(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
6. Dezember 2007 (06.12.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/137314 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
B22D 19/00 (2006.01) *F02F 1/38* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2007/000248

(22) Internationales Anmeldedatum:
24. Mai 2007 (24.05.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A 916/2006 26. Mai 2006 (26.05.2006) AT
A 2033/2006 7. Dezember 2006 (07.12.2006) AT

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **AVL LIST GMBH** [AT/AT]; Hans-List-Platz 1, A-8020 GRAZ (AT).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **ROITHINGER, Robert** [AT/AT]; Rohrbachbergstrasse 1, A-4300 ST. VALENTIN (AT). **LANGMAYR, Franz** [AT/AT]; Karl-Morre-Strasse 100, A-8020 GRAZ (AT). **HOWLETT, Michael** [GB/AT]; Schiessstattgasse 73, A-8010 GRAZ (AT).

(74) Anwalt: **BABELUK, Michael**; Mariahilfer Gürtel 39/17, A-1150 WIEN (AT).

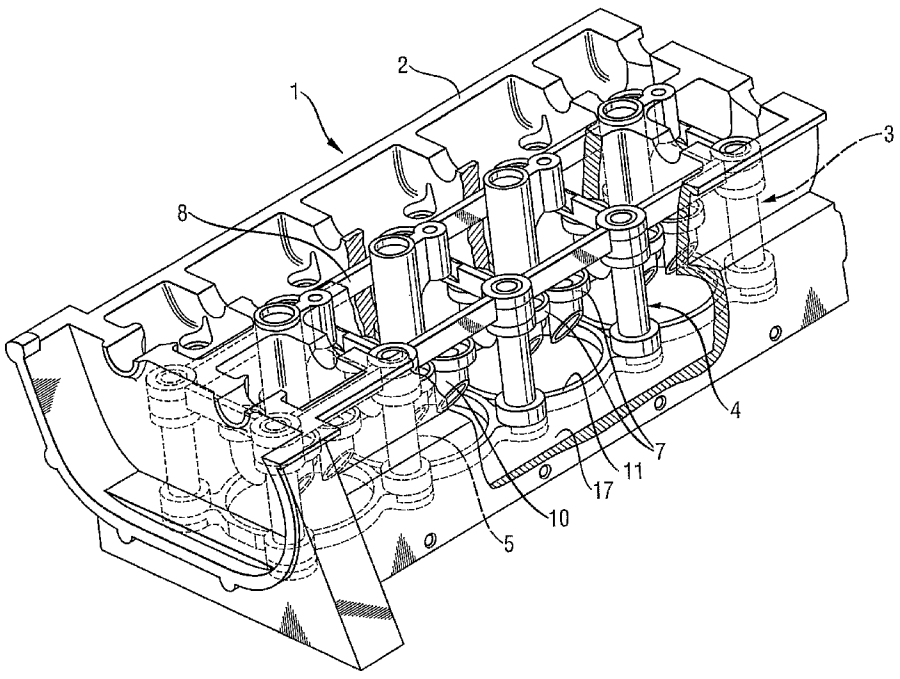
(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: CYLINDER HEAD FOR AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: ZYLINDERKOPF FÜR EINE BRENNKRAFTMASCHINE



(57) Abstract: The invention relates to a lightweight cylinder head (1) for an internal combustion engine, comprising at least one cast piece (4) that is cast into an external structure (2), the external structure (2) and the cast piece (4) being made of different materials. In order to obtain high resistance to vibration and to temperature variations, at least one cast piece (4) forms a support structure (3) and embodies at least one screw stud (5) for receiving a cylinder head screw.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/137314 A2

GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Zylinderkopf (1) für eine Brennkraftmaschine in Leichtbauweise mit zumindest einem in eine Außenstruktur (2) eingegossenen Eingussstück (4), wobei Außenstruktur (2) und Eingussstück (4) aus verschiedenen Werkstoffen bestehen. Um hohe Schwingfestigkeit und hohe thermische Wechselbeständigkeit zu erreichen, ist vorgesehen, dass zumindest ein Eingussstück (4) eine Stützstruktur (3) bildet und zumindest einen Schraubenbutzen (5) zur Aufnahme einer Zylinderkopfschraube ausbildet.

Zylinderkopf für eine Brennkraftmaschine

Die Erfindung betrifft einen Zylinderkopf für eine Brennkraftmaschine in Leichtbauweise mit zumindest einem in eine Außenstruktur eingegossenen Eingussstück, wobei Außenstruktur und Eingussstück aus verschiedenen Werkstoffen bestehen. Ferner betrifft die Erfindung einen Zylinderkopf aus Grauguss für eine Hubkolbenmaschine, insbesondere eine Brennkraftmaschine, mit zumindest einer in einen Brennraum mündenden Öffnung für einen Gaswechselkanal, welche durch ein Hubventil verschließbar ist, wobei das Hubventil im geschlossenen Zustand auf einen durch den Zylinderkopf gebildeten Ventilsitz aufliegt. Weiters betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung dieses Zylinderkopfes.

Die steigende Leistungsdichte, insbesondere von PKW-Diesel-Zylinderköpfen wird durch die Schwingfestigkeit und die thermische Wechselbeständigkeit des Zylinderkopfes beschränkt. Mangelnde Schwingfestigkeit führt dazu, dass es in Folge der ansteigenden Spitzendrücke besonders im Bereich des Wassermantels und der Gaswechselkanäle zu Schwingbrüchen kommt. Der thermische Eintrag in den Zylinderkopf ist ein etwa konstanter Anteil der Leistung. Dadurch steigen die Amplituden der Oberflächentemperaturen mindestens proportional zur Leistungsdichte, was bei ungenügender thermischer Wechselbeständigkeit zu einer Schädigung des Zylinderkopfes in jedem thermischen Zyklus führt.

Eine hohe Schwingfestigkeit kann durch Zylinderköpfe aus Grauguss, insbesondere aus GJV (Gusseisen mit Vermikulargraphit) realisiert werden. Ein Umstieg von Aluminiumlegierungen auf Grauguss führt zu einem Anstieg der Schwingfestigkeit in kritischen Zonen um etwa 50%. Der Nachteil von Zylinderköpfen aus Grauguss ist allerdings die schlechtere Wärmeleitfähigkeit, die um etwa einen Faktor 5 schlechter ist, als bei Al-Si-Mg-Legierungen. Dies führt zu höheren Maximaltemperaturen bei Graugusskköpfen (etwa 400°C). Dieses Temperaturniveau wird bereits bei moderaten Leistungsdichten erreicht. Steigende Temperaturbelastung durch höhere Leistungsdichte würde zu starkem Absinken der Festigkeit und damit der Lebensdauer durch thermo-mechanische Rissbildung führen. Darüber hinaus führen die geometrischen Bedingungen von relativ dicht gepackten Motoren bei Personenkraftwagen zu einem massiven Absinken der Lebensdauer unter thermischer Wechsellast.

Die Anforderungen an Schwingfestigkeit und Steifigkeit würden somit für einen Zylinderkopf aus Stahl, bzw. Gusseisen, die Anforderungen hinsichtlich der thermischen Wechselbeständigkeiten eher für einen Zylinderkopf aus Aluminium sprechen.

Es ist bereits bekannt, Zylinderköpfe aus Komposit-Werkstoffen herzustellen.

Die EP 0 262 240 A1 beschreibt einen Zylinderkopf, welcher eine Bodenplatte und einen separat hergestellten Oberteil aufweist, die miteinander lösbar verbunden sind. Die Bodenplatte besteht dabei aus einem Werkstoff mit höherer Hochtemperaturfestigkeit und niedrigerer Wärmeleitfähigkeit als der Oberteil. Nachteilig ist, dass die Verbundzone in einem hochbelasteten Bereich ausgebildet ist, sowie dass ein schlechter Wärmetransport durch die Bodenplatte erfolgt, was zu einer hohen thermischen Wechselbelastung bei Leistungszyklierung mit entsprechender Werkstoffschädigung und zu hohen Bauteiltemperaturen auf der Gasseite führt.

Aus der EP 0 462 850 A1 ist es bekannt, bei einem Zylinderkopf einen faserverstärkten Einsatz zwischen den Ventilöffnungen zur Erhöhung der Wandfestigkeit einzugießen. Dabei können Probleme hinsichtlich der Bindung in der Übergangszone auftreten. Weiters nachteilig ist, dass die geringere Wärmeleitfähigkeit zu steigenden Temperaturamplituden führt. Darüber hinaus weisen Verbundmaterialien starke Tendenz zur Versprödung auf, was die Lebensdauer unter thermischer Wechselbelastung stark herabsetzt.

Die DE 31 00 755 A1 beschreibt einen Zylinderkopf für eine Brennkraftmaschine, welcher eine Armierung mit einem oder mehreren Einsätzen aus dispersionsgehärtetem Sinteraluminium zwischen den Ventilstegen aufweist. Die Bindung des Aluminiumsinterteils im Gießprozess ist allerdings sehr schwierig, da der Übergangsbereich in einer thermisch und mechanisch hoch belasteten Zone liegt. Die Langzeitfestigkeitseigenschaften können mit den genannten Maßnahmen nicht verbessert werden.

Es ist bekannt, zur Herstellung eines Ventilsitzes für einen Zylinderkopf einer Brennkraftmaschine ein Zusatzmaterial durch Einbringen von Energie an derjenigen Stelle mit dem Zylinderkopf zu verschmelzen, an welcher der Ventilsitz gebildet werden soll. Derartige Ventilsitze und Verfahren zu deren Herstellung sind aus den Veröffentlichungen WO 2004/048756 A1, DE 199 12 889 A1, DE 103 29 912 B4 oder WO 99/02839 A1 bekannt. Weiters ist aus der DE 102 18 563 A1 ein Verfahren zur Ventilsitz-Herstellung unter Verwendung eines Laserplattier-Prozesses bekannt.

Ferner ist es bekannt, das Gefüge von metallischen Gusswerkstoffen durch lokale Aufschmelzvorgänge zur Erhöhung des Verschleißwiderstandes zu verändern.

Aufschmelzverfahren sind relativ aufwändig und kostenintensiv, da ein vom Gussgefüge unterschiedliches verschleißfestes Material aufgebracht werden muss.

Weiters ist es bekannt, Ventilsitze induktiv zu härten. Nachteilig ist allerdings, dass die Struktur von induktiv gehärteten Sitzen bei höheren Temperaturen, wie sie zum Beispiel an Auslassventilen von aufgeladenen Brennkraftmaschinen erreicht werden können, nicht ausreichend stabil ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, diese Nachteile zu vermeiden und einen Zylinderkopf zu schaffen, welcher hohe Schwingfestigkeit und hohe thermische Wechselbeständigkeit aufweist. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, bei einem Zylinderkopf der eingangs genannten Art auf möglichst einfache Weise stabile und verschleißfeste Ventilsitze zu erzeugen.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass das Eingussstück eine Stützstruktur bildet und zumindest einen Schraubenbutzen zur Aufnahme einer Zylinderkopfschrauben ausbildet. Vorzugsweise weist das Eingussstück pro Zylinder zumindest einen vorzugsweise zentralen Einsatz auf, der zur Aufnahme eines in den Brennraum mündenden Bauteiles dienen kann.

Zur Erhöhung der Schwingfestigkeit ist es vorteilhaft, wenn zumindest zwei Schraubenbutzen miteinander über zumindest eine vorzugsweise normal zu den Butzenachsen angeordnete zweite Verstrebung verbunden sind, wobei der Schraubenbutzen und/oder der Einsatz als zylindrische Hülse ausgebildet sein kann. Der zentrale Einsatz ist dabei nicht bis zur Gasseite des Feuerdeckes ausgebildet, um die Wärmeleitung dort nicht negativ zu beeinflussen. Vielmehr befindet sich zwischen dem Einsatz und der Gasseite ein Bereich der Außenstruktur, wobei der Einsatz in die Außenstruktur eingebettet ist. Der zylindrische Einsatz nimmt - je nach Motortyp – eine Zündkerze oder einen Injektor auf. Die Form des Einsatzes wird entsprechend dem beabsichtigten Einsatzbereich gestaltet. Ist der Einsatz für die Aufnahme eines Injektors ausgebildet, so ist es vorteilhaft, wenn an den Einsatz ein Butzen zur Aufnahme einer Schraube einer Injektorverschraubung angegossen ist. Der Butzen nimmt somit das Einschraubloch für eine Klemmschraube der Injektorverschraubung auf. Damit ist eine Problemzone am Zylinderkopf entschärft, da die erforderlichen Klemmkräfte für Aluminiumwerkstoffe kritisch hoch sind.

Das Eingussstück besteht aus einem fachwerkartigen Rahmen, der von den Schraubenbutzen für die Zylinderkopfschrauben gebildet wird und in den über die schrägen zweiten Verstrebungen der zentrale Einsatz eingebunden ist. Die ersten Verstrebungen zwischen den Schraubenbutzen verhindern eine Dehnung der Struktur im Oberdeck und damit eine zyklische Biegung am Gasdeck. Der durch den Einsatz gebildete zentrale Zylinder wirkt daher wie eine stabilisierende Säule. Die ersten und zweiten Verstrebungen stützen die Gaswechselkanäle.

In einer vorteilhaften Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass die Schraubenbutzen jedes Zylinders im Bereich des Feuerdeckes durch eine vorzugsweise ringförmige dritte Verstrebung miteinander verbunden sind, wobei besonders vorzugsweise die dritte Verstrebung – im Grundriss betrachtet – im Bereich der Zylinderkopfdichtung angeordnet ist. Die Kontur der dritten Verstrebung zeichnet die Zylinderkopfdichtung nach, um deren Abdichtwirkung zu verstärken.

In weiterer Ausführung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das Eingussstück zumindest eine Aufnahme für eine Ventilführung eines Gaswechselventils ausbildet, wobei vorzugsweise die Aufnahme mit dem Schraubenbutzen oder dem Einsatz verbunden ist, wobei eine Auflage für eine Ventilfeder in die Aufnahme integriert sein kann. Dabei kann vorgesehen sein, dass zumindest eine Aufnahme für eine Ventilführung des Gaswechselventils in eine konische erste oder zweite Verstrebung integriert ist.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Eingussstück mehrteilig ausgeführt ist und vorzugsweise ein Zylinderelement pro Zylinder aufweist, wobei Zylinderelemente benachbarter Zylinder vorzugsweise über Steckverbindungen miteinander verbindbar sein können. Vorzugsweise weist dabei jedes Zylinderelement zwei über eine erste Verstrebung miteinander verbundene Schraubenbutzen, sowie pro Schraubenbutzen jeweils eine weitere erste Verstrebung auf, wobei die beiden weiteren ersten Verstrebungen mit den Schraubenbutzen eines benachbarten Zylinderelementes verbindbar, vorzugsweise auf die Schraubenbutzen aufsteckbar, sind. Weiters kann vorgesehen sein, dass das Eingussstück pro Zylinder eine ringförmige dritte Verstrebung aufweist, wobei die ringförmige dritte Verstrebung mit den Schraubenbutzen des jeweiligen Zylinders verbindbar, vorzugsweise auf die Schraubenbutzen aufsteckbar, ist. Weiters kann vorgesehen sein, dass die dritte Verstrebung zumindest eines Zylinders auf die Schraubenbutzen des Zylinders aufsteckbar ist. Diese Maßnahmen erleichtern das Einsetzen des Eingussstückes in die Kokillengussform.

Die Außenstruktur kann aus einem Leichtmetall, beispielsweise aus einer Aluminiumlegierung, oder aus einer Kupferlegierung bestehen. Damit ist gewährleistet, dass der Zylinderkopf auf der Feuerdeckseite möglichst hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist und so gestaltet ist, dass die thermische Wechselbelastung möglichst geringe Spannungen induziert.

