



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
25.08.1999 Patentblatt 1999/34

(51) Int Cl.⁶: **F02F 3/26**

(21) Anmeldenummer: **99103226.9**

(22) Anmeldetag: 19.02.1999

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE

Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 21.02.1998 DE 19807489

(71) Anmelder: **DaimlerChrysler AG**
70567 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:

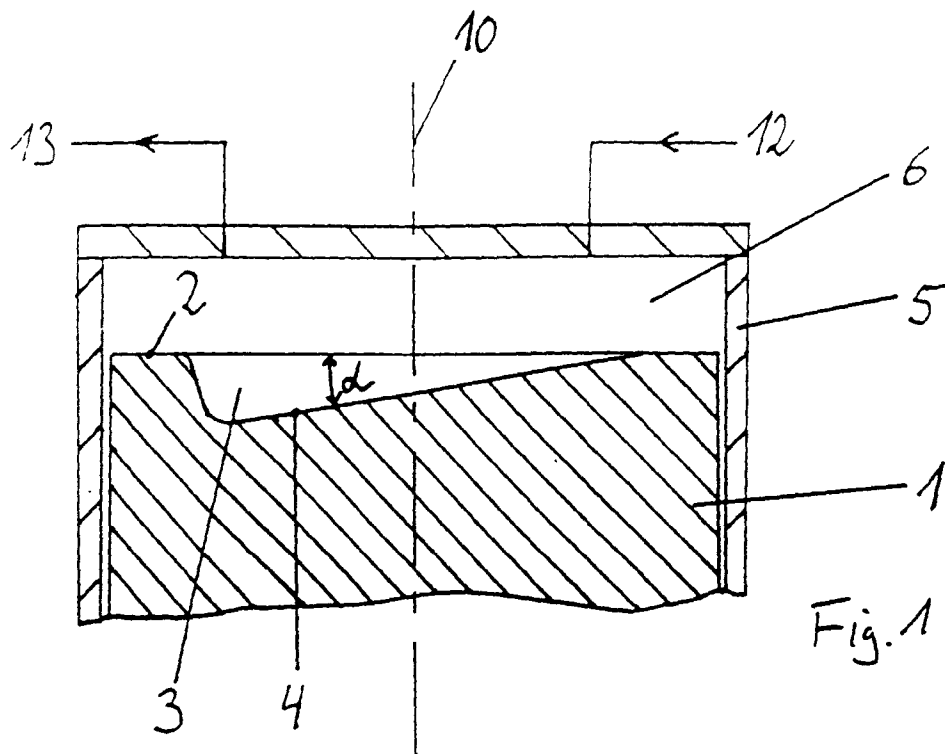
- Bencteux, Laurent
70565 Stuttgart (DE)
- Siegert, Raimund Dr.
70565 Stuttgart (DE)
- Hagemann, Klaus
73760 Ostfildern (DE)

(54) **Hubkolben einer Brennkraftmaschine**

(57) Hubkolben sind bei Brennkraftmaschinen längsbeweglich in einem Zylinder angeordnet und begrenzen mit einem Kolbenboden einen Brennraum, in dem eine innere Gemischverbrennung stattfindet. Ein zu großer Verbrennungsdruck kann durch eine im Kolbenboden ausgebildete Kolbenmulde vermieden werden.

den.

Um den Verbrennungsablauf im Brennraum zu beruhigen und die Geräuschentwicklung zu vermindern, ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß die Kolbenmulde eine solche Lage und/oder Form aufweist, daß das Brennraumvolumen von der Kolbenmulde geometrisch asymmetrisch begrenzt ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Hubkolben einer Brennkraftmaschine der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Gattung.

[0002] In dem Brennraum wird in bekannter Weise ein Kraftstoff/Luft-Gemisch in einem bestimmten Takt während des Arbeitsspiels des Kolbens verbrannt, wobei die mit der Verbrennung einhergehende Gasexpansion den Kolben treibt. Ab dem Zeitpunkt der Entzündung des Kraftstoffs breiten sich im Brennraum Schallwellen aus, welche insbesondere im Resonanzbereich zu einem unangenehmen Verbrennungsgeräusch sowie darüber hinaus zu hohen Temperatur- und Druckgradienten im Brennraum führen. Die Bereiche mit hohen Temperaturen bzw. hohen Drücken erhöhen den Schadstoffausstoß und beeinflussen den Verbrennungsablauf. In Extremfällen, wie z.B. beim Klopfen im Otto-Motor bzw. beim Diesel-Klopfen bilden sich sehr heiße Bereiche auf der Oberfläche des Brennraums, insbesondere auf dem Kolbenboden, wodurch die Lebensdauer der Brennkraftmaschine verringert wird.

[0003] Es ist bekannt, daß eine im Kolbenboden ausgebildete Kolbenmulde die Temperatur des Kolbenbodens und den Druckgradienten im Brennraum beeinflußt und somit auf den Verbrennungsablauf im Brennraum einwirkt; es treten jedoch Interferenzen zwischen den akustischen Resonanzen im zylindrischen Teil des Brennraums und der Kolbenmulde auf, welche die Brennraumresonanzen ständig ändern und sogar verstärken, was generell zu Unruhen beim Verbrennungsablauf und zu einem Anheben des Verbrennungsgeräusches führt.

[0004] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Maßnahmen an einem Hubkolben der gattungsgemäßen Art vorzusehen, welche den Verbrennungslauf im Brennraum beruhigen und die Geräuschentwicklung vermindern.

[0005] Diese Aufgabe wird durch einen Hubkolben mit den Merkmalen des Anspruchs 1 oder des Anspruchs 6 gelöst.

[0006] Die erfindungsgemäße Ausbildung des Kolbenbodens schafft geometrische Asymmetrien im Brennraum, welche die Ausbildung der akustischen Resonanzfrequenzen stören. Die Amplituden der Kolbenmuldenresonanzen werden sehr stark gedämpft, wobei auch die Interferenzen zwischen den Resonanzen im zylindrischen Teil des Brennraums und der Kolbenmulde eingeschränkt werden. Die Schallemission der Brennkraftmaschine wird insbesondere im Resonanzbereich des bei der Gemischentflammung entstehenden Schalls angehoben. Der Erfindung liegt dabei die Erkenntnis zugrunde, daß die akustischen Resonanzfrequenzen verschiedener Ordnung im zylindrischen Brennraumabschnitt etwa punktsymmetrisch zu der Zylindermittelachse liegen. Erfindungsgemäß wird die Kolbenmulde in einer solchen Lage und/oder Form ausgebildet, daß das von ihr begrenzte Brennraumvolumen

geometrisch unsymmetrisch bezüglich der Resonanzfrequenzlinien liegt und so die Resonanzfrequenzen des Verbrennungsschalls effektiv gestört und die Schallentwicklung gedämpft wird.

[0007] Weitere erfinderische Merkmale und förderliche Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen entnehmbar und ergeben sich aus der nachstehenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung. Es zeigen:

- | | | |
|----|----------------|---|
| 10 | Fig. 1 | in schematischer Darstellung einen Längsschnitt durch den Zylinder einer Brennkraftmaschine, |
| 15 | Fig. 2a - 2d | schematische Darstellungen des zylindrischen Brennraumteils mit eingetragenen Schallresonanzfrequenzlinien verschiedener Ordnungen, |
| 20 | Fig. 3 | eine Draufsicht eines Hubkolbens mit zwei Muldensegmenten, |
| 25 | Fig. 4 | eine Draufsicht eines Hubkolbens mit drei Muldensegmenten, |
| | Fig. 5 | eine Draufsicht eines Hubkolbens mit einer im Querschnitt gestauchten Kolbenmulde im Kolbenboden, |
| 30 | Fig. 6 | eine Draufsicht und einen Längsschnitt eines Hubkolbens und einer herkömmlichen Kolbenmulde, |
| 35 | Fig. 7 | eine Draufsicht und einen Längsschnitt eines erfindungsgemäßen Hubkolbens mit einem radialen Muldensegment, |
| 40 | Fig. 8 | eine Draufsicht eines Hubkolbens mit mehreren radialen Muldensegmenten, |
| | Fig. 9 | eine Draufsicht eines Hubkolbens mit einer im Querschnitt gestauchten Kolbenmulde mit mehreren Muldensegmenten, |
| 45 | Fig. 10 | einen Hubkolben mit Muldensegmenten, |
| 50 | Fig. 10a - 10c | Längsschnitte von Hubkolben gemäß Fig. 10 mit alternativen Gestaltungen des Kolbenmuldenbodens, |
| 55 | Fig. 11 | eine Draufsicht und einen Längsschnitt einer weiteren Gestaltungsmöglichkeit eines Hubkolbens mit 3 |

- Muldensegmenten,
- Fig. 12 eine Draufsicht eines Hubkolbens mit 5 Muldensegmenten,
- Fig. 13 eine Draufsicht eines herkömmlichen Hubkolbens einer 4-Ventil-Brennkraftmaschine,
- Fig. 14 eine Draufsicht eines Hubkolbens mit exzentrischer Kolbenmulde,
- Fig. 15a - 15b Draufsicht und Längsschnitt eines Hubkolbens mit dreifach segmentierter Kolbenmulde.

[0008] Eine nicht näher dargestellte Brennkraftmaschine arbeitet mit innerer Verbrennung, wobei in jedem Zylinder 5 ein Hubkolben 1 längsbeweglich angeordnet ist und mit seinem Kolbenboden 2 einen Brennraum 6 begrenzt, wie Fig. 1 zeigt. Ein Ventiltrieb steuert in bekannter Weise die Zufuhr des Arbeitsmediums 12 für die zyklische Verbrennung und die Abfuhr der Abgase 13 aus dem Brennraum 6 während der Arbeitsspiele des Kolbens 1.

[0009] Beim Verbrennungsvorgang erhöht sich durch die Gasexpansion im Brennraum stark der Druck und es kommt zu Schallentwicklung. Die Schallwellen schwingen in Phase bzw. in Gegenphase mit der akustischen Quelle, das heißt prinzipiell dem Zündort des Gemisches im Brennraum 6. Die Entzündung des Gemisches im Brennraum 6 regt Resonanzmodi unterschiedlicher Frequenzen an, welche den Verbrennungsvorgang in Wechselwirkung beeinflussen. Die Interferenz zwischen akustischen Resonanzen und der Verbrennung erzeugt dabei große Temperatur- und Druckgradienten im Brennraum. Im Kolbenboden 2 ist eine Kolbenmulde 3 ausgebildet, welche eine starke Aufheizung der Kolbenoberfläche und der Oberfläche des Zylinders 5 durch eine Erweiterung des Brennraumvolumens verhindert.

[0010] Die Fig. 2a - 2d veranschaulichen anhand schematischer Darstellung die ersten 4 Modi der im zylindrischen Brennraumteil gebildeten Resonanzfrequenzen. Für den im Schnitt dargestellten Zylinder ist in Übereinstimmung mit Fig. 1 und den weiteren Zeichungsfiguren die Bezugsziffer 5 verwendet. Der Entflammungsort im zylindrischen Brennraumteil 6', welcher beim Otto-Verbrennungsverfahren durch die Funkenlage und Anordnung der Zündkerze definiert ist, ist in den Fig. 2a - 2d mit der Bezugsziffer 15 versehen. Der Entflammungspunkt 15 definiert auch beim Diesel-Verbrennungsverfahren die Drehwinkellage der Druckknoten der Schallwellen. Bei der Gasexpansion im Brennraum bilden sich entlang der Linien 16 Druckknoten und die Schallwellen schwingen in Phase π bzw. in Gegenphase 0 mit der akustischen Quelle 15. Die Resonanzfrequenz 1. Ordnung wird, wie in Fig. 2a darge-

stellt, durch eine punktsymmetrisch durch den Zylindermittelpunkt durchgehende Druckknotenlinie 16 bestimmt. Die Resonanzfrequenzen 2. Ordnung werden, wie aus Fig. 2b ersichtlich, durch zwei senkrecht aufeinander stehende Druckknotenlinien bestimmt. Fig. 2c veranschaulicht die kreisförmig um die Zylindermittellachse gebildete Druckknotenlinie, welche die Resonanzfrequenzen 3. Ordnung maßgeblich bestimmt. Auch die Resonanzfrequenzen 4. Ordnung gemäß Fig. 2d und die weiteren Resonanzfrequenzen höherer Ordnungen werden durch punktsymmetrisch zur Zylindermittellachse gebildete Druckknotenlinien und die in den Phasen 0 und π zur akustischen Quelle schwingenden Schallwellen bestimmt. Die Kolbenmulde 3 weist erfindungsgemäß eine solche Lage im Kolbenboden 2 und/oder eine solche Form auf, daß die Kolbenmulde 3 ein bezüglich der Druckknoten- bzw. Resonanzfrequenzlinien im zylindrischen Brennraumabschnitt geometrisch asymmetrisches Brennraumvolumen begrenzt. Eine erste Ausgestaltung eines Hubkolbens mit einer entsprechend gestalteten Kolbenmulde, welche die Resonanzfrequenzen stört und die bei dem Verbrennungsvorgang entstehenden Schallwellenamplituden dämpft, ist in Fig. 1 sowie den Fig. 3 - 5 dargestellt. Der Boden 4 der Kolbenmulde ist derart geformt, daß die Kolbenmulde 3 mehrere Muldensegmente umfaßt. Bei der Ausgestaltung gemäß Fig. 1 und Fig. 3 - 5 ist der Boden 4 der Kolbenmulde in mehrere gegenüber der Ebene des Kolbenbodens 2 geneigte Muldensegmente 4/1, 4/2, 4/3 mit jeweils unterschiedlich gerichteter Boden­neigung α geteilt.

