



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 0 898 085 A2

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.02.1999 Patentblatt 1999/08

(51) Int. Cl.⁶: F15B 21/06

(21) Anmeldenummer: 98114617.8

(22) Anmeldetag: 04.08.1998

(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: 16.08.1997 DE 19735466

(71) Anmelder:
• BAYER AG
51368 Leverkusen (DE)
• CARL SCHENCK AG
64293 Darmstadt (DE)

(72) Erfinder:
• Rosenfeldt, Horst Dr.
64846 Gross-Zimmern (DE)

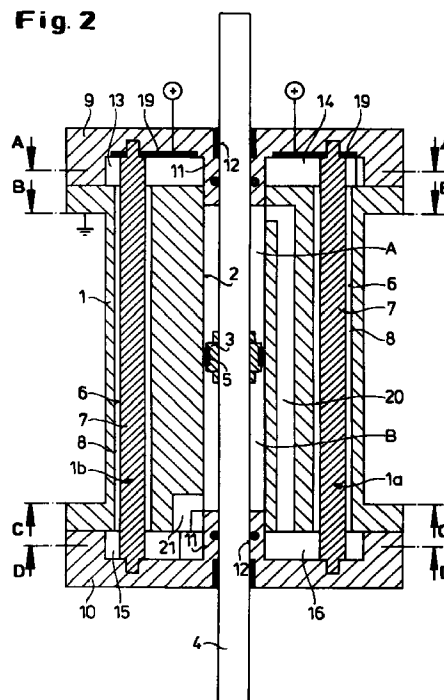
• Adams, Dorothea
64572 Büttelborn (DE)
• Scherk, Horst
64372 Ober-Ramstadt (DE)
• Wendt, Eckhardt Dr.
51373 Leverkusen (DE)
• Büsing, Klaus
50676 Köln (DE)
• Fees, Gerald
52062 Aachen (DE)

(74) