



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 347 172 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

24.09.2003 Patentblatt 2003/39

(51) Int Cl.7: **F04B 1/04**

(21) Anmeldenummer: **03004570.2**

(22) Anmeldetag: **28.02.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT SE SI SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO

(30) Priorität: **21.03.2002 DE 10212492**

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

(72) Erfinder:

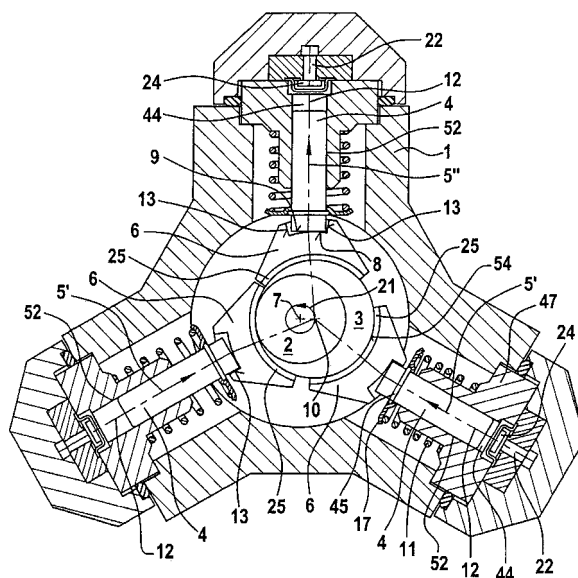
- **Blessing, Gerd
73037 Göppingen (DE)**

- **Fleisch, Sven
70378 Stuttgart (DE)**
- **Hoffmann, Karl-Heinz
70619 Stuttgart (DE)**
- **Müller, Manfred
70806 Kornwestheim (DE)**
- **Stenger, Claus
70376 Stuttgart (DE)**
- **Wiemann, Bernd
70327 Stuttgart (DE)**

(54) **Kolbenpumpe**

(57) Eine Kolbenpumpe, insbesondere eine Reihen- oder Radialkolbenpumpe zur Kraftstoffhochdruckerzeugung bei Common-Rail-Einspritzsystemen, weist eine in einem Pumpengehäuse (1) drehbar gelagerte Nockenwelle (2) auf, die mindestens einen Exzenternocken (3) aufweist. Dem Exzenternocken (3) ist mindestens ein Pumpenkolben (4, 14) zugeordnet, der vom Exzenternocken (3) betätigt ist und der in etwa radialer Richtung zur Nockenwelle (2) eine Hubbewegung (5) ausführen kann. Die Hubbewegung (5) umfaßt einen zur Nockenwelle (2) gerichteten Abwärtshub (5') und einen entgegengesetzt gerichteten Aufwärtshub (5''). Zur Reduzierung des Verschleißes der Kolbenpumpe ist vorgesehen, daß zwischen jedem Pumpenkolben (4, 14) und dem Exzenternocken (3) ein Pleuelelement (6, 16, 26, 36, 46) angeordnet ist, welches durch Abwälzen die Hubbewegung (5) und die Kraft auf den Pumpenkolben (4, 14) überträgt.

Fig. 3



EP 1 347 172 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Kolbenpumpe der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Gattung.

[0002] Bei Dieselmotoren soll der Kraftstoff möglichst fein zerstäubt in den Brennraum eingespritzt werden. Zur Erzeugung des dafür notwendigen hohen Einspritzdrucks werden Kolbenpumpen, insbesondere kompaktbauende Radialkolbenpumpen verwendet. Insbesondere bei Common-Rail-Einspritzsystemen läßt sich bei Verwendung einer Radialkolbenpumpe mit mehreren Pumpenkolben ein hoher, relativ konstanter Druck erzeugen.

[0003] Bei bekannten Radialkolbenpumpen sind in einem Pumpengehäuse meist drei Pumpenkolben in radialer Richtung einer Nockenwelle angeordnet. Auf der Nockenwelle ist ein Exzenternocken angeordnet, dessen Mittelachse bei Drehung der Nockenwelle um die Nockenwellenachse bewegt wird. Ein konzentrisch zum Exzenternocken angeordneter Polygonring führt durch die Drehung der Nockenwelle eine Bewegung in Richtung der Längsachse des Pumpenkolbens sowie eine Querbewegung aus. Der Pumpenkolben wird durch eine Feder in Richtung Polygonring gedrückt. Über eine Kolbenfußscheibe wird die Hubbewegung von dem Polygonring auf den Pumpenkolben übertragen. Die Querbewegung führt zu einer Relativbewegung des Polygonrings gegenüber der Kolbenfußscheibe. Diese Querbewegung führt bei den aufgrund der hohen Drücke auftretenden großen Kräfte zwischen Kolbenfußscheibe und Polygonring zu erhöhtem Verschleiß. Die hohen Reibkräfte verschlechtern außerdem den Wirkungsgrad bekannter Kolbenpumpen.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Kolbenpumpe der gattungsgemäßen Art zu schaffen, die einen geringen Verschleiß im Betrieb aufweist.

[0005] Diese Aufgabe wird durch eine Kolbenpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0006] Anstatt des bekannten Polygonrings ist vorgesehen, zwischen Kolbenbolzen und Exzenternocken ein Pleuelement anzuordnen. Das Pleuelement überträgt die Hubbewegung und die Kraft auf den Pumpkolben durch Abwälzen. Hierdurch wird die Reibung und der auftretende Verschleiß verringert.

[0007] Vorteilhaft umgreift die dem Exzenternocken zugewandte Lagerfläche diesen über einen Winkel von weniger als 180° . Zweckmäßig sind mehrere Pumpenkolben vorgesehen, und die Pleuelemente sind mindestens in einem Winkelbereich unabhängig von anderen Pleuelementen um die Exzentermittelachse drehbar.

[0008] Zweckmäßig ist das Pleuelement an einer Kontaktfläche mit der Kontaktfläche des Pumpenkolbens in Kontakt, wobei mindestens eine der Kontaktflächen konvex ausgebildet ist. Dadurch kann zwischen Pumpenkolben und Pleuelement eine Wälzbewegung erzielt werden, so daß zwischen Pumpenkolben und Pleuelement keine Gleitreibung und damit nahezu

kein Verschleiß auftritt. Durch die Anwendung des Kurbeltriebsprinzips in Verbindung mit der abwälzenden Ankopplung und Kraftübertragung vom Pleuelement auf den Pumpenkolben wird also die beim Stand der Technik auftretende Gleitreibung zwischen Polygonring und Kolbenfußscheibe vermieden, wobei die auftretende Flächenpressung in der Berührungsfläche zwischen Pleuelement und Pumpenkolben wegen der realisierbaren großen Durchmesser der Krümmungsradien der Berührungspartner deutlich unter dem zulässigen Grenzwert bleibt.

[0009] Es kann vorteilhaft sein, daß eine der Kontaktflächen konkav ist, wobei der Betrag des Radius der konkaven Kontaktfläche größer als der Betrag des Radius der konvexen Kontaktfläche ist. Die konkave und die konvexe Kontaktfläche wälzen aufeinander ab. Insbesondere zur Minimierung der auftretenden Flächenpressung ist die Differenz der Beträge der Krümmungsradien möglichst gering. Es kann jedoch auch vorteilhaft sein, daß beide Kontaktflächen konvex sind. Zweckmäßig ist eine Kontaktfläche, insbesondere die Kontaktfläche des Pumpenkolbens, eben. Die ebene Kontaktfläche ist zweckmäßig senkrecht zur Längsachse des Pumpenkolbens angeordnet. Insbesondere zur Kompensation von tangential wirkenden dynamischen Kräften kann es jedoch vorteilhaft sein, daß die ebene Kontaktfläche des Pumpenkolbens gegenüber der Längsachse des Pumpenkolbens geneigt ist.

[0010] Zweckmäßig ist die Kontaktfläche des Pleuelements konzentrisch zur Mittelachse des Exzenternockens gekrümmt. Die konzentrische Ausbildung der Kontaktfläche bewirkt, daß die eingeleiteten Kräfte direkt auf den Mittelpunkt des Exzenternockens wirken und kein auf das Pleuelement wirkendes Drehmoment um die Achse des Exzenternockens entsteht. Es ist vorgesehen, daß mindestens eine Kontaktfläche sphärisch gekrümmt ist. Vorteilhaft ist mindestens eine Kontaktfläche zylindrisch gekrümmt, insbesondere ist die Kontaktfläche mit dem Radius mit dem kleineren Betrag sphärisch und die Kontaktfläche mit dem Radius mit dem größeren Betrag zylindrisch gekrümmt. Um eine Kompensation der auftretenden dynamischen Massenkräfte zu erreichen und insbesondere im Abwärtshub zu verhindern, daß zwischen Pumpenkolben und Pleuelement eine Relativbewegung auftritt, ist vorgesehen, daß die Kontaktfläche des Pleuelements konvex ist, wobei der Bereich der Kontaktfläche, der mit dem Pumpenkolben im Abwärtshub in Kontakt ist, einen verkleinerten Krümmungsradius aufweist. Der verkleinerte Krümmungsradius, der insbesondere kleiner als der Abstand der Kontaktfläche zur Mittelachse des Exzenternockens ist, führt zu einem Drehmoment, das am Pleuelement entgegen den dynamischen Massenkräften wirkt.

