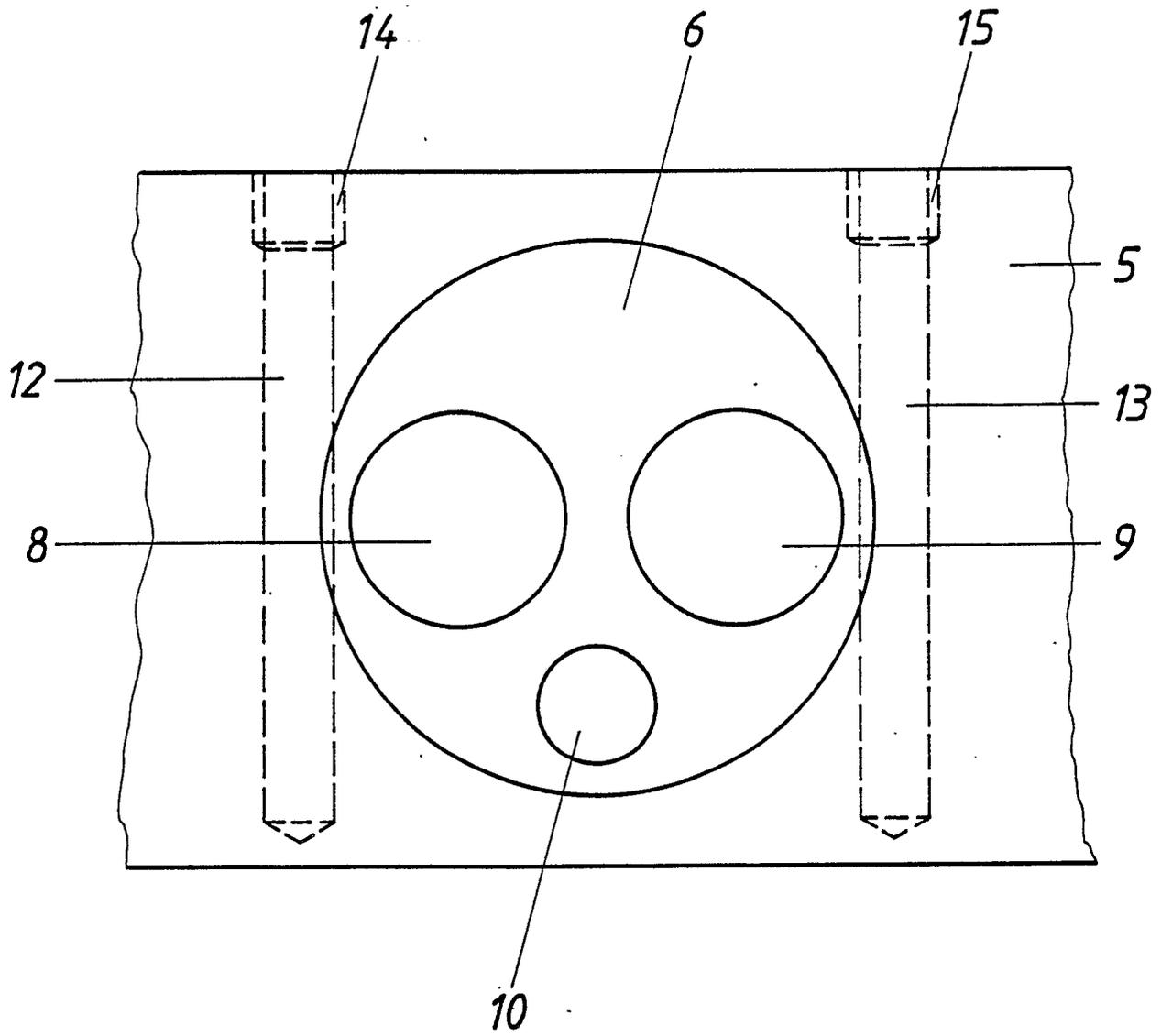


Fig. 3