Um eine hohe Wechselfestigkeit des Zylinderkopfes zu ermöglichen, ist vorgesehen, dass das Eingussstück aus Stahl oder aus Grauguss, vorzugsweise mit Kugelgraphit, besteht. Im Unterschied zur Außenstruktur besteht die durch das Eingussstück gebildete Stützstruktur aus einem Material, das einen hohen Elastizi-

tätsmodul aufweist, um ein geringes Deformationsniveau zu gewährleisten. Die hohe Wechselfestigkeit ist notwendig, um den zyklischen Gaslasten Widerstand zu leisten. Durch die Verwendung von Stahl oder vorgegossenem hochfestem Grauguss mit Kugelgraphit werden diese Anforderungen erfüllt. Die Stützstruktur wird pro Zylinder vorgegossen und mit den Kernen in eine Kokillengussform gelegt und eingegossen. Die Stützstruktur hat dabei die Form eines Fachwerkes, dessen Form sich an den Notwendigkeiten der Gaswechselkanäle orientiert. Es ist dabei denkbar, die Ventilsitzringe mitzugießen, auch Schraubenpfeifen oder die Nockenwellenlager können integriert werden. Darüber hinaus ist eine Unterstützung der Injektorauflage realisierbar. Eine einfache und lagegenaue Anordnung in der Kokillengussform ist möglich, wenn das Eingussstück mehrteilig ausgeführt ist, wobei einzelne Teile wie Schraubenbutzen, Einsatz, Aufnahme und/oder Verstrebungen durch Steckverbindungen miteinander verbindbar sind.

Zur Erzeugung von stabilen und verschleißfesten Ventilsitzen ist vorgesehen, dass das Gussgefüge im Bereich des Ventilsitzes umgeschmolzen wird. Es wird dabei kein Material hinzugefügt, sonder nur das ursprüngliche Gussgefüge umgeschmolzen.

Um die Rissgefahr, sowie die Neigung zum Verziehen zu reduzieren, ist es vorteilhaft, wenn das Bauteil vor dem Umschmelzvorgang auf eine Temperatur oberhalb der Martensit-Starttemperatur (ca. 300°C) des Gusswerkstoffes vorgewärmt wird. Der Umschmelzvorgang wird bevorzugt in einem Laser-Umschmelzvorgang durchgeführt.

In der Umschmelzzone entsteht aus der Schmelze durch rasches Abkühlen ein ledeburitisches Gefüge. Die Erstarrung ist im Wesentlichen durch die hohe Wärmeleitung von der Schmelze in das Grundmaterial definiert. Die Erstarrungsfront bewegt sich daher von der Aufschmelzgrenze in Richtung der Bauteiloberfläche, wodurch die gerichtete Struktur das Ledeburit entsteht. Weiters transportiert die Erstarrungsfront Defekte an die Oberfläche. Diese werden mit der Endbearbeitung beseitigt.

Um die beim Umschmelzen entstehende Deformation sowie Oberflächenwelligkeiten ausgleichen zu können, ist eine Zugabe zu berücksichtigen, die dann nach dem Umschmelzen zum Beispiel gemeinsam mit der Ventilführung bearbeitet wird.

Zum Unterschied zu bekannten Aufschmelzverfahren wird beim erfindungsgemäßen Verfahren kein Material zugeführt, sondern nur das Gussgefüge umgeschmolzen. Der Ventilsitz besteht somit aus dem Gusseisen-Grundwerkstoff des Zylinderkopfes.

Durch den Umschmelzvorgang wird somit ein verschleißbeständiges Gefüge des Ventilsitzes erreicht, ohne dass ein Ventilsitzring eingepresst werden muss. Dadurch wird ein radialer Presssitz vermieden, es ergibt sich eine bessere Wärmeabfuhr im Bereich des Ventilsitzes und es werden Bauraum und Fertigungskosten eingespart.

Im Vergleich zu induktiv gehärteten Ventilsitzen bleibt das umgeschmolzene Gefüge auch bei Temperaturen, wie sie etwa an Auslassventilen von aufgeladenen Motoren erreicht werden, stabil.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Zylinderkopf in einer ersten Schrägansicht;

Fig. 2 den Zylinderkopf in einer brennraumseitigen Schrägansicht von oben;

Fig. 3 den Zylinderkopf aus der Seite des Brennraumes;

Fig. 4 den Zylinderkopf von oben;

Fig. 5 das Eingussstück in einer Seitenansicht;

Fig. 6 das Eingussstück in einer Schrägansicht;

Fig. 7 das Eingussstück in einer Draufsicht;

Fig. 8 ein Zylinderelement des Eingussstückes in einer Schrägansicht;

Fig. 9 dieses Zylinderelement in einer Seitenansicht;

Fig. 10 das Zylinderelement in einer weiteren Seitenansicht;

Fig. 11 einen Abschlussteil des Eingussstückes in einer Schrägansicht;

Fig. 12 eine dritte Verstrebung in einer Schrägansicht;

Fig. 13 den Ventilsitzbereich eines Zylinderkopfes im Schnitt nach der Bearbeitung; und

Fig. 14 diesen Ventilsitzbereich nach dem Umschmelzvorgang vor der Endbearbeitung.

Der Zylinderkopf 1 für mehrere Zylinder weist eine Außenstruktur 2 aus einem Leichtmetall, beispielsweise einer Aluminiumlegierung oder einer Kupferlegierung

auf, in welche ein eine Stützstruktur 3 bildendes Eingussstück 4 eingebettet ist. Die Stützstruktur 3 ist fachwerkartig geformt und besteht aus Stahl oder aus Grauguss. Das Eingussstück 4 bildet Schraubenbutzen 5 für Zylinderkopfschrauben, Einsatzteile 6 zur Aufnahme von Injektoren oder Zündkerzen, sowie Aufnahmen 7 für Ventilführungen aus. Die Schraubenbutzen 5 sind über normal zu den Butzenachsen 5a ausgebildete erste Versteifungen 8 miteinander verbunden. Zweite Verstrebungen 9 verbinden die Schraubenbutzen 5 mit dem Einsatz 6. Diese zweiten Verstrebungen 9 sind unter einem Winkel α <90°, vorzugsweise <60°, zu den Butzenachsen 5a und den Einsatzachse 6a geneigt und verlaufen von den Schraubenbutzen 5 ausgehend in Richtung des Feuerdeckes 17 zu den Einsätzen 6. Im Ausführungsbeispiel bilden die schräg in Richtung Feuerdeck geneigten zweiten Verstrebungen 9 auch Aufnahmen 10 für Ventilführungen aus. An jeden Einsatz 6 ist ein Butzen 16 angegossen, der ein Einschraubloch 16a für eine Klemmschraube einer Injektorverschraubung aufweist.

Weiters sind im Bereich des Feuerdeckes 17, der jeweiligen Kontur der Zylinderkopfdichtung nachgeformte ringförmige dritte Verstrebungen 11 vorgesehen, welche die Schraubenbutzen 5 miteinander verbinden.

Das Eingussstück 4 besteht im Ausführungsbeispiel pro Zylinder 20 aus einem Zylinderelement 19, sowie einer ringförmigen dritten Verstrebung 11 im Bereich des Feuerdecks 17. Diese beiden Gussteile pro Zylinder 20 bilden ineinander gesteckt durch periodische Fortsetzung das Eingussstück 4. Zusätzlich ist als Abschluss am Zylinderkopfende ein aus zwei Schraubenbutzen 5 und einer ersten Verstrebung 8 bestehendes Abschlussstück 21 vorgesehen, welches in Fig. 11 gezeigt ist.