[0011] Es kann zur Reduzierung der Flächenpressung und/oder zur Anpassung an die Größe der Exzenterizität des Exzenternockens vorteilhaft sein, daß das Ende des Pumpenkolbens, das mit der Kontaktfläche des Pleuelements in Berührung ist, zur Vergrößerung

der Kontaktfläche mit einem größeren Durchmesser ausgeführt ist.

[0012] Um eine kompakte Bauform zu realisieren, ist vorgesehen, daß mehrere Pleuelemente am Umfang des Exzternockens verteilt angeordnet sind. Um zu vermeiden, daß sich im Abwärtshub die Pleuelemente in radialer Richtung vom Exzternocken lösen können, ist vorgesehen, daß von jedem Pleuelement in Umfangsrichtung Finger ragen, die das jeweilige benachbarte Pleuelement an der Außenseite in geringem radialen Abstand übergreifen. Zweckmäßig sind Finger von jedem Pleuelement in Umfangsrichtung nach beiden Seiten vorgesehen. Da jeweils nur ein Pleuelement im Abwärtshub ist, können die benachbarten Pleuelemente, die im Aufwärtshub vom Pumpenkolben gegen den Exzternocken gepreßt werden, das im Abwärtshub befindliche Pleuelement fixieren. Es kann jedoch auch vorteilhaft sein, daß der Pumpenkolben mittels einer Feder gegen das Pleuelement gedrückt ist. In diesem Fall können zusätzlich Finger vorgesehen sein, die im Falle eines Federbruchs als Sicherheitseinrichtung dienen. Um insbesondere bei Federbruch zu vermeiden, daß der Pumpenkolben im Abwärtshub dem Pleuelement nicht folgt, ist vorgesehen, daß der Pumpenkolben formschlüssig, insbesondere mittels eines Clip, am Pleuelement gehalten ist. Bei formschlüssiger Verbindung von Pumpenkolben und Pleuelement muß keine Feder vorgesehen sein.

[0013] Im Aufwärtshub wirken zwischen Pleuelement und Pumpenkolben wesentlich größere Kräfte als im Abwärtshub. Um die Flächenpressungen im Aufwärtshub zu verringern, ist vorgesehen, daß die Längsachse des Pumpenkolbens zur Nockenwellenachse einen Abstand aufweist. Durch diesen Versatz kann die Fläche, an der sich Pleuelement und Bolzen im Aufwärtshub berühren, in den Bereich der Pumpenkolbenmitte verlagert werden.

[0014] Um die Relativbewegung zwischen Pleuelement und Pumpenkolben in Umfangsrichtung des Exzternockens zu begrenzen, ist mindestens eine Führung vorgesehen. Zweckmäßig ist die Führung etwa auf der Höhe der Kontaktflächen und in Umfangsrichtung etwa in der Mitte des Abwälzbereichs angeordnet, da in diesem Bereich die Relativbewegung in radialer Richtung zwischen Pleuelement und Pumpenkolben minimal ist. Zweckmäßig ist mindestens eine Führung am Pleuelement angeordnet. Es kann vorteilhaft sein, daß mindestens eine Führung am Pumpenkolben angeordnet ist. Insbesondere sind in Umfangsrichtung beidseitig der Kontaktflächen Führungen angeordnet. Die Führungen verlaufen insbesondere in den Stellungen, in denen der Pumpenkolben den halben Aufwärtshub oder den halben Abwärtshub zurückgelegt hat, annähernd parallel zur Kolbenlängsachse. Es kann jedoch auch zweckmäßig sein, daß eine Führung am Pumpengehäuse angeordnet ist.

[0015] Zur Verminderung der Flächenpressung ist vorgesehen, daß das Pleuelement mehrteilig ausge-

bildet ist, wobei die einzelnen Segmente in Richtung der Kolbenlängsachse angeordnet sind und gegeneinander an Kontaktflächen beweglich sind und wobei insbesondere der Betrag der Krümmungsradien der Kontaktflächen in radialer Richtung nach außen zunimmt. Dadurch wälzt jeweils eine konvex gekrümmte Kontaktfläche auf einer konkav gekrümmten Kontaktfläche ab. Der für die Hertzsche Pressung maßgebliche effektive Radius wird hier um so größer, je geringer die Differenz der Radien ist. Durch die Anordnung mehrerer Teile eines Pleuelements kann somit die Hertzsche Pressung verkleinert werden.

[0016] Zur Verminderung des Verschleißes ist vorgesehen, daß das Pleuelement im Bereich der Kontaktfläche einen Einsatz aus verschleißfestem Material, insbesondere aus Wälzlagerstahl oder aus Keramik, besitzt. Zur Verminderung der Reibung und zur Verbesserung der Notlaufeigenschaften ist vorgesehen, daß am Pleuelement zwischen Pleuelement und Exzternocken ein Lagerschalensegment angeordnet ist, das insbesondere PTFE-beschichtet ist. Zweckmäßig ist das Lagerschalensegment auf das Pleuelement aufgelötet, insbesondere mit Weichlot oder mit niedrigschmelzendem, silberhaltigem Lot. Insbesondere ist das Lagerschalensegment formschlüssig, vorteilhaft durch Umbiegen und/oder Aufclipsen, befestigt. Es kann jedoch auch zweckmäßig sein, daß am Umfang des Exzternockens eine Lagerhülse angeordnet ist, die insbesondere mit PTFE beschichtet ist.

[0017] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Kolbenpumpe mit zwischen Pumpenkolben und Exzternocken angeordnetem Pleuelement im Abwärtshub,
- Fig. 2 eine schematische Darstellung der Kolbenpumpe aus Fig. 3 im Aufwärtshub,
- Fig. 3 einen Schnitt durch eine Kolbenpumpe mit drei radial angeordneten Pumpenkolben,
- Fig. 4 in Schnittdarstellung einen Ausschnitt einer Kolbenpumpe im Aufwärtshub,
- Fig. 5 der Ausschnitt aus Fig. 4 mit dem Pumpenkolben im Abwärtshub,
- Fig. 6 eine schematische Darstellung von Pumpenkolben, Pleuelement und Exzternocken mit Achsversatz zwischen Pumpenkolben und Nockenwellenachse im Abwärtshub,
- Fig. 7 eine schematische Darstellung der Anordnung aus Fig. 6 im Aufwärtshub,

- Fig. 8 eine schematische Darstellung einer Ausführungsvariante von Pumpenkolben, Federteller mit Führung für das Pleuelement und Pleuelement,
- Fig. 9 eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsvariante des Pleuelements,
- Fig. 10 eine Schnittdarstellung einer weiteren Ausführungsvariante eines Pleuelements,
- Fig. 11 eine Schnittdarstellung einer weiteren Ausführungsvariante der Pleuelemente und der Führungen.

[0018] In den Fig. 1 und 2 ist schematisch die Koppelung eines Pumpenkolbens 4 an einen Exzenternocken 3 dargestellt. Der Pumpenkolben 4 ist in einem Pumpengehäuse 1 etwa radial zur Nockenwellenachse 7 der Nockenwelle 2 gelagert. Der Pumpenkolben 4 ist über die Druckfeder 11 in Richtung auf die Nockenwellenachse 7 gespannt. Die Druckfeder 11 stützt sich auf der einen Seite am Gehäuse 1 und auf der anderen Seite an einem am Pumpenkolben 4 festgelegten Federteller 17 ab. An der Nockenwelle 2 ist ein Exzenternocken 3 angeordnet, dessen Mittelachse 10 von der Nockenwellenachse 7 radial beabstandet ist.

[0019] Zwischen Exzenternocken 3 und Pumpenkolben 4 ist ein Pleuelement 6 angeordnet. Das Pleuelement 6 liegt auf der am Umfang des Exzenternockens 3 angeordneten Lagerhülse 50 auf und ist um die Mittelachse 10 des Exzenternockens 3 beweglich. Dabei umschließt die Lagerfläche 54 des Pleuelements 6 den Exzenternocken um weniger als 180°. An der Kontaktfläche 8 steht das Pleuelement 6 mit der Kontaktfläche 9 des Pumpenkolbens 4 in Kontakt. Durch die Drehung der Nockenwelle 2 führt das Pleuelement eine sinusförmige Bewegung in radialer Richtung und eine quer dazu verlaufende sinusförmige Bewegung aus. Die Bewegung in radialer Richtung wird auf den Pumpenkolben 4 übertragen, der eine Hubbewegung 5 ausführt, die sich aus einem Abwärtshub 5' und einem Aufwärtshub 5'' zusammensetzt.

[0020] Beim in Fig. 1 dargestellten Abwärtshub berühren sich die Kontaktflächen 8 und 9 im Kontaktpunkt 20, der je nach Ausbildung der Kontaktflächen 8, 9 auch linienförmig sein kann. Der Pumpenkolben 4 wird durch die Feder 11 gegen das Pleuelement 6 gedrückt und folgt deshalb dem Exzenternocken 3 beim Abwärtshub 5'. Bei dem in Fig. 2 dargestellten Aufwärtshub 5'' wird der Pumpenkolben 4 über das Pleuelement 6 vom Exzenternocken 3 entgegen der Kraft der Feder 11 radial nach außen gedrückt. Während der Hubbewegung 5 wälzen die Kontaktflächen 8, 9 aufeinander ab. Durch das Abwälzen wird die Hubbewegung und die Kraft vom Pleuelement 6 auf den Pumpenkolben 4 übertragen.

[0021] Fig. 3 zeigt eine Kolbenpumpe mit drei radial

um die Nockenwellenachse 7 angeordneten Pumpenkolben 4. Auf der Nockenwelle 2 ist der Exzenternocken 3 angeordnet. Am Umfang des Exzenternockens 3 verteilt sind drei Pleuelemente 6 angeordnet, die jeweils ein Lagerschalensegment 25 besitzen, mit dem sie auf dem Exzenternocken 3 gleiten können. Die Pleuelemente 6 sind gegeneinander beweglich. An der dem Pumpenkolben 4 zugewandten Seite weisen die Pleuelemente 6 eine Kontaktfläche 8 auf, die beispielsweise aus Wälzlagerstahl oder Keramik ausgebildet sein kann. Die Kontaktfläche 9 des Pumpenkolbens 4 ist eben ausgebildet und senkrecht zur Längsachse 12 des Pumpenkolbens 4 angeordnet. Die Kontaktfläche 8 des Pleuelementes 6 ist konzentrisch zum Exzenternocken 3 gekrümmt. Die Kontaktfläche 8 wird in Umfangsrichtung von Führungen 13 begrenzt. In den Stellungen, in denen der Pumpenkolben 4 den halben Aufwärtshub 5'' oder den halben Abwärtshub 5' zurückgelegt hat, verlaufen die Führungen 13 etwa parallel zur Längsachse 12 des Pumpenkolbens 4. Die Kontaktfläche 8 steht mit einer Kontaktfläche 9 des Pumpenkolbens 4 in Kontakt.

[0022] Oberhalb des Pleuelementes 6 ist am Pumpenkolben 4 ein Wulst 45 ausgebildet, an dem der Federteller 17 axial in Richtung auf die Nockenwelle 2 gehalten ist. Es kann jedoch vorteilhaft sein, daß der Federteller 17 von einem in einer Nut des Pumpenkolbens 4 angeordneten Sicherungsring gehalten ist. Die Feder 11 stützt sich radial nach innen gegen den Federteller 11 und radial nach außen gegen einen Einsatz 47 ab, der gehäusefest angeordnet ist und der eine Bohrung 52 aufweist, in der der Pumpenkolben 4 geführt ist. Radial außerhalb des Pumpenkolbens 4 ist der Pumpenraum 44 gebildet, in den Kraftstoff über ein Ventil 24, das insbesondere als Rückschlagventil ausgebildet ist, einströmen kann. Ein nicht dargestelltes Rückschlagventil im Ablauf verhindert, daß der während des Aufwärtshubs 5'' in den Hochdruckbehälter geförderte Kraftstoff in den Pumpenraum 44 zurückströmen kann.

[0023] Beim Drehen der Nockenwelle 2 betätigt der Exzenternocken 3 über die Pleuelemente 6 nacheinander die Pumpenkolben 4. Im Abwärtshub 5' wird über den Zulauf 22 und das Ventil 24 Kraftstoff in die Pumpenkammer 44 angesaugt. Das Ventil im Ablauf ist geschlossen. Der Pumpenkolben 4 wird von der Feder 11 gegen das Pleuelement 6 gedrückt. Beim Aufwärtshub 5'' drückt das Pleuelement den Kolben 4 gegen die Kraft der Feder 11 und den hydraulischen Druck radial nach außen, wodurch der im Pumpenraum 44 angeordnete Kraftstoff durch das sich beim Aufwärtshub 5'' selbsttätig öffnende Rückschlagventil im Ablauf in den Hochdruckbehälter gedrückt wird. Während der Hubbewegung 5 wälzen die Pleuelemente 6 und die Pumpenkolben 4 an den Kontaktflächen 8 und 9 aufeinander ab. Da die Kräfte immer senkrecht auf die Oberflächen wirken, wirkt auf den Pumpenkolben immer nur eine Kraft parallel zur Längsachse 12, während auf das Pleuelement 6 eine Kraft in Richtung des Mittelpunkts des Exzenternockens wirkt. Dadurch entsteht am Pleu-

element 6 kein Drehmoment um die Mittelachse 10 des Exzenternockens. Durch die Wälzbewegung ergibt sich keine Relativbewegung zwischen Pumpenkolben 4 und Pleuelement 6.

[0024] In den Fig. 4 und 5 sind schematisch die wirkenden Kräfte dargestellt. Fig. 4 zeigt einen Kolben 4 beim Aufwärtshub 5". Aufgrund der sinusförmigen Bewegung in horizontaler Richtung wirken auf das Pleuelement 6 dynamische Massenkräfte $\theta \cdot \omega$. Den Massenkräften wirkt die Reibkraft R entgegen, die zwischen Pleuelement 6 und Pumpenkolben 4 wirkt. Im Aufwärtshub 5" ist die Kraft F und somit auch die Reibkraft R sehr groß, so daß trotz der Massenkräfte $\theta \cdot \omega$ kein Gleiten zwischen Pleuelement 6 und Pumpenkolben 4 auftreten kann. Da die Kontaktfläche 8 des Pleuelementes 6 im momentanen Kontaktpunkt 20 konzentrisch zur Mittelachse 10 des Exzenternockens ausgebildet ist, wirkt die Kraft F direkt auf die Mittelachse 10. Die Kraft F entspricht etwa dem Druck des Kraftstoffs im in Fig. 3 dargestellten Pumpenraum 44 multipliziert mit der Fläche des Pumpenkolbens 4.

[0025] Im in Fig. 5 dargestellten Abwärtshub 5" ist die Kraft F aufgrund des geringeren Drucks im Pumpenraum 44 ebenfalls geringer. Der dynamischen Massenkraft $\theta \cdot \omega$ wirkt auch hier die Reibkraft R entgegen. Aufgrund der geringeren Kraft F ist jedoch auch die Reibkraft R wesentlich geringer. Die Kontaktfläche 8 des Pleuelementes 6 weist im momentanen Berührungspunkt 20 einen Radius auf, der kleiner als der Abstand zwischen Kontaktfläche 8 und Mittelachse 10 des Exzenternockens 3 ist. Dadurch wirkt die Kraft F nicht auf die Mittelachse 10, sondern in einem Abstand 1 zu dieser. Hierdurch wird ein Drehmoment um die Mittelachse 10 erzeugt, das der dynamischen Massenkraft $\theta \cdot \omega$ entgegenwirkt und somit ein Gleiten verhindert.

[0026] In den Fig. 6 und 7 ist schematisch ein Pumpenkolben 4 im Abwärtshub 5" und im Aufwärtshub 5" dargestellt. Auf dem Pumpenkolben 4 sind die Abwälzbereiche in der Kontaktfläche 9 dargestellt. Die Längsachse 12 des Kolbens 4 weist zur Nockenwellenachse 7 einen Abstand a auf. Fig. 6 zeigt den Kolben 4 in der Stellung, in der der Pumpenkolben 4 den halben Abwärtshub 5" zurückgelegt hat. Der Abstand a zwischen Nockenwellenachse 7 und Kolbenlängsachse 12 führt zu einer Verkleinerung der Berührfläche im Abwärtshub 5". Da die Flächenpressungen auch von der Kontaktfläche abhängen, werden diese dadurch vergrößert. Da jedoch im Abwärtshub 5" nur geringe Kräfte auf den Pumpenkolben 4 wirken, führt dies nicht zu unzulässig hohen Flächenpressungen.

[0027] Bei dem in Fig. 7 dargestellten Aufwärtshub 5" ist der Abwälzbereich zwischen Pumpenkolben und Pleuelement 6 in den Bereich der Mitte des Pumpenkolbens 4 verschoben. Aufgrund des kreisförmigen Querschnitts des Pumpenkolbens 4 führt dies zu einer Vergrößerung des im Aufwärtshub 5" belasteten Anteils der Kontaktfläche 9 und somit zu einer Verringerung der Flächenpressungen. Durch einen Versatz zwischen

Nockenwelle und Kolbenlängsachse über den Abstand a können somit die auftretenden Flächenpressungen bei zylindrischem Pumpenkolben 4 verringert werden.

[0028] In Fig. 8 ist schematisch eine Ausführungsvariante dargestellt. Im Pumpenzylinder 15 ist der Pumpenkolben 14 geführt, dessen dem Pleuelement 16 zugewandte Kontaktfläche 19 mit der Kontaktfläche 18 des Pleuelementes 16 zusammenwirkt. Das Pleuelement 16 ist über ein Lagerschalensegment 25 auf einem Exzenternocken 3 angeordnet und wird von diesem wie bereits beschrieben betätigt. Die Feder 11 ist in axialer Richtung durch den Federteller 27 fixiert, der am Pumpenkolben 14 festgelegt ist. Auf der dem Pleuelement 16 zugewandten Seite des Federtellers 27 sind Führungen 23 angeordnet, die sich vom Bereich der Kontaktflächen 18 und 19 sowohl in Richtung auf den Pumpenkolben 14 als auch in Richtung auf das Pleuelement 16 erstrecken.

[0029] Die Kontaktfläche 19 des Pumpenkolbens 14 ist eben und senkrecht zur Längsachse 12 des Pumpenkolbens 14 ausgebildet. Die Kontaktfläche 18 des Pleuelementes 16 ist konzentrisch zur Mittelachse 10 des Exzenternockens 3 gekrümmt. Der am Pleuelement 16 angeordnete Führungzapfen 49 greift zwischen die am Federteller 27 angeordneten Führungen 23. In den Stellungen, in denen der Pumpenkolben 14 den halben Abwärtshub 5" oder den halben Aufwärtshub 5" zurückgelegt hat, verlaufen die Seitenwände des Führungzapfens 49 parallel zu den Seitenwänden der Führungen 23. Durch die Führungen 23 wird eine Relativbewegung zwischen dem Pleuelement 16 und dem Pumpenkolben 14 in Umfangsrichtung verhindert. Da die Relativbewegung in radialer Richtung auf der Höhe der Kontaktflächen 18, 19 minimal ist, ergeben sich bei der Anordnung der Berührungspunkte zwischen den Führungen 23 und Führungzapfen 49 in diesem radialen Bereich nur minimale radiale Relativbewegungen und damit praktisch kein Verschleiß in den Berührungspunkten der Führungen 23 und des Führungzapfens 49. Um geringe Flächenpressungen bei der Übertragung der Druckkräfte vom Pleuelement 16 auf den Pumpenkolben 14 zu erreichen, ist auch hier die Längsachse 12 des Pumpenkolbens 14 gegenüber der Nockenwellenachse 7 radial versetzt.

[0030] In Fig. 9 ist ein Ausführungsbeispiel für ein Pleuelement 26 dargestellt, das mehrteilig ausgebildet ist. Das Pleuelement 26 weist drei napfförmige Segmente auf, die in radialer Richtung zum Exzenternocken 3 übereinander angeordnet sind. Das innere Segment 35 weist eine Kontaktfläche 25 auf, mit der es auf dem Exzenternocken drehbar gelagert ist. An der radial äußeren Seite besitzt das Segment 35 eine Kontaktfläche 42, die konvex gewölbt ist und die in Umfangsrichtung Führungen 56 besitzt. Das Segment 34, dessen Außendurchmesser etwa dem Innendurchmesser an der Kontaktfläche 42 entspricht, ist radial nach außen auf dem Segment 35 angeordnet. Die dem Segment 35 zugewandte Kontaktfläche 41 des Segments

34 ist konkav gewölbt, wobei der Betrag des Radius der Kontaktfläche 41 größer als der Betrag des Radius der Kontaktfläche 42 ist.

[0031] Auf der radial nach außen gewandten Seite besitzt das Segment 34 eine Kontaktfläche 40, die konvex gewölbt ist, wobei dieser Wölbungsradius und der Wölbungsradius der Kontaktfläche 41 den selben Mittelpunkt haben. Auch das Segment 34 weist in Umfangsrichtung Führungen 57 auf. Radial außerhalb des Segments 34 ist das Segment 32 angeordnet, dessen dem Segment 34 zugewandte Kontaktfläche 39 konvex gewölbt ist und auf der Kontaktfläche 40 abwälzt, während die radial nach außen gewandte Kontaktfläche 28 mit dem Pumpenkolben 4 über die Kontaktfläche 9 in Kontakt steht. Das Segment 32 weist in Umfangsrichtung Führungen 33 auf. Bei der Bewegung des Exzernockens 3 wälzen die Segment 32, 34 und 35 des Pleuelementes 26 aufeinander ab. Aufgrund der geringeren Differenzen der Beträge der aufeinander abwälzenden Radien ergeben sich geringe Flächenpressungen. Es können auch Pleuelemente vorteilhaft sein, die nur aus zwei oder aus mehr als drei Segmenten gebildet sind.

[0032] Die in Fig. 10 dargestellte Kolbenpumpe entspricht in ihrer Funktion und ihrem Aufbau weitgehend der Kolbenpumpe aus Fig. 3. Am Umfang des Exzernockens 3 sind drei Pleuelemente 36 angeordnet, die über Lagerschalensegmente 25 auf dem Exzernocken 3 gelagert sind. Die Pleuelemente 36 wirken über Kontaktflächen 38 auf Pumpenkolben 4. Die Bewegung in Umfangsrichtung zwischen Pleuelement 36 und Pumpenkolben 4 ist durch Führungen 43, die beidseitig in Umfangsrichtung an den Kontaktflächen 38 angeordnet sind, begrenzt. Die Pleuelemente 36 weisen in Umfangsrichtung beidseitig zu den benachbart angeordneten Pleuelementen 36 weisende Nasen 37 auf, wobei die Nasen 37 das jeweilige benachbarte Pleuelement 36 in geringem radialen Abstand übergreifen. Da immer mindestens ein Pumpenkolben einen Aufwärtshub 5" ausführt und auf dem entsprechenden Pleuelement 36 eine große Kraft F in Richtung auf die Mittelachse 10 des Exzernockens 3 wirkt, sichern sich die Pleuelement 36 über die Nasen 37 in radialer Richtung gegenseitig. Somit wird auch bei einem Bruch einer Feder 11 vermieden, daß ein Pleuelement 36 zu weit vom Exzernocken 3 abhebt und beispielsweise die Pumpe blockiert.

[0033] In Fig. 11 ist im Schnitt eine weitere Ausführungsform dargestellt. In radialer Richtung des Exzernockens 3 sind drei Pleuelemente 46 angeordnet, die über Lagerschalensegmente 25 auf diesem gelagert sind. Die radial nach außen weisenden Kontaktflächen 48 der Pleuelemente 46 sind konzentrisch zur Mittelachse 10 des Exzernockens 3 gekrümmt und wälzen auf den Kontaktflächen 9 der Pumpenkolben 4 ab. Um eine Relativbewegung zwischen Pumpenkolben 4 und Pleuelement 46 zu verhindern, ist am Gehäuse ein Anschlag 51 angeordnet, der zwei seitliche Führungen

53 aufweist. An diese Führungen 53 können in Umfangsrichtung die benachbarten Pleuelemente 46 und an diese wiederum das mittlere Pleuelement 46 in ihren Extremlagen anstoßen, so daß ein Gleiten der Kontaktflächen 9 und 48 aufeinander vermieden wird. Gleichzeitig wird vermieden, daß ein Pleuelement 46 sich in Umfangsrichtung so weit vom zugehörigen Pumpenkolben 4 entfernen kann, daß der Pumpenkolben 4 nicht mehr in Kontakt mit der Kontaktfläche 48 ist. Es kann jedoch auch vorteilhaft sein, daß für jedes Pleuelement 46 eine Führung 53 gehäusefest angeordnet ist.

[0034] Die Pleuelemente sind vorteilhaft aus kostengünstigem Material durch Bearbeitung, Formen oder Gießen hergestellt. Im Bereich der Kontaktflächen weisen die Pleuelemente vorteilhaft einen Einsatz aus hartem und verschleißfestem Material auf. Dies kann vorteilhaft Wälzlagerstahl oder Keramik sein. Die Lagerschalensegmente, die zwischen Pleuelement und Exzernocken 3 angeordnet sind, sind zweckmäßig mit einer Schicht mit guten Notlaufeigenschaften, zum Beispiel PTFE, beschichtet. Die Lagerschalensegmente können insbesondere mit niedrigschmelzendem Lot, beispielsweise Weichlot oder silberhaltiges Lot mit einem Schmelzpunkt von ca. 220 C°, auf die Pleuelemente aufgelötet sein. Es kann jedoch auch zweckmäßig sein, daß die Lagerschalensegmente auf den Pleuelementen aufgenietet oder an den Lagerschalenträndern umgebogen und/oder aufgeclipst sind. Anstatt der Lagerschalensegmente kann es auch zweckmäßig sein, daß am Umfang des Exzernockens eine Lagerhülse aufgebracht ist, die insbesondere aufgeschrumpft sein kann und die beispielsweise mit PTFE beschichtet sein kann.

[0035] Die Pleuelemente sind in Richtung der Mittelachse 10 des Exzernockens 3 zweckmäßig durch die Wände des Pumpengehäuses 1 gelagert. Es kann jedoch auch zweckmäßig sein, die Pleuelemente über den Pumpenkolben 4 durch entsprechende Anbindung zu lagern. Die Kontaktflächen können in Richtung der Mittelachse 10 eben ausgebildet sein, so daß sich ebene oder zylindrische Kontaktflächen ergeben. Es kann jedoch auch vorteilhaft sein, daß die Kontaktflächen in Richtung der Mittelachse 10 gekrümmt sind, wodurch sich insbesondere sphärisch gekrümmte Kontaktflächen ergeben. Vorteilhaft ist die Kontaktfläche mit dem kleineren Radiusbetrag sphärisch und die mit dem größeren Radiusbetrag zylindrisch gekrümmt.

Patentansprüche

1. Kolbenpumpe, insbesondere Reihen- oder Radialkolbenpumpe zur Kraftstoffhochdruckerzeugung bei Common-Rail-Einspritzsystemen mit einer in einem Pumpengehäuse (1) drehbar gelagerten Nockenwelle (2), die mindestens einen Exzernocken (3) aufweist, wobei dem Exzernocken (3)

- mindestens ein Pumpenkolben (4, 14) zugeordnet ist, der vom Exzenternocken (3) betätigt ist und der in etwa radialer Richtung zur Nockenwelle (2) eine Hubbewegung (5) ausführen kann, die einen zur Nockenwelle (2) gerichteten Abwärtshub (5') und einen entgegengesetzt gerichteten Aufwärtshub (5'') umfaßt,
- dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen jedem Pumpenkolben (4, 14) und dem Exzenternocken (3) ein Pleuelement (6, 16, 26, 36, 46) angeordnet ist, welches durch Abwälzen die Hubbewegung (5) und die Kraft auf den Pumpenkolben (4, 14) überträgt.
2. Kolbenpumpe nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß die dem Exzenternocken (3) zugeordnete Lagerfläche (54) des Pleuelements (6, 16, 26, 36, 46) den Exzenternocken (3) über einen Winkel von weniger als 180° umgreift.
 3. Kolbenpumpe nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Pumpenkolben (4, 14) vorgesehen sind und jedes Pleuelement (6, 16, 26, 36, 46) mindestens in einem Winkelbereich unabhängig von anderen Pleuelementen (6, 16, 26, 36, 46) um die Mittelachse (10) des Exzenternockens (3) drehbar ist.
 4. Kolbenpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, daß das Pleuelement (6, 16, 26, 36, 46) an einer Kontaktfläche (8, 18, 28, 38, 48) mit der Kontaktfläche (9, 19) des Pumpenkolbens (4, 14) in Kontakt ist, wobei mindestens eine der Kontaktflächen (8, 18, 28, 38, 48; 9, 19) konvex ausgebildet ist.
 5. Kolbenpumpe nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, daß eine der Kontaktflächen (8, 18, 28, 38, 48; 9, 19) konkav ist, wobei der Betrag des Radius der konkaven Kontaktfläche größer als der Betrag des Radius der konvexen Kontaktfläche ist.
 6. Kolbenpumpe nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, daß beide Kontaktflächen (8, 18, 28, 38, 48; 9, 19) konvex sind.
 7. Kolbenpumpe nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, daß eine Kontaktfläche, insbesondere die Kontaktfläche (9, 19) des Pumpenkolbens (4, 14), eben ist.
 8. Kolbenpumpe nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktfläche (9, 19) des Pumpenkolbens (4, 14) eben und senkrecht zur Längsachse (12) des Pumpenkolbens (4, 14) ausgebildet ist.
 9. Kolbenpumpe nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktfläche (9, 19) des Pumpenkolbens (4, 14) eben und gegenüber der Längsachse (12) des Pumpenkolbens (4, 14) geneigt ist.
 10. Kolbenpumpe nach einem der Ansprüche 4 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktfläche (8, 18, 28, 38, 48) des Pleuelements (6, 16, 26, 36, 46) konzentrisch zur Mittelachse (10) des Exzenternockens (3) gekrümmt ist.
 11. Kolbenpumpe nach einem der Ansprüche 4 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Kontaktfläche (8, 18, 28, 38, 48; 9, 19) sphärisch gekrümmt ist.
 12. Kolbenpumpe nach einem der Ansprüche 4 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Kontaktfläche (8, 18, 28, 38, 48; 9, 19) zylindrisch gekrümmt ist.
 13. Kolbenpumpe nach einem der Ansprüche 4 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktfläche mit dem Radius mit dem kleineren Betrag sphärisch und die Kontaktfläche mit dem Radius mit dem größeren Betrag zylindrisch gekrümmt ist.
 14. Kolbenpumpe nach einem der Ansprüche 4 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktfläche (8, 18, 28, 38, 48) des Pleuelements (6, 16, 26, 36, 46) konvex ist, wobei der Bereich der Kontaktfläche (8, 18, 28, 38, 48), der mit dem Pumpenkolben (4, 14) im Abwärtshub (5') in Kontakt ist, einen verkleinerten Krümmungsradius aufweist.
 15. Kolbenpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Pleuelemente (6, 16, 26, 36, 46) am Umfang des Exzenternockens (3) verteilt angeordnet sind.
 16. Kolbenpumpe nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet, daß von jedem Pleuelement (36) in Umfangsrichtung Finger (37) ragen, die das jeweilige benachbarte Pleuelement (36) an der Außenseite in geringem radialen Abstand übergreifen.
 17. Kolbenpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 16,
dadurch gekennzeichnet, daß der Pumpenkolben (4, 14) mittels einer Feder (11) gegen das Pleuelement (6, 16, 26, 36, 46) gedrückt ist.
 18. Kolbenpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 17,
dadurch gekennzeichnet, daß der Pumpenkolben (4, 14) formschlüssig, insbesondere mittels eines Clip, am Pleuelement gehalten ist.

19. Kolbenpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Längsachse (12) des Pumpenkolbens (4) zur Nockenwellenachse (7) einen Abstand (a) aufweist.
20. Kolbenpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens eine Führung (13, 23, 33, 43, 53) vorgesehen ist, die die Relativbewegung zwischen Pleuelement (6, 16, 26, 36, 46) und Pumpenkolben (4, 14) in Umfangsrichtung des Exzenternockens (3) begrenzt.
21. Kolbenpumpe nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Führung (13) etwa auf der Höhe der Kontaktflächen (8, 18, 28, 38, 48; 9, 19) angeordnet ist.
22. Kolbenpumpe nach Anspruch 20 oder 21, **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens eine Führung (13, 33, 43) am Pleuelement (6, 26, 36) angeordnet ist.
23. Kolbenpumpe nach einem der Ansprüche 20 bis 223, **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens eine Führung (23) am Pumpenkolben (4, 14) angeordnet ist.
24. Kolbenpumpe nach einem der Ansprüche 20 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, daß** in Umfangsrichtung beidseitig der Kontaktflächen (8, 18, 28, 38, 48; 9, 19) Führungen (13, 23, 33, 43) angeordnet sind.
25. Kolbenpumpe nach einem der Ansprüche 20 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, daß** in den Stellungen, in denen der Pumpenkolben (4) den halben Aufwärtshub (5") oder den halben Abwärtshub (5') zurückgelegt hat, die Führungen (13, 33, 43) annähernd parallel zur Längsachse (12) verlaufen.
26. Kolbenpumpe nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Führung (53) am Pumpengehäuse (1) angeordnet ist.
27. Kolbenpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 26, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Pleuelement (26) mehrteilig ausgebildet ist, wobei die einzelnen Segmente (32, 34, 35) in Richtung der Kolbenlängsachse (12) angeordnet sind und gegeneinander an Kontaktflächen (39, 40, 41, 42) beweglich sind und wobei insbesondere der Betrag der Krümmungsradien der Kontaktflächen (39, 40, 41, 42) in radialer Richtung nach außen zunimmt.
28. Kolbenpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 27, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Pleuelement (6, 16, 26, 36, 46) im Bereich der Kontaktfläche (8, 18, 28, 38, 48) einen Einsatz aus verschleißfestem Material, insbesondere aus Wälzlagerstahl oder aus Keramik, besitzt.
29. Kolbenpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 28, **dadurch gekennzeichnet, daß** am Pleuelement (6, 16, 26, 36, 46) zwischen Pleuelement (6, 16, 26, 36, 46) und Exzenternocken (3) ein Lagerschalensegment (25) angeordnet ist, daß insbesondere PTFE-beschichtet ist.
30. Kolbenpumpe nach Anspruch 29, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Lagerschalensegment (25) auf das Pleuelement (6, 16, 26, 36, 46) aufgelötet ist, insbesondere mit Weichlot oder mit niedrigschmelzendem, silberhaltigem Lot.
31. Kolbenpumpe nach Anspruch 29, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Lagerschalensegment (25) auf dem Pleuelement (6, 16, 26, 36, 46) formschlüssig, insbesondere durch Umbiegen und/oder Aufclipsen, befestigt ist.
32. Kolbenpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 31, **dadurch gekennzeichnet, daß** am Umfang des Exzenternockens (3) eine Lagerhülse (50) angeordnet ist, die insbesondere mit PTFE beschichtet ist.