[0011] Die Boden­neigungen der Muldensegmente sind zweckmäßig unterschiedlich gerichtet und schaffen so eine asymmetrische Brennraumkonfiguration. Durch diese geometrische Asymmetrie im Brennraum 6 wird die Ausbildung der akustischen Resonanzfrequenzen in der Kolbenmulde gedämpft und darüber hinaus die Wechselwirkung zwischen den formabhängigen Resonanzmodi der Kolbenmulde 3 und denen des zylindrischen Teils des Brennraums 6 gestört.

[0012] Im Ausführungsbeispiel weist die Kolbenmulde 3 gemäß Fig. 3 einen kreisförmigen Querschnitt auf. Die erfindungsgemäße Gestaltung ist jedoch ohne weiteres auch bei anderen Querschnittsformen der Kolbenmulde unabhängig von der Zahl der Ventile des Zylinders anwendbar, da die Dämpfung der Brennraumresonanzen von der Neigung α des Kolbenmuldenbodens 4 bzw. der Neigung der Muldensegmente bewirkt wird.

[0013] Die Druckschwingungen infolge akustischer Resonanzen im Brennraum können weiter reduziert werden, wenn die Muldensegmente drehsymmetrisch zum Querschnittszentrum 11 der Kolbenmulde 3 liegen. Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Kolbenmuldenboden gleichmäßig in zwei Muldensegmente 4/1, 4/2 geteilt. Durch das bereichsweise unterschiedliche Neigungsgefälle im Kolbenboden ist zwischen den Muldensegmenten 4/1, 4/2 durch den Niveauunterschied eine Kante 7 ausgebildet. Das jeweilige Gefälle der Bo-

denneigung jedes Muldensegmentes 4/1, 4/2 ist in Pfeilrichtung 8 parallel zu der Kante 7 gerichtet.

[0014] Der Muldenboden der Kolbenmulde des in Fig. 4 dargestellten Hubkolbens 1 ist drehsymmetrisch in drei Muldensegmente 4/1, 4/2, 4/3 geteilt. Für die gleichmäßige Unterteilung des Kolbenmuldenbodens sind auch höhere Anzahlen von Muldensegmenten möglich. Durch höhere Anzahlen der Muldensegmente werden höhere Resonanzmodi der Schallwellen effektiv gestört. Für die Anzahl der Muldensegmente sind Primzahlen zu bevorzugen, welche sicherstellen, daß eine genau der gewählten Teilungszahl des Kolbenmuldenbodens entsprechende Anzahl höherer Resonanzmodi durch die zonenweise unterschiedlich geneigte Formgebung der Kolbenmulde gestört sind. Die Wahl einer ganzzahlig teilbaren Anzahl von Muldensegmenten ist möglich, jedoch kann in diesem Fall die Existenz solcher Resonanzmodi nicht ausgeschlossen werden, deren niedere Ordnung dem ganzzahligen Teiler der gewählten Segmentanzahl entspricht.

[0015] Bei der in Fig. 4 gezeigten Ausführungsform eines Hubkolbens 1 mit dreigeteiltem Muldenboden erstreckt sich jedes Muldenbodensegment 4/1, 4/2, 4/3 über einen Bogenwinkel von 270° , wobei die jeweilige Gefällerrichtung 8 der Boden­neigung der Muldenbodensegmente bei drehsymmetrischer Ausgestaltung der Kolbenmulde 3 zum Querschnittszentrum 11 einen Abfall des Bodenniveaus eines Muldenbodensegmentes in Umfangsrichtung schafft. Der an der Kante 7 zwischen in Umfangsrichtung der Kolbenmulde 3 benachbarten liegenden Muldensegmenten vergrößert ohne Generierung zusätzlicher Resonanzmodi den von der Kolbenmulde 3 ausgebildeten Brennraumabschnitt und verringert so die Klopfneigung der Brennkraftmaschine. Es ist dadurch möglich, sowohl Otto- als auch Diesel-Brennkraftmaschinen im Kennfeld nahe der Klopflinie zu betreiben und den Schadstoffausstoß zu reduzieren. Der Neigungswinkel der Boden­neigung ist bei jedem Muldenbodensegment 4/1, 4/2, 4/3 gleich ausgebildet.

[0016] Fig. 5 zeigt eine weitere erfindungsgemäße Ausgestaltung eines Hubkolbens 1, wobei die Kolbenmulde 3 mit geneigtem Kolbenmuldenboden 4 exzentrisch im Kolbenboden 2 liegt. Die verbrennungsgeräuschmindernde Asymmetrie der Brennraumgeometrie durch die Formgebung der Kolbenmulde wird dadurch geschaffen, daß die Kolbenmulde 3 im Querschnitt gestaucht ist. Der Querschnitt der Kolbenmulde 3 ist dabei in Richtung einer Querschnittsachse 20 gestaucht, welche angestellt zur Gefällerrichtung 8 des Kolbenmuldenbodens 4 liegt. Die Querschnittsachse 20 liegt außerdem angestellt zu einer Durchmesserachse des Kolbenbodens durch den axial projizierten Zündort im Brennraum. Der Exzentrizitätsfaktor ϵ der Querschnittsachsen 20, 21 des Muldenquerschnittes wird im bestimmten Einsatzfall des Kolbens in Abstimmung mit dem zylindrischen Brennraumanteil im Zylinder der Brennkraftmaschine abgestimmt. Die um ϵ exzentrische Lage der Kolbenmulde 3 vom Querschnittszentrum 11

des Kolbenbodens 2 ermöglicht die Entkopplung der von der Kolbenmulde 3 generierten Resonanzfrequenzen von denen des zylindrischen Teils des Brennraums.