Jedes Zylinderelement 19 besteht aus zumindest zwei Schraubenbutzen 5 und zumindest drei ersten Verstrebungen 8. Weiters kann das Zylinderelement 19 einen Einsatz 6 und zweite Verstrebungen 9 aufweisen, wie in den Fig. 9 bis Fig. 14 gezeigt ist. Die ersten und dritten Verstrebungen 8, 11 weisen ringförmige Ösen 12, 13 auf, in welche die Schraubenbutzen 5 eingesteckt werden. Durch Einstecken der Ösen 12 auf die Schraubenbutzen 5 können auch Zylinderelemente 19 mehrerer Zylinder 20 miteinander verbunden werden.

Wie aus den Fig. 8 und Fig. 10 hervorgeht, kann pro Zylinder eine erste Verstrebung 8 über den Steg 8a mit dem Butzen 16 des Einsatzes 6 verbunden sein. Der Zylinderkopf 1 besteht durch die Außenstruktur 2 auf der Seite des Feuerdecks 17 aus einem Material mit möglichst hoher Wärmeleitfähigkeit und ist so gestaltet, dass die thermische Wechselbelastung möglichst geringe Spannungen induziert. Das Material der Außenstruktur 2 ist beispielsweise eine Aluminiumlegierung oder eine Kupferlegierung. Das Eingussstück 4 innerhalb der Außen-

struktur 2 besteht dagegen aus einem Material, welches einen so hohen E-Modul aufweist, um ein geringes Deformationsniveau zu gewährleisten. Weiters sollte das Eingussstück 4 auch eine hohe Wechselfestigkeit aufweisen, um der zyklischen Gaslast Widerstand zu leisten. Als Werkstoff für das Eingussstück 4 bietet sich somit hochfester Grauguss mit Kugelgraphit (GJS) oder Stahl an. Dabei wird eine Stützstruktur 3 pro Zylinder vorgegossen und mit den Kernen für die Gaswechselkanäle in die Kokillengussform gelegt und eingegossen. Das in den Fig. 9 bis Fig. 14 dargestellte Stecksystem der Stützstruktur 4 erleichtert das Einsetzen in die Kokillengussform.

Die Gasseite des Zylinderkopfes 1 kann im Rahmen der konstruktiven Möglichkeiten der Ventilverkippung als Kugelkalotte ausgeführt sein. Die Aluminiumlegierung der Außenstruktur 2 weist eine hohe Wärmeleitfähigkeit auf. Sie hat die notwendigen Gefügeeigenschaften ohne Wärmebehandlung, welche wegen der Eingusslösung zu vermeiden ist. Daher handelt es sich idealerweise um niedrig legiertes Aluminium mit möglichst homogener Struktur ohne innere Kerben und mit möglichst hoher Bruchdehnung.

Das aus Stahl oder Kugelgraphit bestehende Eingussstück 4 hat die Form eines Fachwerkes, dessen Form sich an den Notwendigkeiten der Gaswechselkanäle orientiert. Es ist möglich, die Ventilsitzringe mitzugießen. Auch Schraubenpfeifen können integriert werden. Weiters ist eine Unterstützung der Injektorauflage in das Eingussstück 4 integrierbar.

Die Kombination aus Außenstruktur 2 und Stützstruktur 3 erfüllt die an unterschiedlichen Orten auftretenden extremen Anforderungen primär durch die entsprechende Wahl der Werkstoffe und durch eine entsprechende Formgebung der Stützstruktur 3, bzw. der Brennraumbegrenzungen. Sie ist daher wesentlich besser geeignet, extreme Lasten zu ertragen, als homogene Bauteile aus Gusseisen, das die thermische Belastung nicht erträgt oder aus Aluminiumlegierungen, die mit der Steifigkeit und Schwingfestigkeit nicht auf hinreichendem Niveau sind.

Der in Fig. 13 und Fig. 14 dargestellte Zylinderkopf 101 aus Grauguss für eine Hubkolbenmaschine, beispielsweise eine Brennkraftmaschine, weist zumindest eine in einen Brennraum 108 mündende Gaswechselöffnung 102 für einen Gaswechselkanal 103 auf, welche durch ein Hubventil 104 erschließbar ist. Das Hubventil 104 sitzt im geschlossenen Zustand auf einem durch den Zylinderkopf 101 selbst gebildeten Ventilsitz 105 auf. Der Ventilsitz 105 ist durch einen lokalen Laser-Umschmelzvorgang gehärtet, wobei das Gussgefüge 106 im Bereich des Ventilsitzes 105 auf Schmelztemperatur gebracht wird. Vor dem eigentlichen Umschmelzvorgang wird der Zylinderkopf 101 auf eine Vorwärmtemperatur (ca. 300°C) des jeweiligen Werkstoffes erwärmt, um die Neigung zum Verziehung,

sowie die Rissgefahr zu reduzieren. Durch rasches Abkühlen entsteht in der Umschmelzzone aus der Schmelze ein ledeburitisches Gefüge. Dadurch ergibt sich im Ventilsitzbereich 105 eine defektfreie, fein strukturierte Umschmelzschicht mit hoher Härte (500-600 Hv 5) und guter Duktilität, welche einen hohen Widerstand gegen Verschleiß und gegen Ermüdung aufweist.

Um die beim Umschmelzen entstehende Deformation, sowie Welligkeit ausgleichen zu können, ist eine Zugabe 107 zu berücksichtigen, die dann nach dem Umschmelzen beispielsweise gemeinsam mit der Ventilführung bearbeitet werden.

PATENTANSPRÜCHE

1. Zylinderkopf (1) für eine Brennkraftmaschine in Leichtbauweise mit zumindest einem in eine Außenstruktur (2) eingegossenen Eingussstück (4), wobei Außenstruktur (2) und Eingussstück (4) aus verschiedenen Werkstoffen bestehen, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Eingussstück (4) eine Stützstruktur (3) bildet und zumindest einen Schraubenbutzen (5) zur Aufnahme einer Zylinderkopfschraube ausbildet.

2. Zylinderkopf (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Eingussstück (4) pro Zylinder (20) zumindest einen vorzugsweise zentralen Einsatz (6) zur Aufnahme eines in den Brennraum mündenden Bauteiles ausbildet.

3. Zylinderkopf (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest zwei Schraubenbutzen (5) miteinander über zumindest eine vorzugsweise normal zu den Butzenachsen (5a) angeordnete erste Verstrebung (8) verbunden sind.

4. Zylinderkopf (1) nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Schraubenbutzen (5) mit dem Einsatz (6) über zumindest eine zweite Verstrebung (9) verbunden ist, wobei vorzugsweise die Verstrebung mit der Butzenachse (5a) und der Einsatzachse (6a) einen Winkel (α) <90°, vorzugsweise <60° einschließt.

5. Zylinderkopf (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schraubenbutzen (5) und/oder der Einsatz (6) als zylindrische Hülse ausgebildet ist.

6. Zylinderkopf (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Einsatz (6) von der Gasseite des Feuerdeckes (17) durch die Außenstruktur (2) getrennt ist.

7. Zylinderkopf (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass an den Einsatz (6) ein Butzen (16) zur Aufnahme einer Schraube einer Injektorverschraubung angegossen ist.

8. Zylinderkopf (1) nach einem Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schraubenbutzen (5) jedes Zylinders (20) im Bereich des Feuerdeckes (17) durch eine vorzugsweise ringförmige dritte Verstrebung (11) miteinander verbunden sind, wobei besonders vorzugsweise die dritte Verstrebung (11) – im Grundriss betrachtet – im Bereich der Zylinderkopf-

dichtung angeordnet ist und im Wesentlichen der Kontur der Zylinderkopfdichtung nachgeformt ist.

9. Zylinderkopf (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Eingussstück (4) zumindest eine Aufnahme (10) für eine Ventilführung eines Gaswechselventils ausbildet, wobei vorzugsweise die Aufnahme (10) mit dem Schraubenbutzen (5) oder dem Einsatz (6) verbunden ist.

10. Zylinderkopf (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Auflage für eine Ventilfeder des Gaswechselventils in die Aufnahme (10) integriert ist.

11. Zylinderkopf (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Aufnahme (10) für eine Ventilführung in die erste oder zweite Verstrebung (8, 9) integriert ist.

12. Zylinderkopf (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Eingussstück (4) mehrteilig ausgeführt ist und vorzugsweise ein Zylinderelement (19) pro Zylinder (20) aufweist.

13. Zylinderkopf (1) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass Zylinderelemente (19) benachbarter Zylinder (20) vorzugsweise über Steckverbindungen miteinander verbindbar sind.

14. Zylinderkopf (1) nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass jedes Zylinderelement (19) zwei über eine erste Verstrebung (8) miteinander verbundene Schraubenbutzen (5), sowie pro Schraubenbutzen (5) jeweils eine weitere erste Verstrebung (8) aufweist, wobei die beiden weiteren ersten Verstrebungen (8) mit den Schraubenbutzen (5) eines benachbarten Zylinderelementes (19) verbindbar, vorzugsweise auf die Schraubenbutzen (5) aufsteckbar, sind.

15. Zylinderkopf (1) nach einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dritte Verstrebung (8) zumindest eines Zylinders (20) auf die Schraubenbutzen (5) des Zylinders (20) aufsteckbar ist.

16. Zylinderkopf (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Außenstruktur (2) aus einer Leichtmetalllegierung, vorzugsweise einer Aluminiumlegierung, oder einer Kupferlegierung besteht.

17. Zylinderkopf (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Eingussstück (4) aus Stahlt oder aus Grauguss, vorzugsweise mit Kugelgraphit, besteht.

18. Zylinderkopf (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Eingussstück (4) die Form eines Fachwerkes aufweist.

19. Zylinderkopf (101) aus Grauguss für eine Hubkolbenmaschine, insbesondere eine Brennkraftmaschine, mit zumindest einer in einen Brennraum (108) mündenden Öffnung (102) für einen Gaswechselkanal (103), welche durch ein Hubventil (104) verschließbar ist, wobei das Hubventil (104) im geschlossenen Zustand auf einen durch den Zylinderkopf (101) gebildeten Ventilsitz (105) aufliegt, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gussgefüge (106) im Bereich des Ventilsitzes (105) durch einen Umschmelzvorgang, vorzugsweise durch einen Laser-Umschmelzvorgang, gehärtet ist.

20. Verfahren zur Herstellung eines Zylinderkopf (101) nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gussgefüge (106) im Bereich des Ventilsitzes (105) umgeschmolzen wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gussgefüge (106) vor dem Umschmelzvorgang auf eine Vorwärmtemperatur vorgewärmt wird, wobei vorzugsweise die Vorwärmtemperatur oberhalb der Martensit-Starttemperatur des Gusswerkstoffes des Zylinderkopfes (101) liegt.

22. Verfahren nach Anspruch 20 oder 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Umschmelzen des Gussgefüges (106) durch einen Laserumschmelzvorgang erfolgt.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass das umgeschmolzene Gussgefüge (106) beschleunigt abgekühlt wird, so dass ein ledeburitisches Gefüge entsteht.

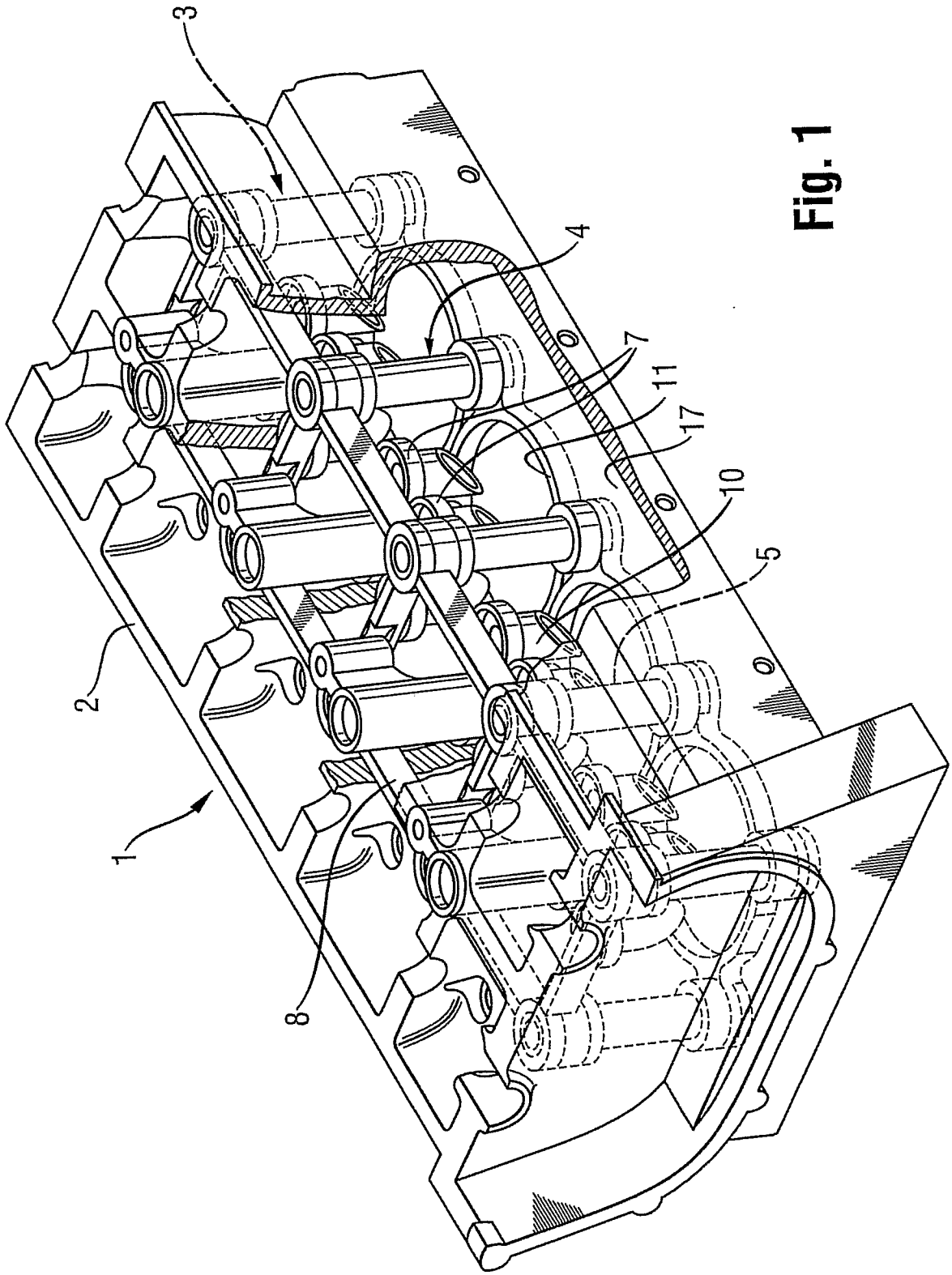
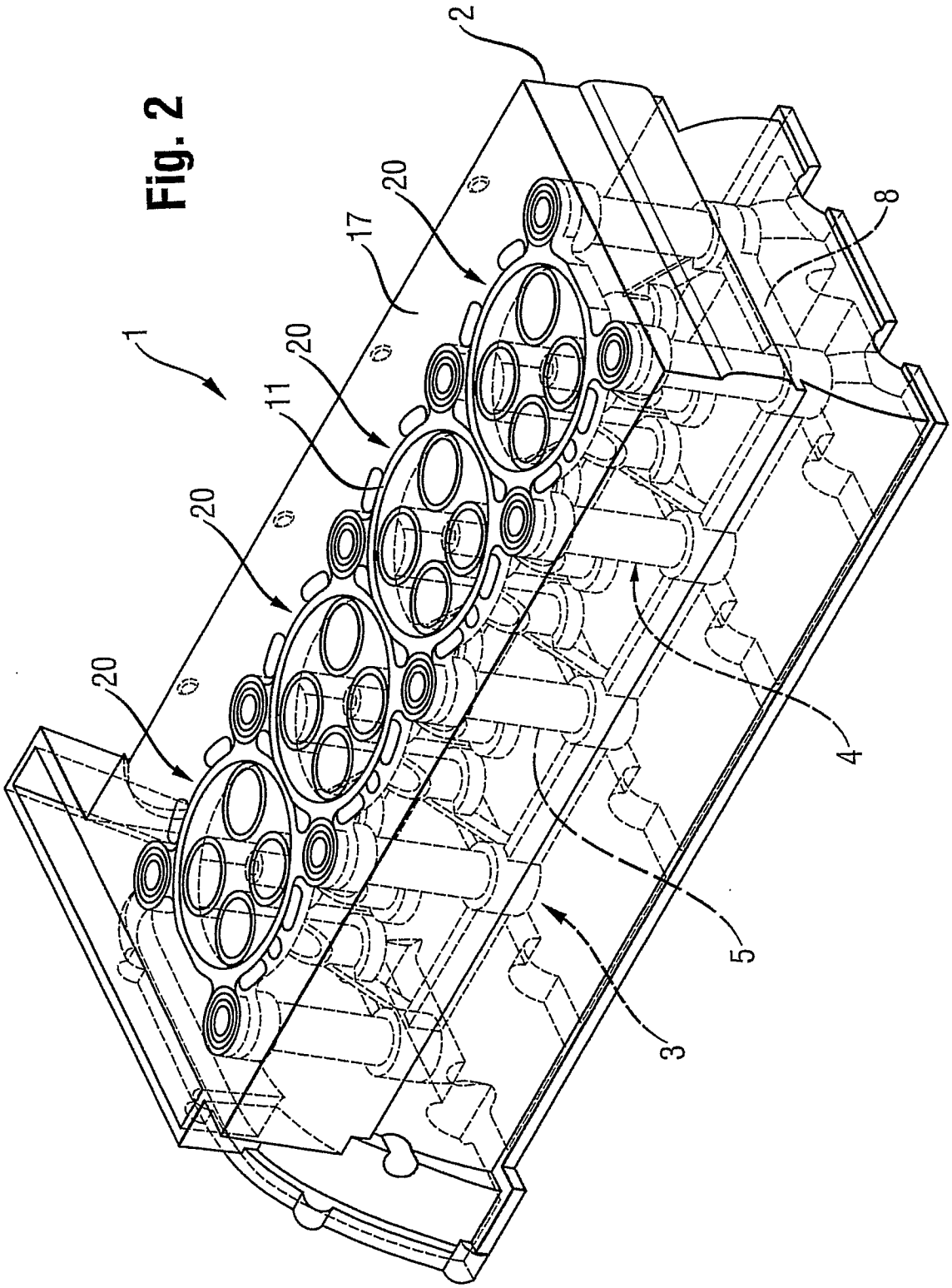