Fig. 1

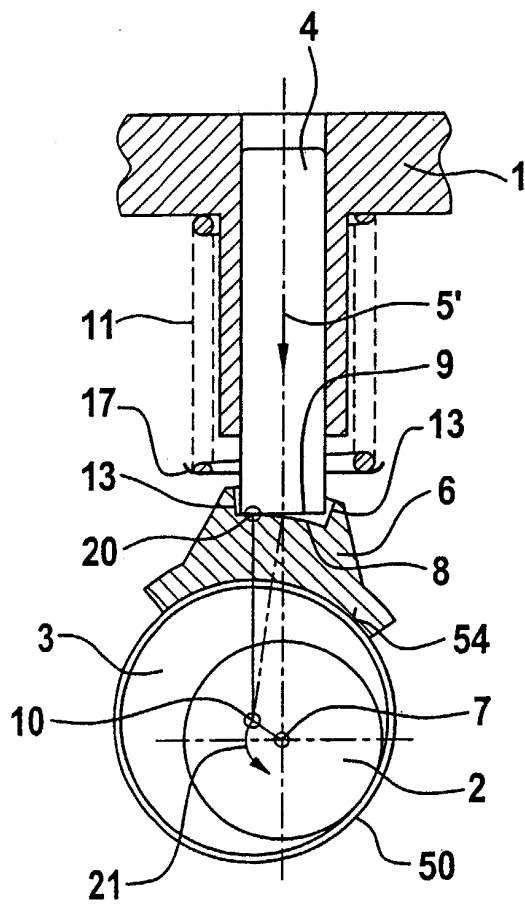


Fig. 2

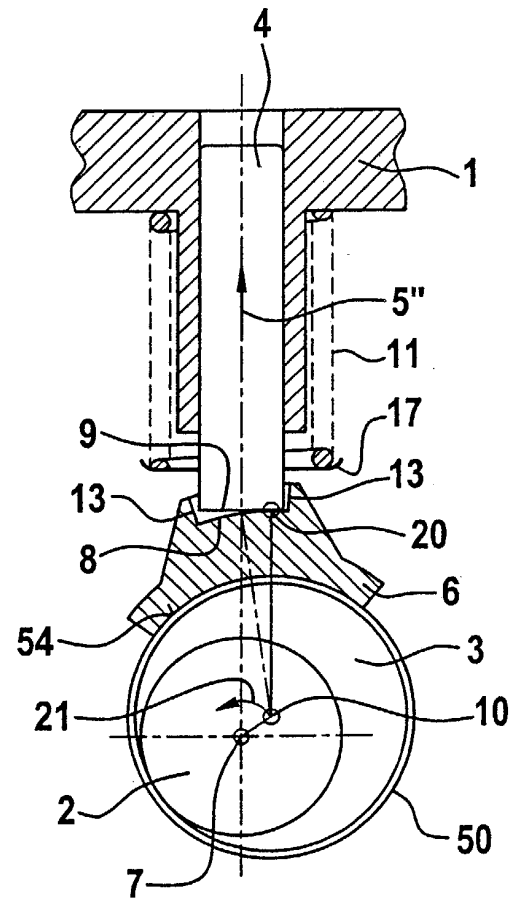


Fig. 3

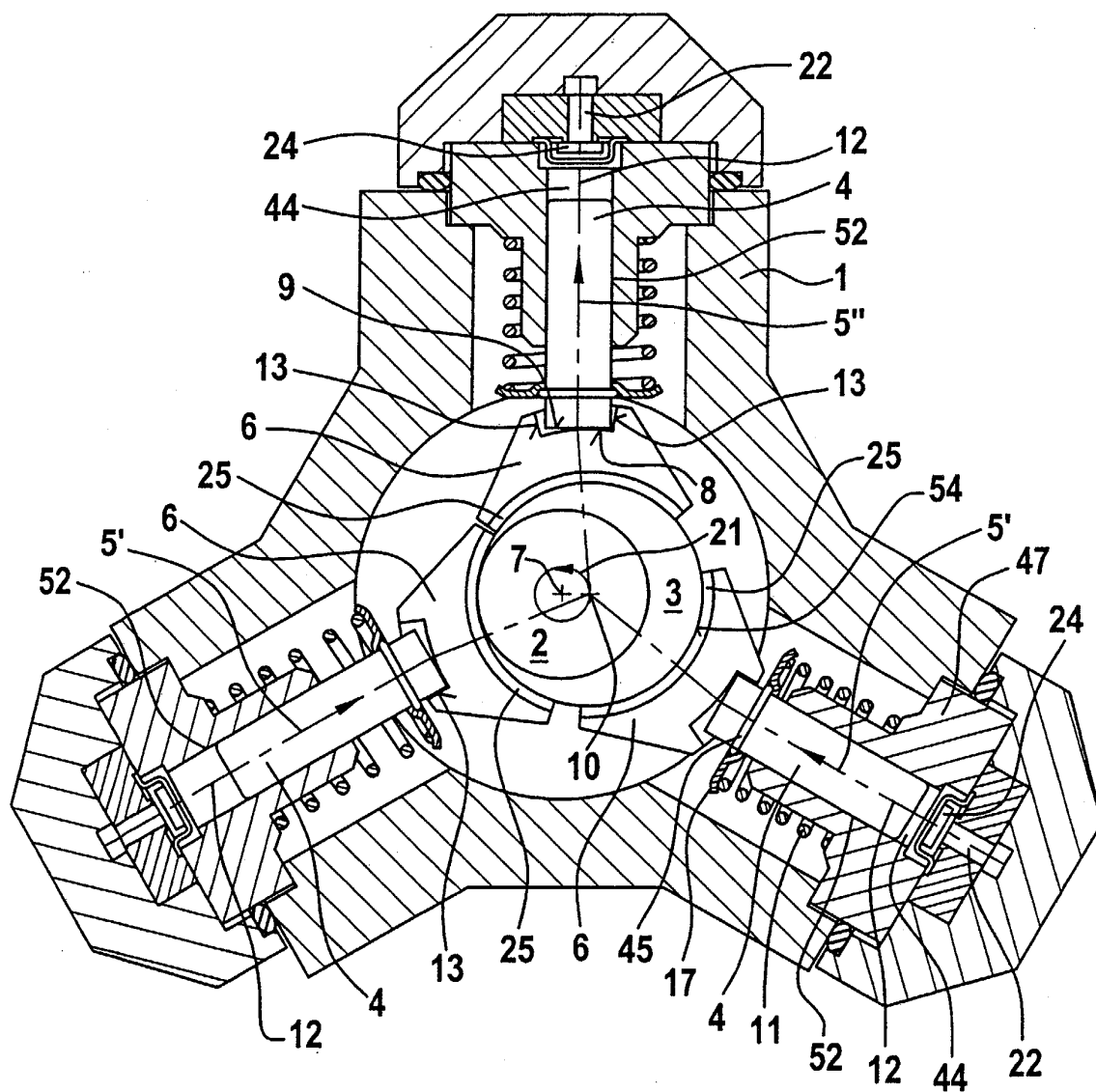


Fig. 4

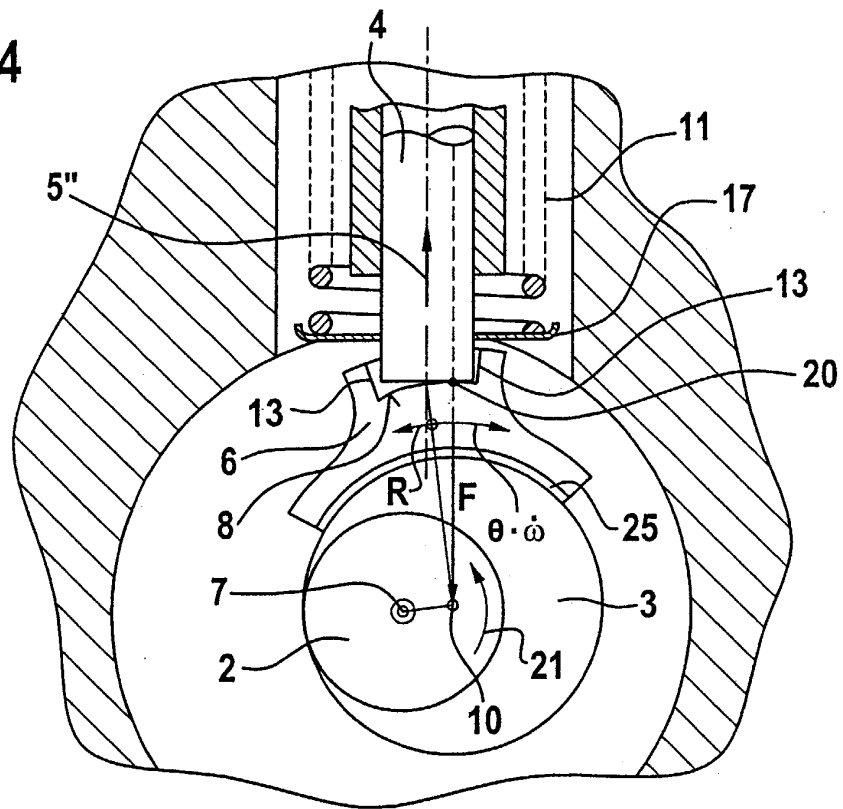


Fig. 5

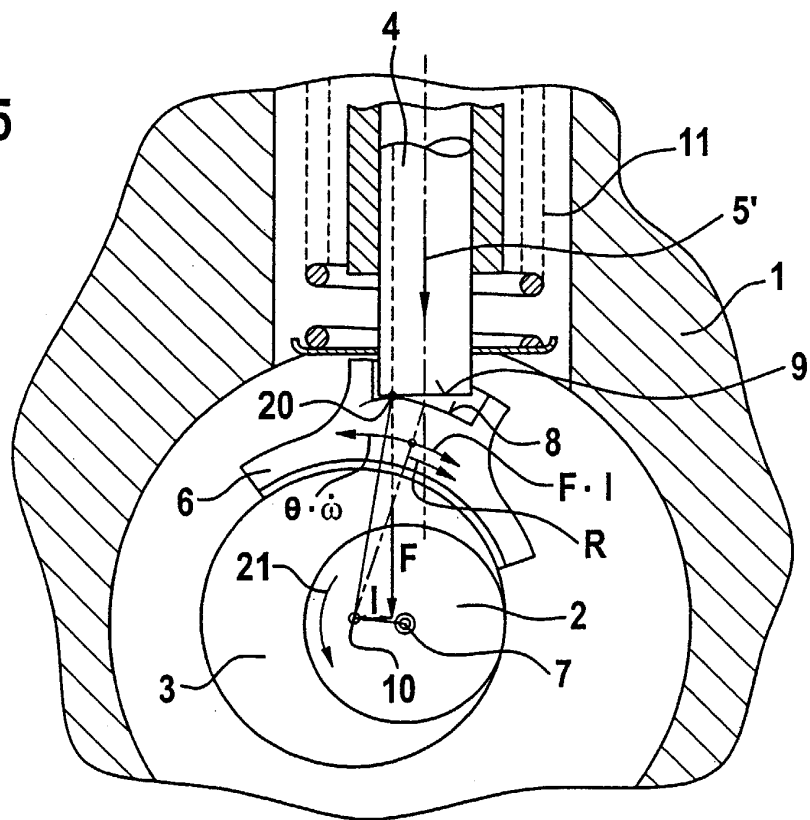


Fig. 6

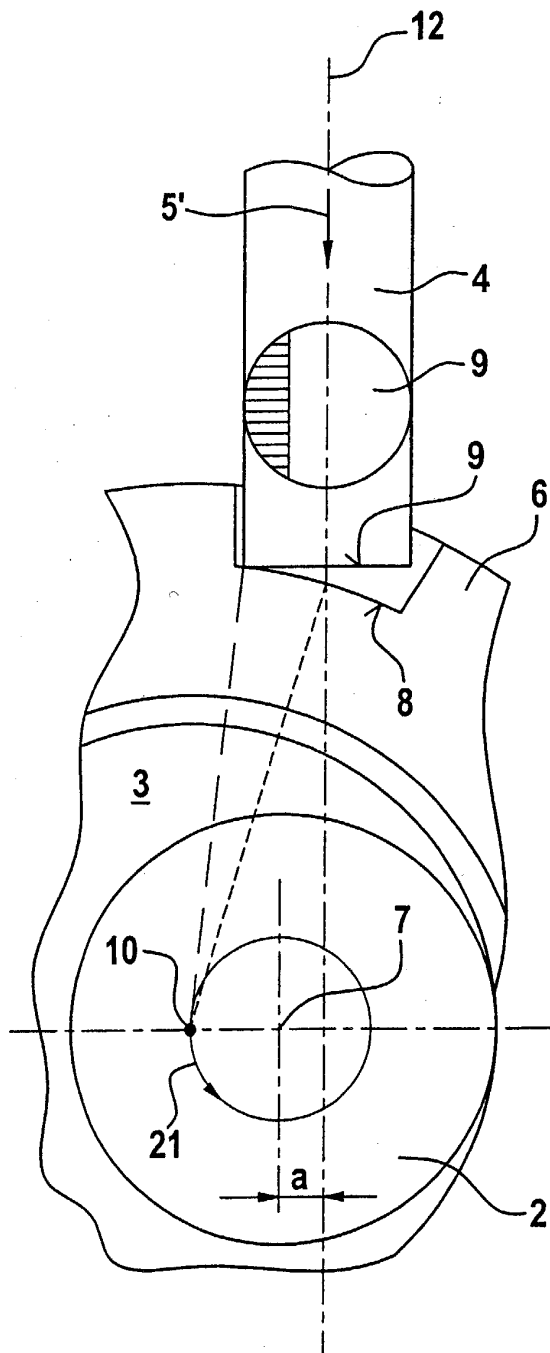


Fig. 7

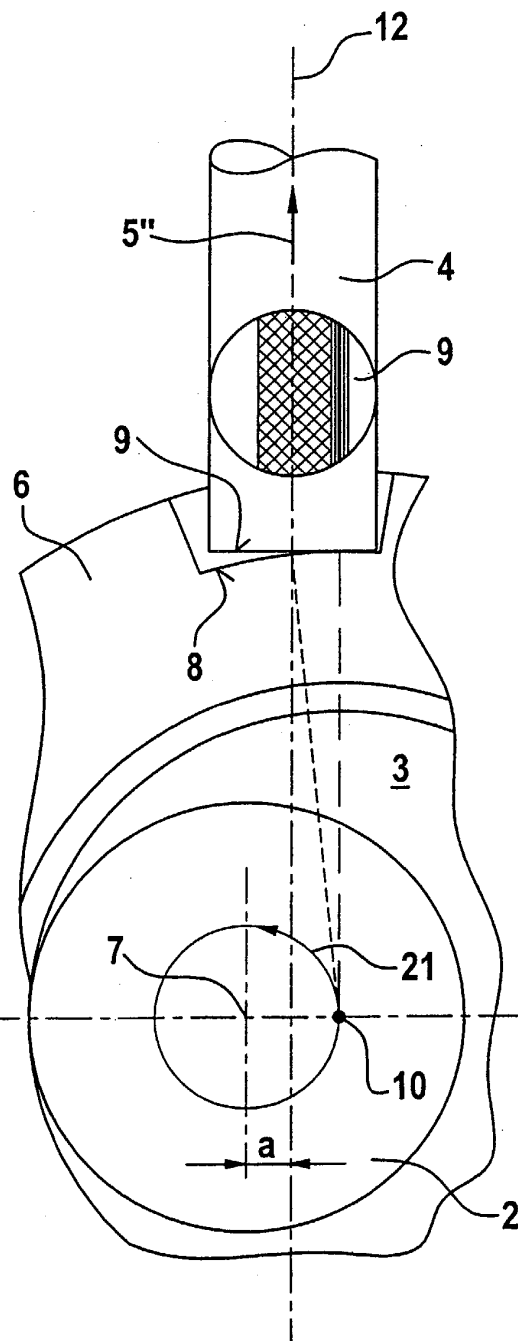


Fig. 8

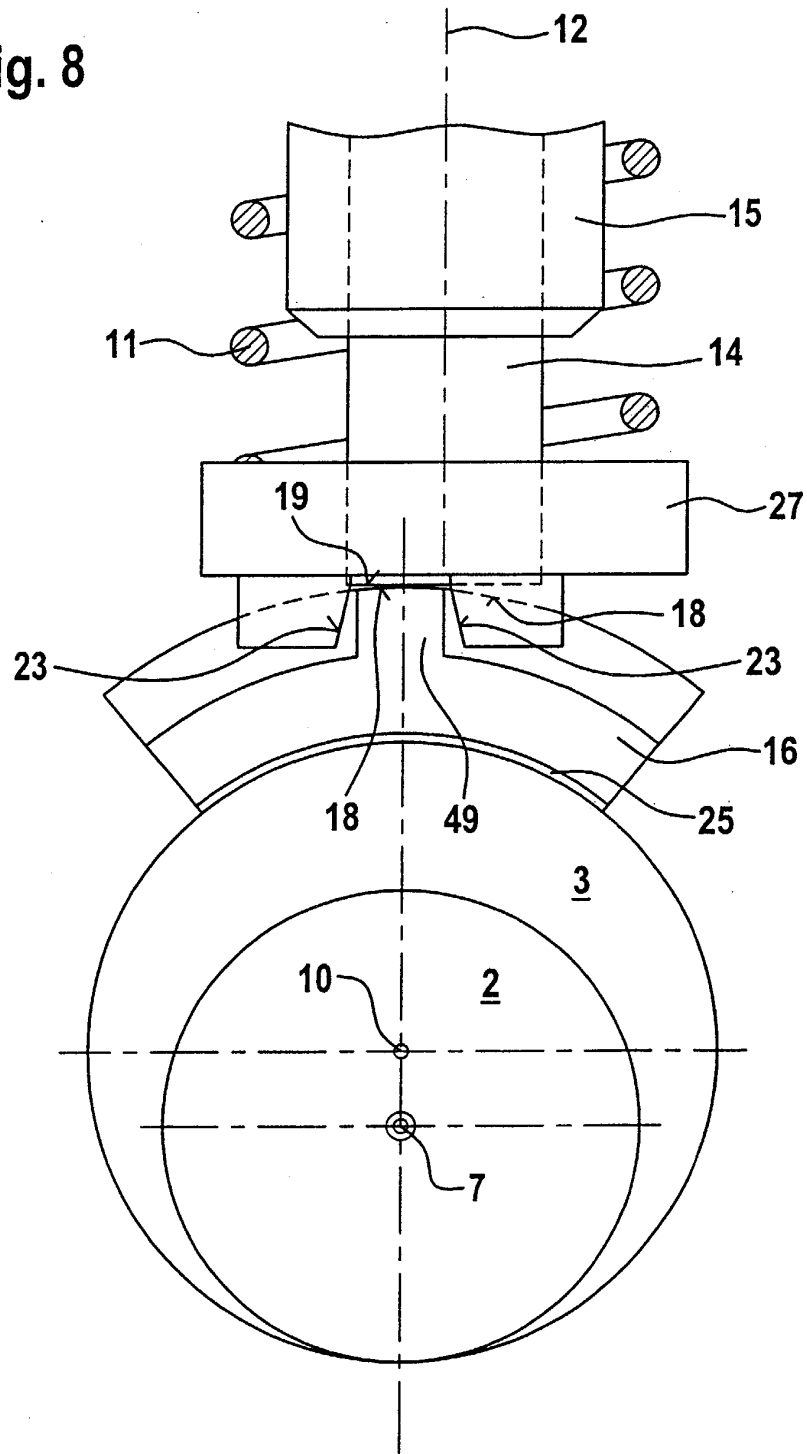


Fig. 9

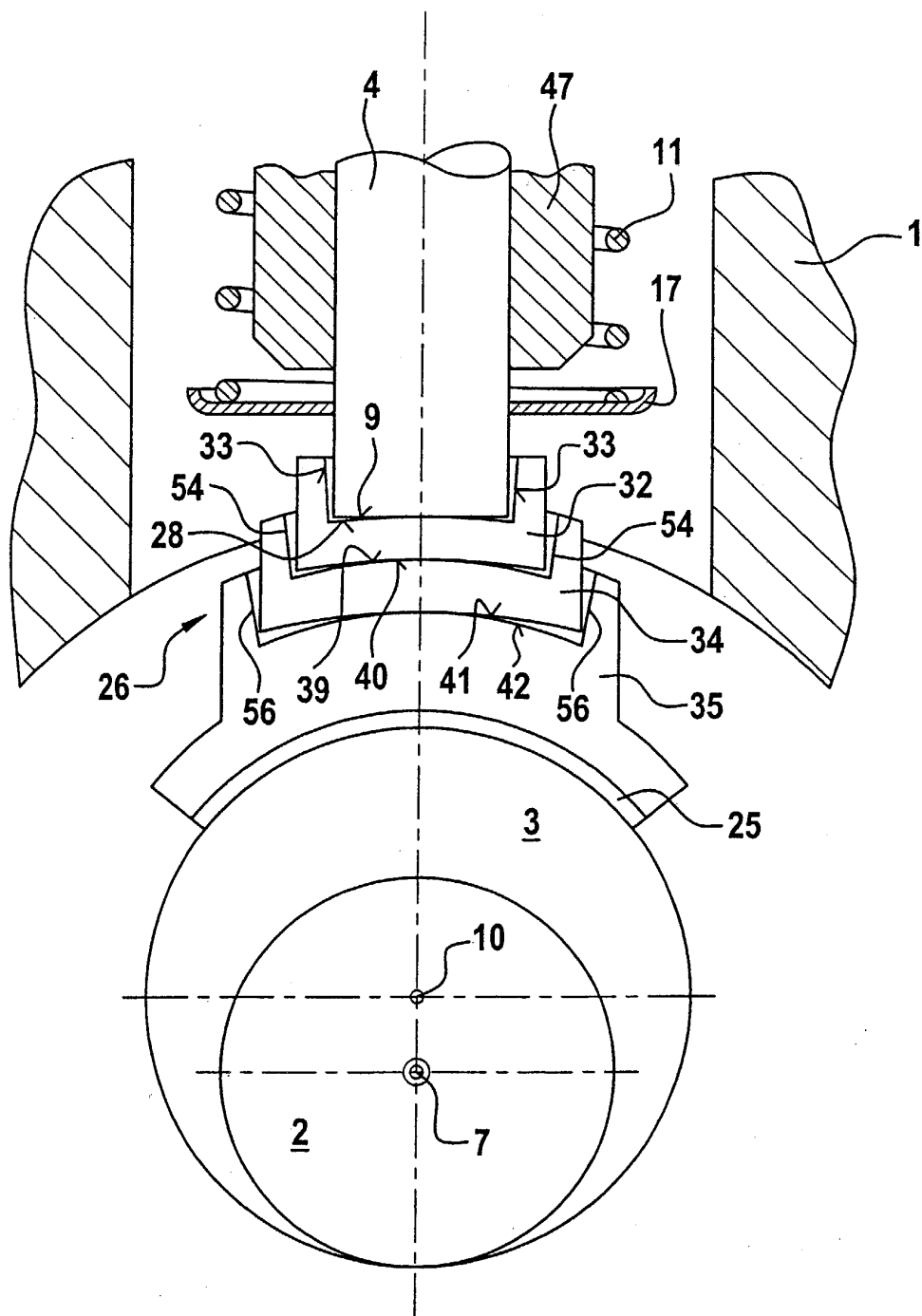


Fig. 10

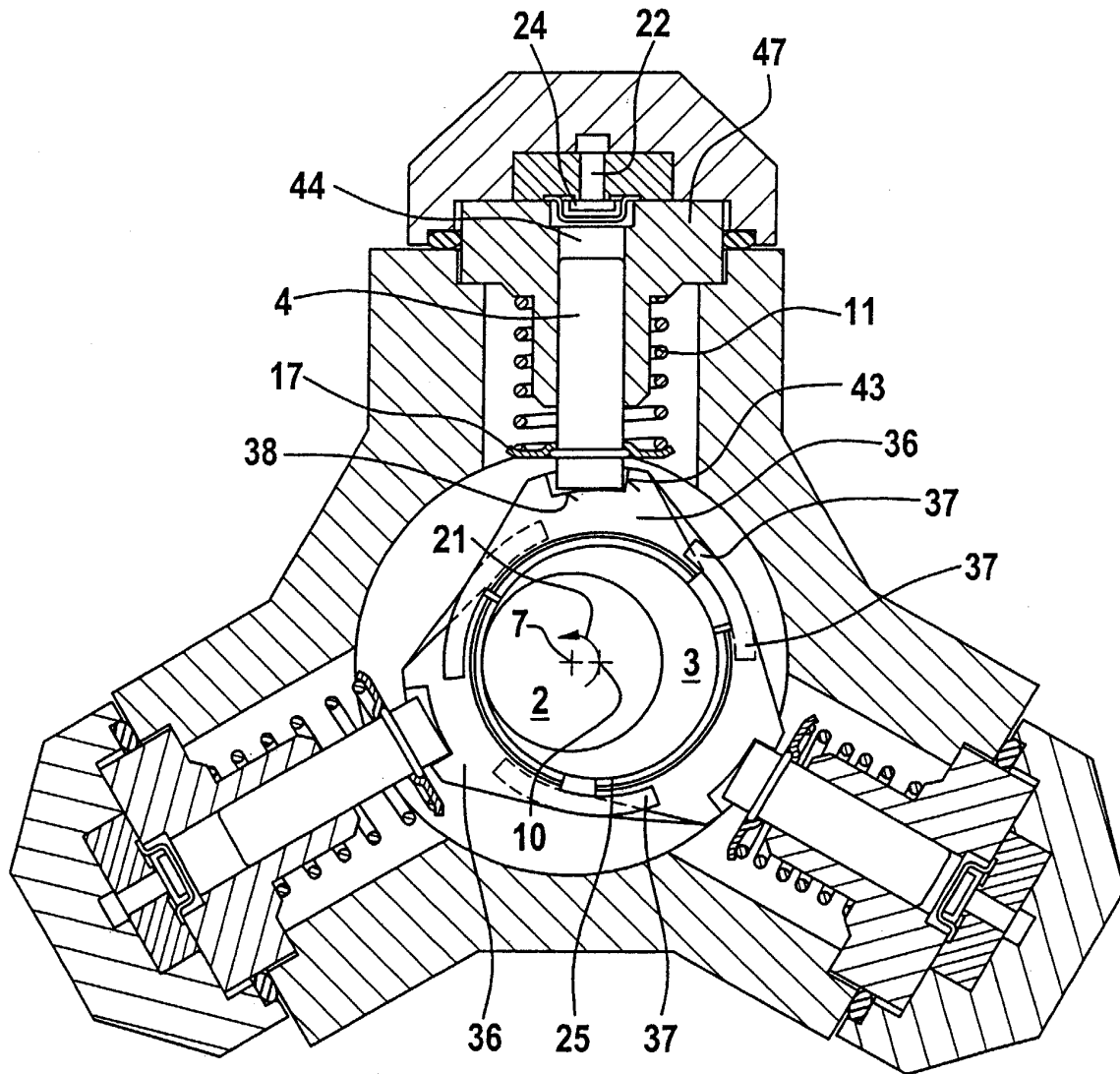


Fig. 11