[0017] Alternativ zur Formgebung der Kolbenmulde mit geneigtem Muldenboden 4 bzw. Muldensegmenten mit geneigten Bodenabschnitten kann die Kolbenmulde zur Beruhigung des Verbrennungsablaufes mit mindestens einem radial zum Querschnittszentrum der Kolbenmulde gerichteten Muldensegment asymmetrisch ausgestaltet werden. Eine solche Kolbenmulde ist in Fig. 7 gezeigt und nachstehend im Vergleich mit einer herkömmlichen Kolbenmulde gemäß Fig. 6 beschrieben. Bei beiden Zeichnungsfiguren ist jeweils eine Draufsicht sowie eine Längsschnittansicht des jeweiligen Hubkolbens dargestellt. Bei den bekannten Hubkolben ist eine Kolbenmulde 3 mit kreisförmigem Querschnitt zentrisch im Kolbenboden 2 ausgebildet, das heißt, das Querschnittszentrum 11 der Kolbenmulde 3 fällt mit der Längsmittelachse 10 des Zylinders zusammen. Die Kolbenmulde 3 kann wie gezeigt torusförmig ausgebildet sein mit einer mittigen Anhebung, was die Gemischverteilung im Brennraum begünstigt. Bei der erfindungsgemäßen Muldenform nach Fig. 7 umfaßt die Kolbenmulde 3 ein radial zum Querschnittszentrum 11 gerichtetes Muldensegment 4/4, welches die zur passiven Schalldämpfung vorgesehene asymmetrische Brennraumform schafft. Das Muldensegment 4/4 ist als Ausbuchtung im Muldenboden 4 gebildet. Die Ausbuchtung kann zweckmäßig in den Boden 4 der Kolbenmulde 3 eingefräst werden.

[0018] Fig. 8 zeigt eine vorteilhafte Ausführungsform eines Hubkolbens mit einer Kolbenmulde, welche mehrere radiale Muldensegmente 4/4 bis 4/8 umfaßt. Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind fünf Muldensegmente vorgesehen, wobei jedoch auch andere Segmentzahlen zweckmäßig sein können. Wie bei der in den Fig. 3 - 5 gezeigten Muldenform mit geneigtem Muldenboden ist auch hier eine Primzahl für die Segmentanzahl zu bevorzugen, um bei der gewählten Teilungszahl des Kolbenbodens höhere Resonanzmodi durch die zonenweise unterschiedlich geneigte Formgebung zu stören. Die Muldensegmente sind gleichmäßig geteilt am Umfang der Kolbenmulde 3 angeordnet, woraus sich ein Teilungswinkel τ von 2π geteilt durch die Segmentanzahl ergibt, also im vorliegenden Ausführungsbeispiel $2\pi/5$.

[0019] Bei dem in Fig. 9 gezeigten erfindungsgemäßen Hubkolben sind die radialen Muldensegmente ähnlich wie bei der in Fig. 8 gezeigten Form drehsymmetrisch um das Querschnittszentrum 11 angeordnet, wobei jedoch die Symmetriebeziehung zu den Resonanzfrequenzen im zylindrischen Brennraumteil weiter durch eine Stauchung des Muldenquerschnitts entkoppelt ist. Der Muldenquerschnitt ist dabei in Richtung einer Querschnittsachse 20 durch das Querschnittszentrum 11 gestaucht. Neben der geometrisch asymmetrischen Form der Kolbenmulde wird die passive Dämpfung der akustischen Brennraumresonanzen durch eine exzentrische Lage der Kolbenmulde unterstützt. Über den Ex-

zentritätsfaktor ϵ kann das Dämpfungsverhalten auch auf die Betriebscharakteristik der Brennkraftmaschine abgestimmt werden. Die Exzentrizität ϵ bestimmt dabei den Abstand der Querschnittsachse 21, welche senkrecht auf die Stauchungsachse 20 steht, zu einer Symmetrieachse durch das Kolbenzentrum (Längsmittelachse 10).

[0020] Neben der oben beschriebenen Ausführungsform mit einer Kolbenmulde, an deren Umfang radiale Muldensegmente ausgebildet sind, ist auch eine Gestaltung des Hubkolbens mit Kolbenmulden möglich, welche ausschließlich aus radialen Muldensegmenten gebildet sind. Fig. 10 zeigt eine solche Muldenform mit 3 Muldensegmenten 4/4, 4/5, 4/6. Die Muldensegmente grenzen aneinander, wodurch sich in einfacher Ausgestaltung der in Fig. 10a gezeigte Längsschnitt des Hubkolbens 1 ergibt. Die Muldensegmente können jedoch auch zweckmäßig, wie in Fig. 10b dargestellt, bauchig ausgehöhlt zum Kolbeninneren ausgebildet sein. Fig. 10 zeigt eine alternative Gestaltung der Muldensegmente, wobei die Ausbauchung in radialer Richtung stärker ausgeprägt ist. Über die bauchige Form der einzelnen Muldensegmente kann die Gemischbildung der Brennkraftmaschine und das Durchbrennverhalten beeinflusst werden und so auch Schallemission verbessert werden.

[0021] Als weitere Möglichkeit zur Verbesserung der passiven Dämpfung der Brennraumresonanzen über die Formgebung der Kolbenmulde können, wie in Fig. 11 gezeigt, die Übergänge der angrenzenden Bodenbereiche der Muldensegmente und auch der mit dem Kolbenboden 2 gebildete Rand 9 der Kolbenmulde 3 abgerundet ausgebildet sein. Die Muldenform gemäß Fig. 10 und 11 mit radialen Muldensegmenten, welche bis zum Querschnittszentrum reichen, können sowohl in der Ausführung mit scharfen Kanten als auch mit abgerundeten Übergängen auch mit anderen Segmentzahlen ausgeführt werden. Beispielhaft ist in Fig. 12 eine entsprechende Ausführung mit 5 Muldensegmenten gezeigt, welche dreh-symmetrisch um das Querschnittszentrum 11 gruppiert sind.

[0022] Die Interferenzen zwischen den Resonanzmodi des zylindrischen Brennraumteils und den Resonanzmodi der Kolben können durch eine exzentrische Lage der Kolbenmulde weitgehend gedämpft werden. Eine einfache Gestaltung der Kolbenmulde mit Kreisform ist in Fig. 14 gezeigt. Als Vergleich ist in Fig. 13 eine herkömmliche Kolbenmulde 3 gezeigt, welche zentrisch im Kolbenboden 2 angeordnet ist. Die exzentrische Anordnung der Kolbenmulde 3 ist besonders bei Vierventilmotoren vorteilhaft. In den Fig. 13 und 14 sind mit 17 die Ventilspuren der vier Gaswechselventile bezeichnet. Gegenüber der zentrischen Anordnung der Kolbenmulde 3 gemäß dem Stand der Technik wird durch die exzentrische Lage der Kolbenmulde 3 zu jedem der Ventile zweckmäßig ein unterschiedlicher Abstand geschaffen. Der Exzentrizitätsfaktor ϵ ist entsprechend angepaßt an die Brennkraftmaschine auszuwählen und das

Querschnittszentrum 11 der exzentrischen Kolbenmulde entsprechend von der Zylindermittelachse 10 beabstandet anzuordnen.

[0023] In den Fig. 15a und 15b ist eine weitere vorteilhafte Ausführungsvariante einer Kolbenmulde 3 mit radialen Muldensegmenten gezeigt. Wie insbesondere aus der Schnittdarstellung gemäß 15b hervorgeht, befindet sich bei dieser Ausgestaltung der Kolbenmulde der tiefste Einschnitt des Muldenbodens annähernd am radialen Rand der Kolbenmulde, wobei die Muldenwand am Umfang der Kolbenmulde nahezu senkrecht zum Kolbenboden 2 gezogen ist. Die im Querschnittszentrum der Mulde von den angrenzenden Muldensegmenten 4/4, 4/5, 4/6 gebildete Überhöhung 14 liegt zweckmäßig in einer Ebene mit dem Kolbenboden 2. Bei der zu bevorzugenden dreh-symmetrischen Anordnung der Muldensegmente entsteht so die in Fig. 15a dargestellte sternförmige Draufsicht der Kolbenmulde 3. Das Brennraumvolumen der Kolbenmulde ist so etwa ringförmig um die mittige Überhöhung 14 gebildet, was bei Gewährleistung der erfindungsgemäßen Dämpfung der Brennraumresonanzen weitere Möglichkeiten zur Beeinflussung der Gemischbildung oder anderer Betriebsparameter der Brennkraftmaschine schafft.

[0024] Die erfindungsgemäße Gestaltung des Kolbenbodens mit einer wie oben beschriebenen Konfiguration der Kolbenmulde ist als passive Maßnahme zur Dämpfung der Druckschwingungen im Brennraum infolge von Brennraumresonanzen beim Verbrennungsvorgang bei verschiedenen Ausführungsformen der Brennräume und auch bei hinsichtlich der Arbeitsweise unterschiedlichen Hubkolbenbrennkraftmaschinen anwendbar.

Patentansprüche

1. Hubkolben einer Brennkraftmaschine, welcher längsbeweglich in einem Zylinder (5) angeordnet ist und mit einem Kolbenboden (2), in dem eine Kolbenmulde (3) ausgebildet ist, einen Brennraum (6) begrenzt, dadurch gekennzeichnet, daß die Kolbenmulde (3) eine solche Lage und/oder Form aufweist, daß das Brennraumvolumen von der Kolbenmulde (3) geometrisch asymmetrisch begrenzt ist bezüglich der im zylindrischen Brennraumabschnitt punktsymmetrisch zu einer Zylindermittelachse liegenden Resonanzfrequenzlinien (16) mindestens 1. Ordnung der bei der Gemischentflammung entstehenden Schallwellen.

2. Hubkolben nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Boden (4) der Kolbenmulde (3) derart geformt ist, daß die Kolbenmulde (3) mehrere Muldensegmente (4/1 - 4/8) umfaßt.

3. Hubkolben nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Boden (4) der Kolbenmulde (3) in mehrere gegenüber der Ebene des Kolbenbodens (2) geneigte Muldensegmente (4/1, 4/2, 4/3) mit jeweils unterschiedlich gerichteter Bodenneigung geteilt ist. 5

4. Hubkolben nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das jeweilige Gefälle der Bodenneigung eines Muldensegmentes (4/1, 4/2, 4/3) parallel zu einer Kante (7) gerichtet ist, welche jeweils mit dem in Umfangsrichtung der Kolbenmulde (3) benachbart liegenden Muldensegment (4/1, 4/2, 4/3) durch Niveauunterschied gebildet ist. 10 15

5. Hubkolben nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Neigungswinkel (a) der Bodenneigung bei jedem Muldenbodensegment (4/1, 4/2, 4/3) gleich ist. 20

6. Hubkolben nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kolbenmulde (3) mindestens ein im wesentlichen radial zum Querschnittszentrum (11) der Kolbenmulde (3) gerichtetes Muldensegment (4/4 - 4/8) umfaßt. 25

7. Hubkolben nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere radiale Muldensegmente (4/4 - 4/8) vorgesehen sind. 30

8. Hubkolben nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Muldensegmente (4/4 - 4/8) jeweils bauchig ausgehöhlt zum Kolbeninneren ausgebildet sind. 35

9. Hubkolben nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Übergänge der angrenzenden Bodenbereiche der Muldensegmente (4/1 - 4/8) und eines mit dem Kolbenboden (2) gebildeten Randes (9) der Kolbenmulde (3) abgerundet ausgebildet sind. 40

10. Hubkolben nach einem der Ansprüche 3 - 5 oder 6 - 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Muldensegmente (4/1 - 4/8) drehsymmetrisch zum Querschnittszentrum (11) der Kolbenmulde (3) liegen. 45

11. Hubkolben nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Muldensegmente (4/1 - 4/8) eine Primzahl ist. 50

11. Hubkolben nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kolbenmulde (3) exzentrisch im Kolbenboden (2) liegt. 55

12. Hubkolben nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt der Kolbenmulde (3) gestaucht ist.

13. Hubkolben nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Muldenquerschnitt in Richtung einer das Querschnittszentrum (11) durchsetzenden Querschnittsachse (20) gestaucht ist.

14. Hubkolben nach einem der Ansprüche 3 - 5 und Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Querschnittsachse (20) angestellt zur Gefällerrichtung (8) des Kolbenmuldenbodens (4) liegt.

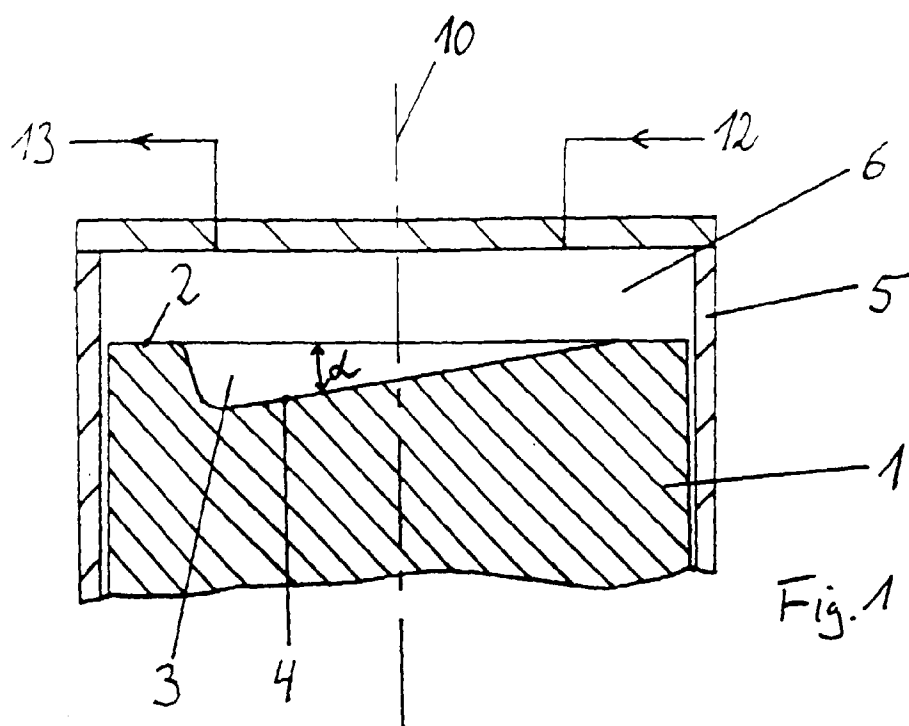


Fig. 1

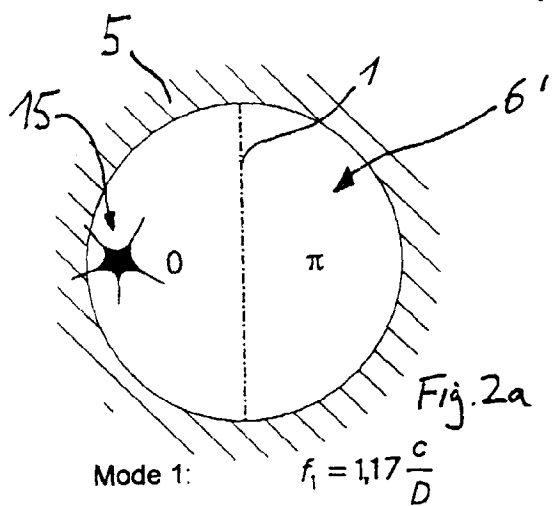


Fig. 2a

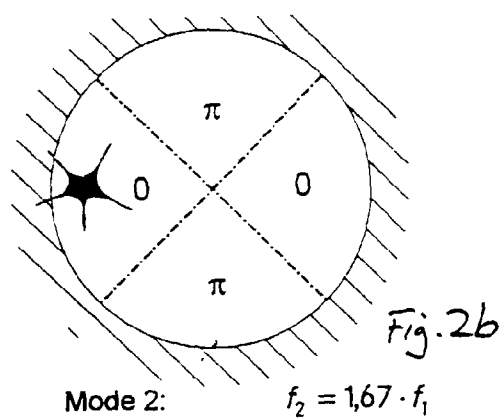


Fig. 2b

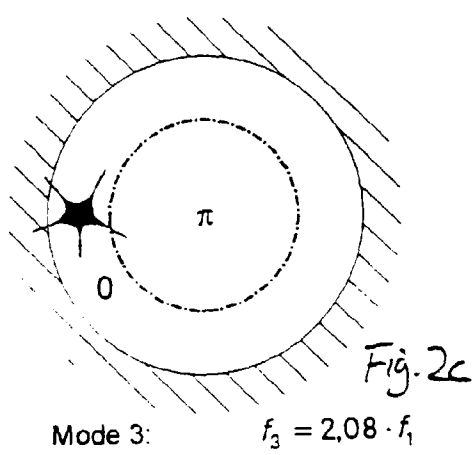


Fig. 2c

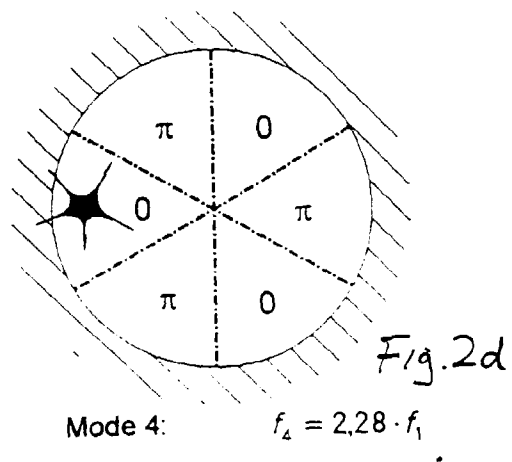
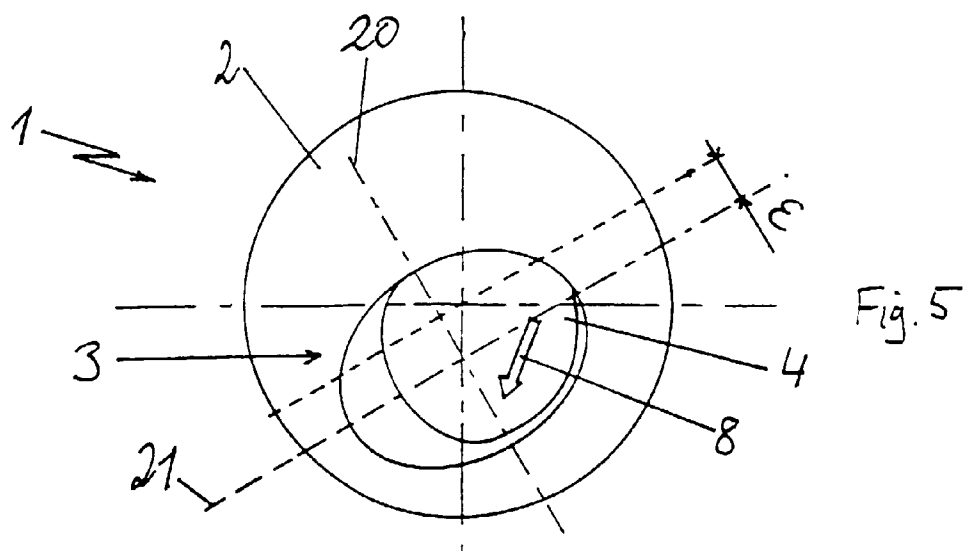
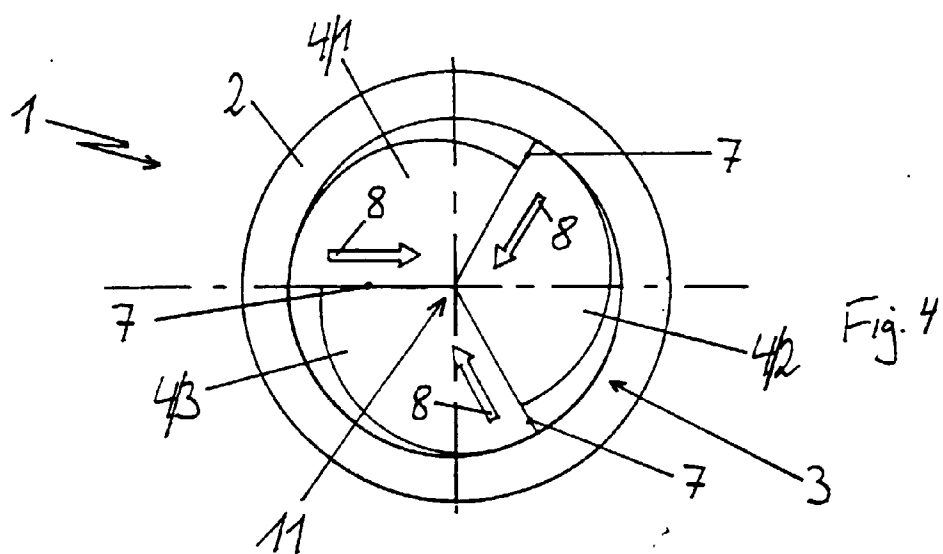
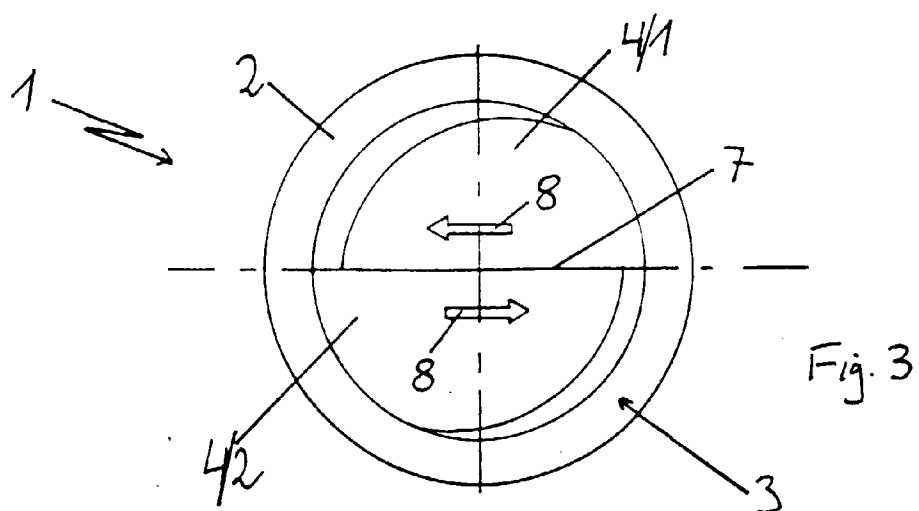


Fig. 2d



Stand der Technik

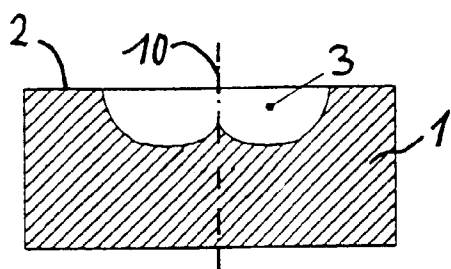
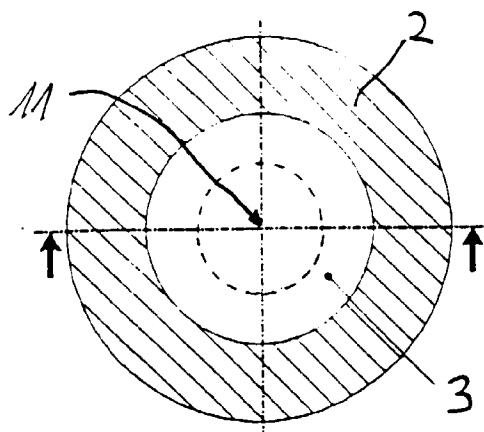


Fig. 6

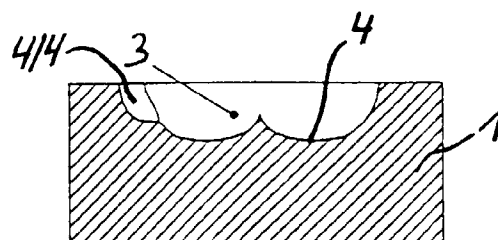
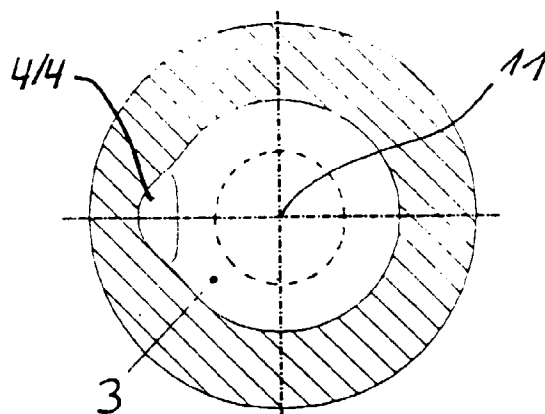