Fig. 1

Fig. 2



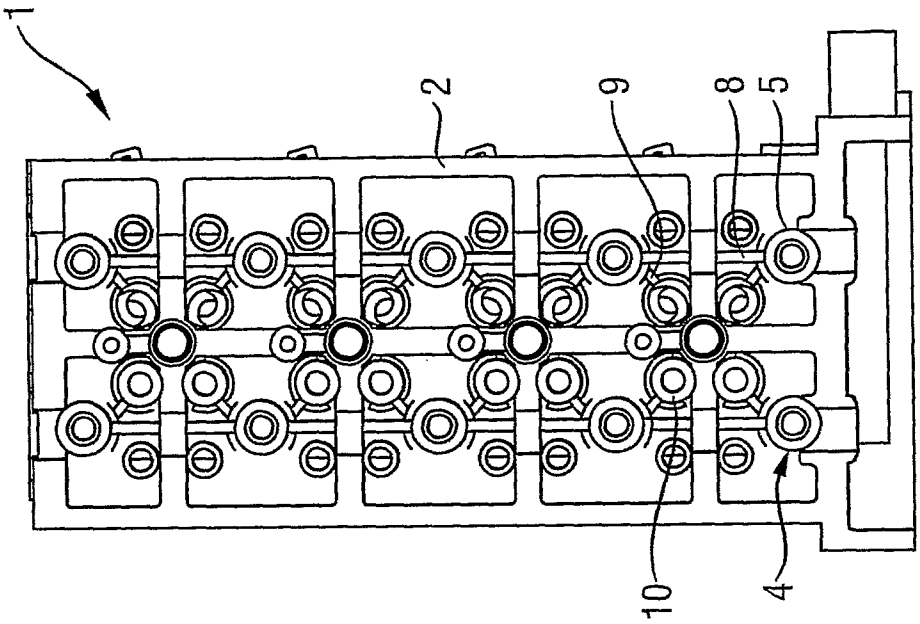


Fig. 4

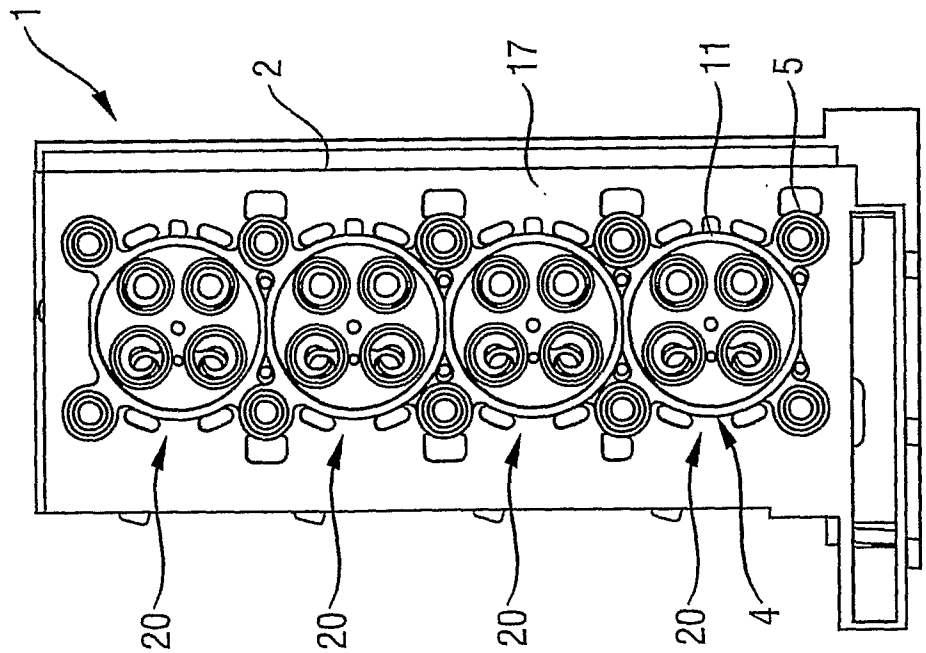


Fig. 3

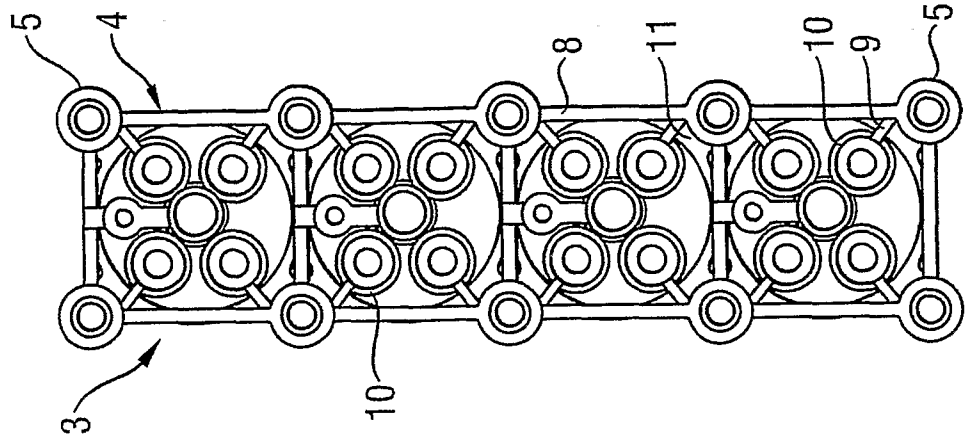


Fig. 7

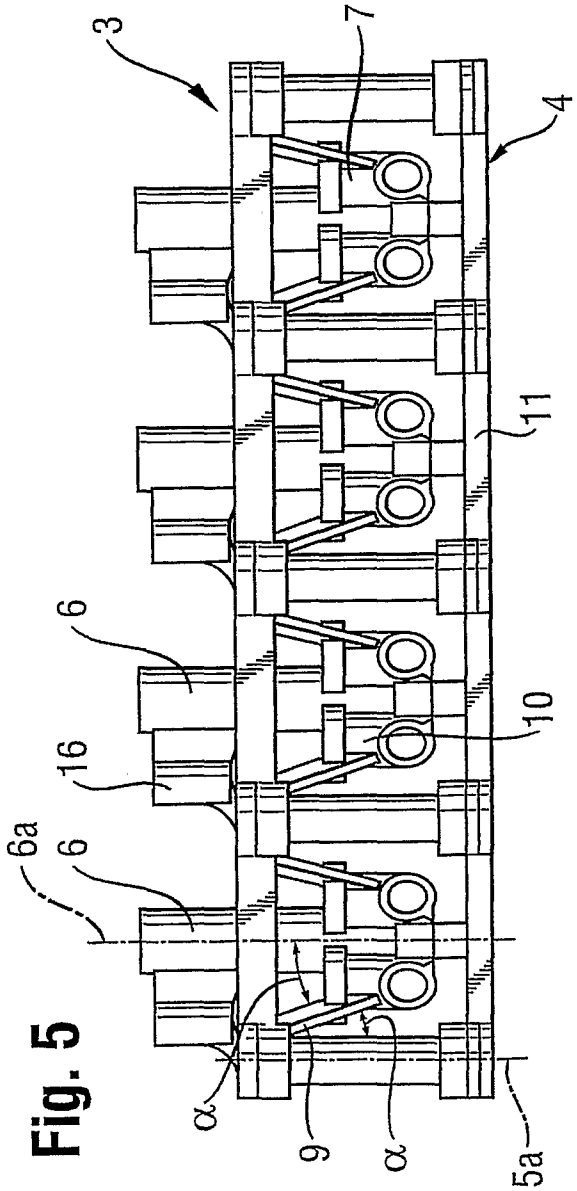


Fig. 5

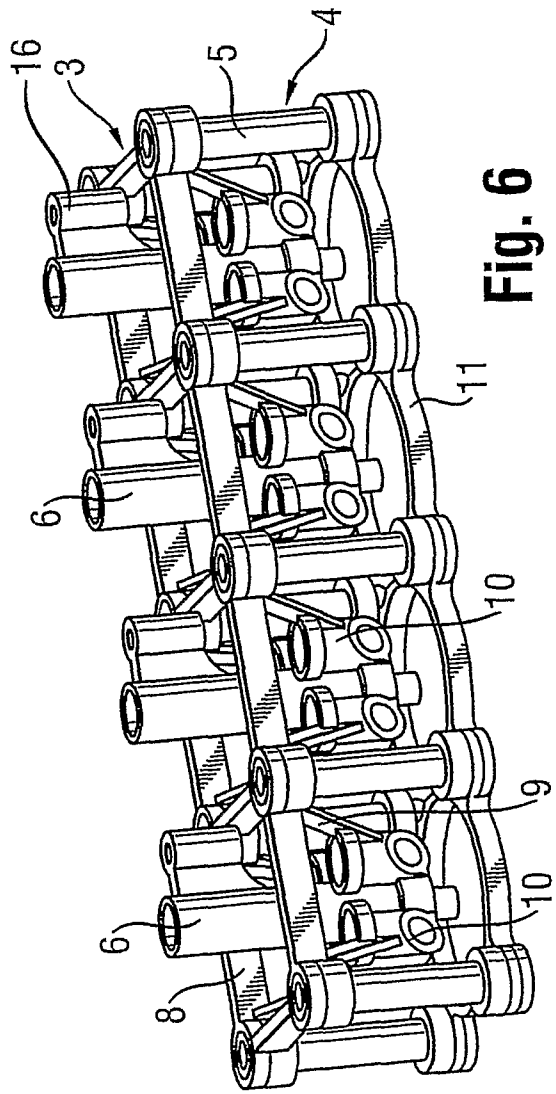


Fig. 6

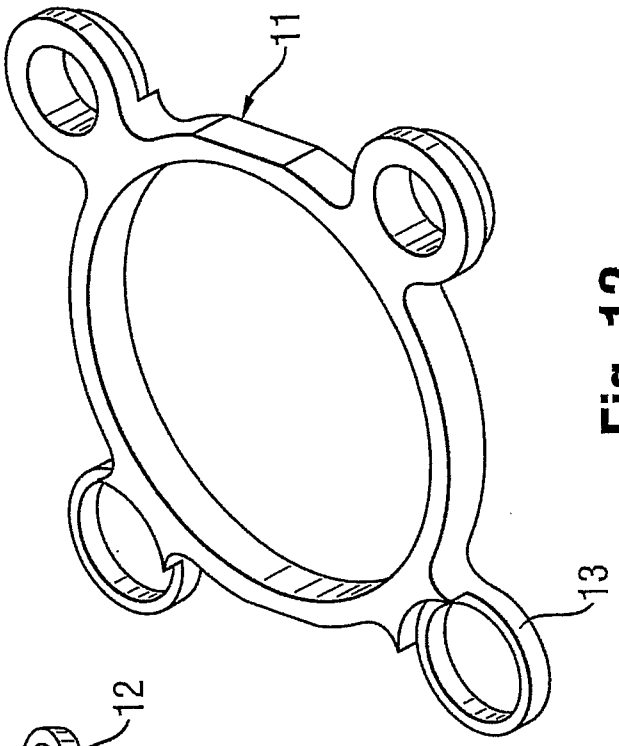


Fig. 12

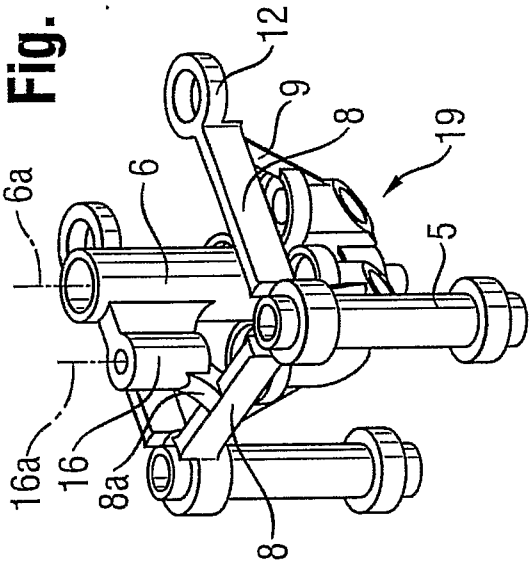


Fig. 8

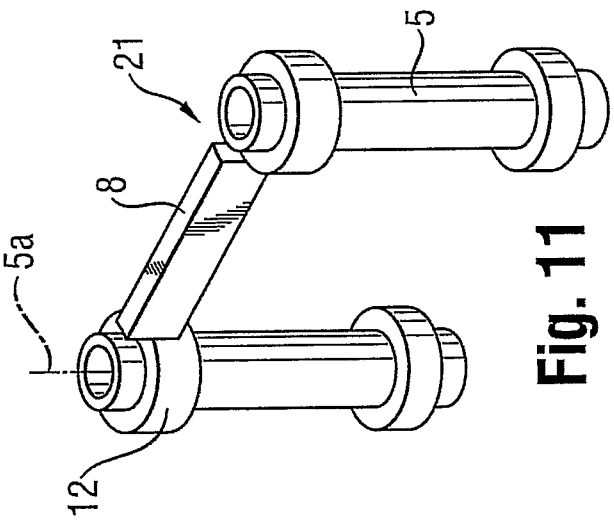