Fig. 7

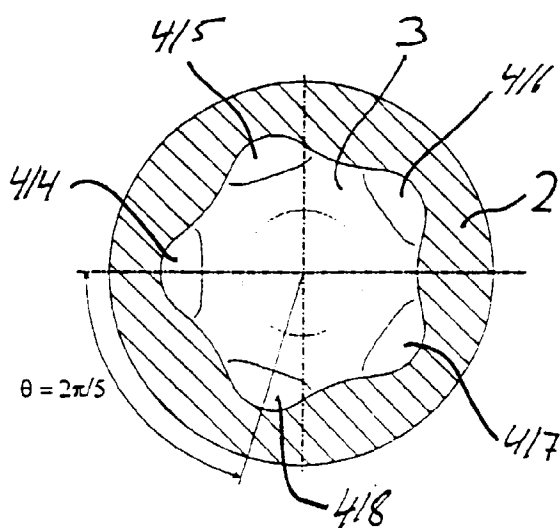


Fig. 8

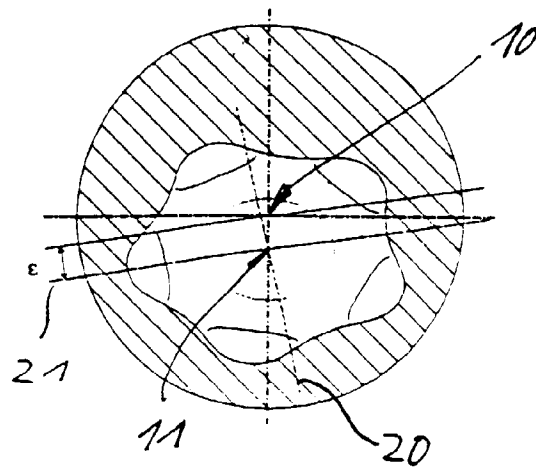


Fig. 9

Fig. 10

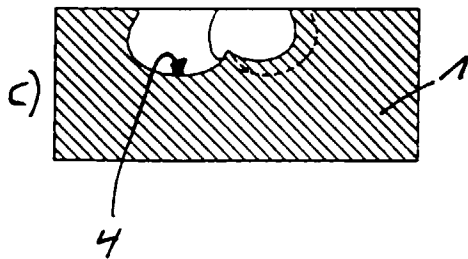
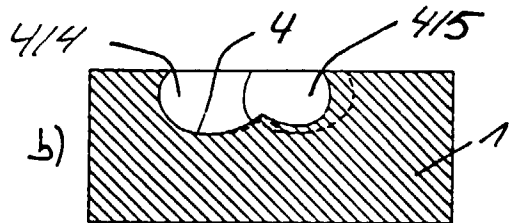
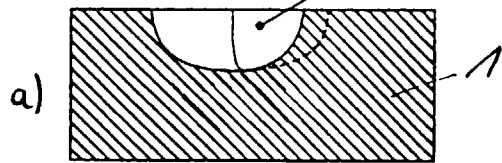
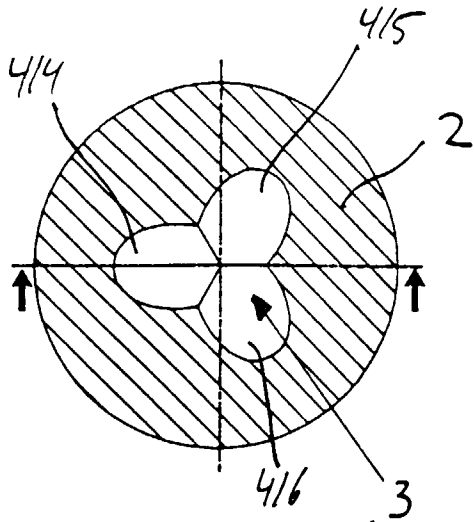
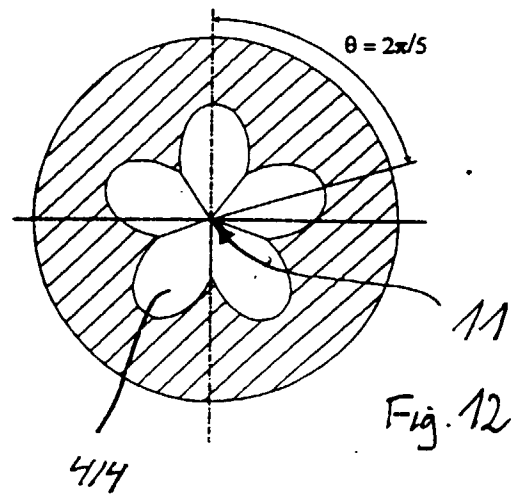
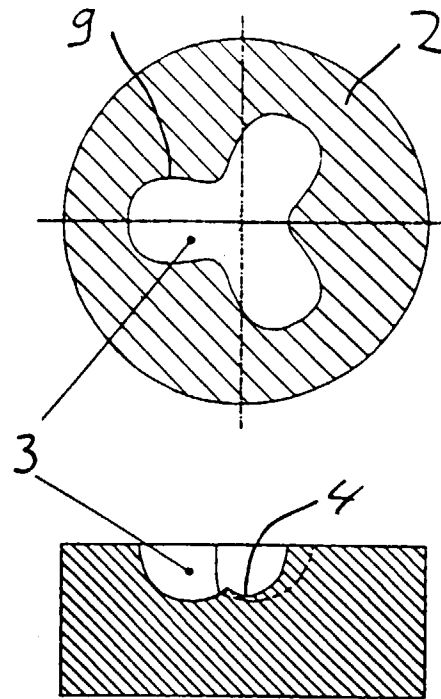
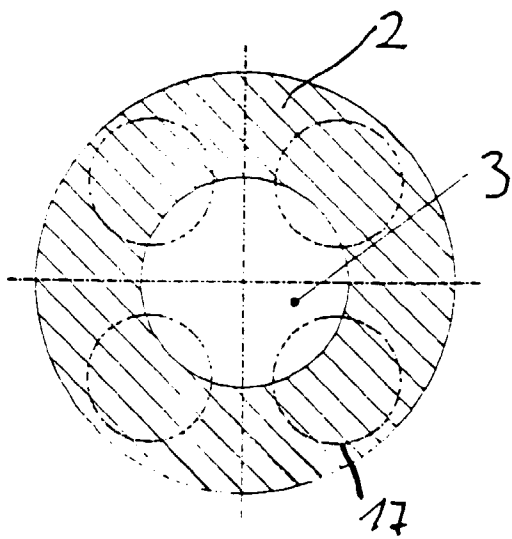


Fig. 11





Stand der Technik Fig. 13

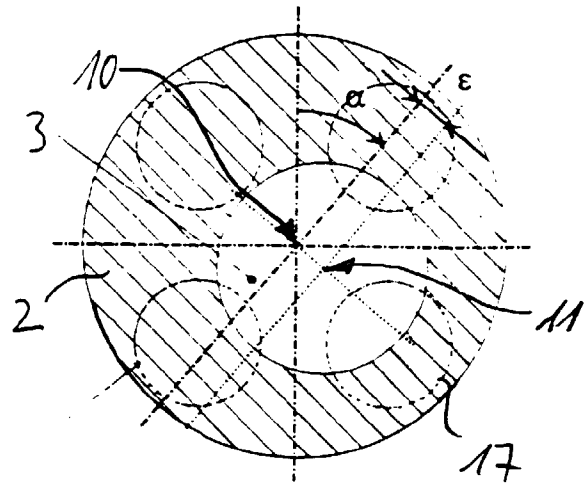


Fig. 14

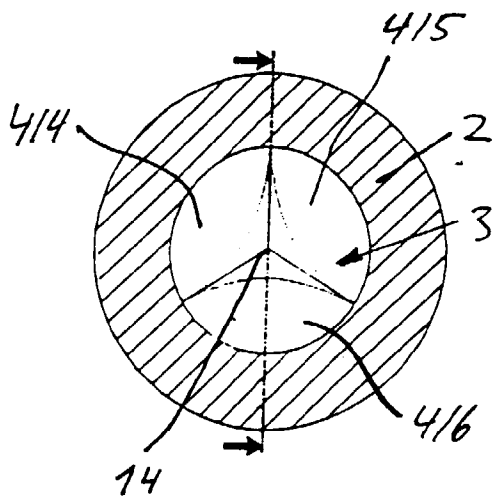


Fig. 15a

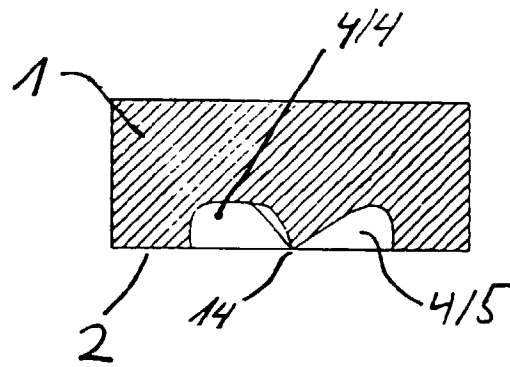


Fig. 15b