Fig. 11

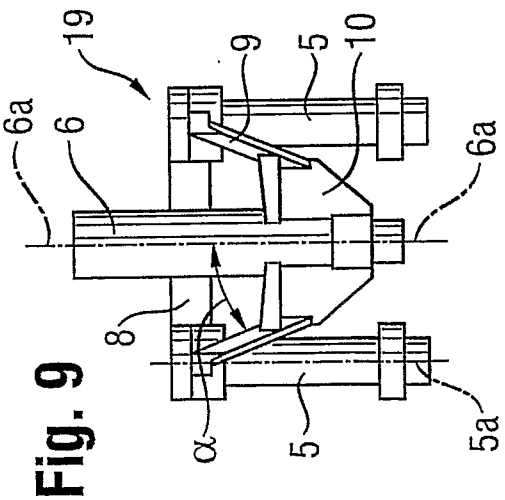


Fig. 9

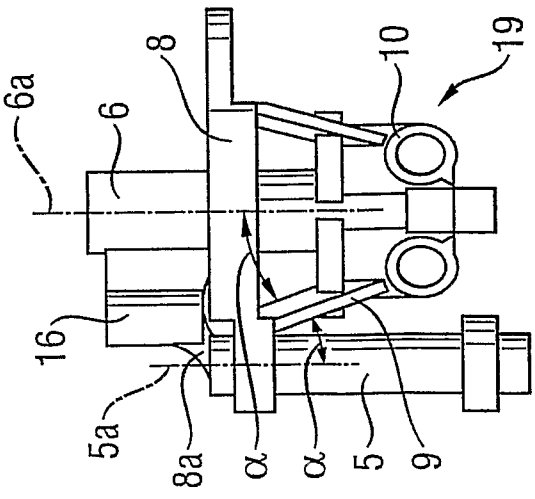


Fig. 10

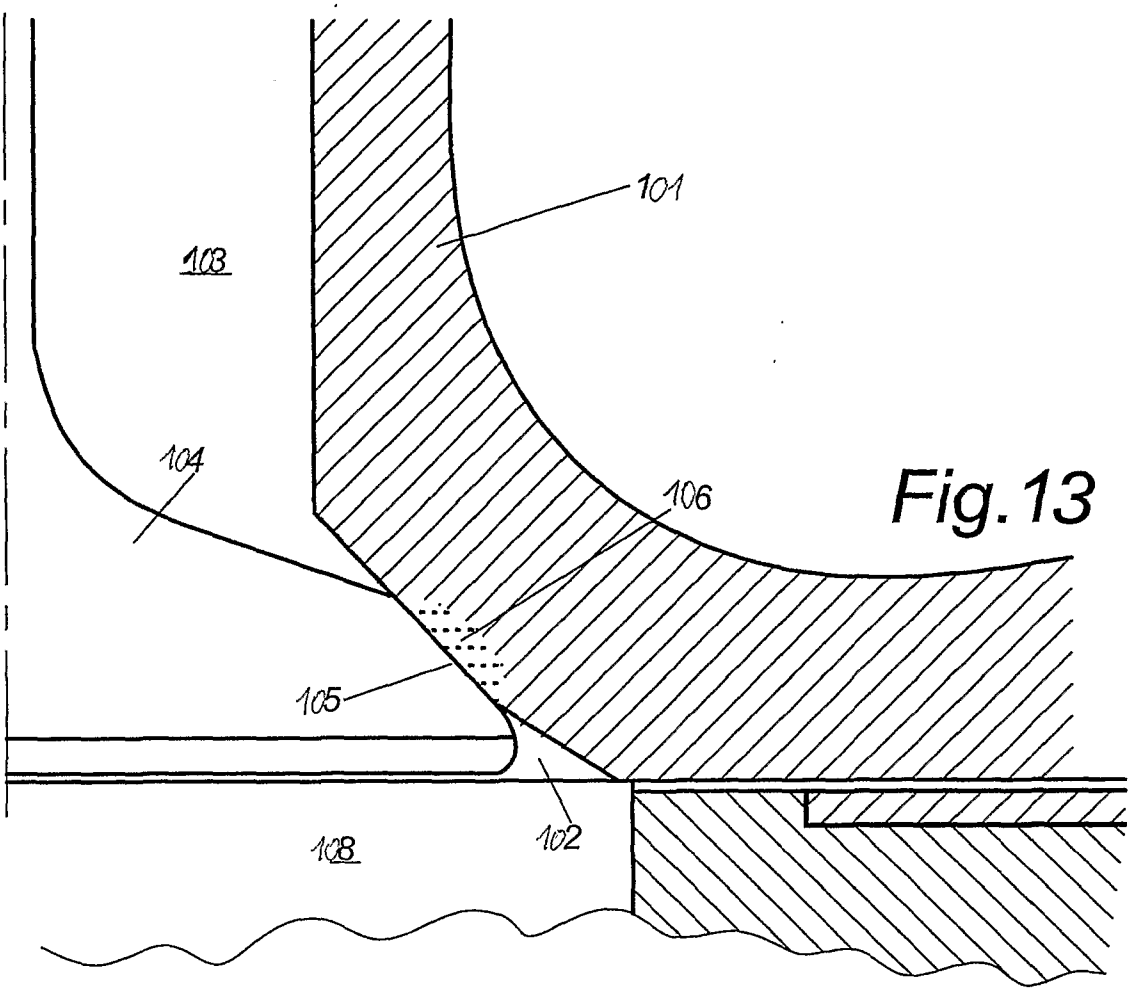


Fig.13

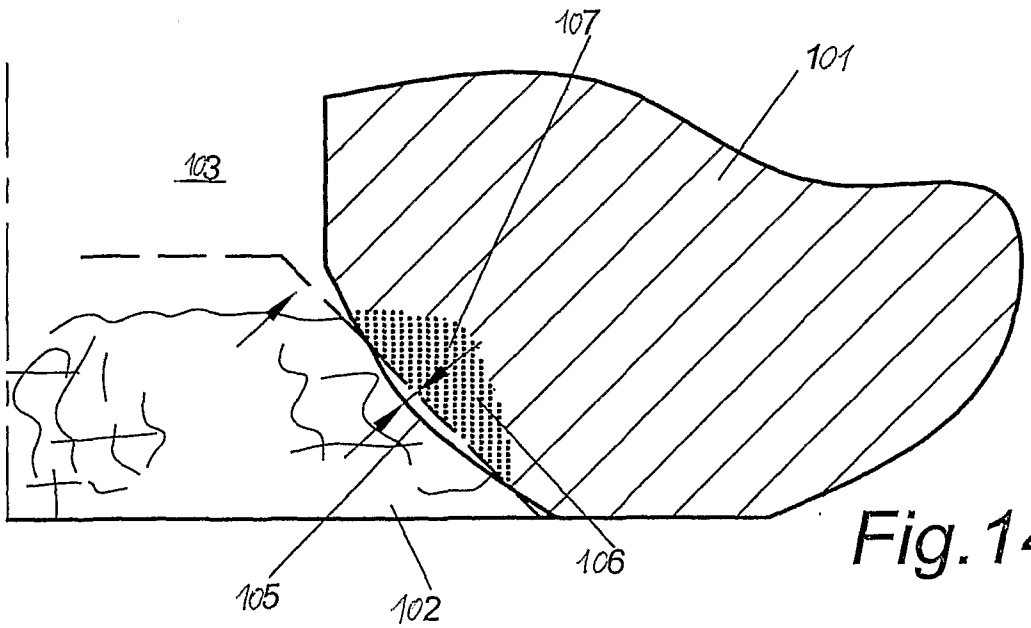


Fig.14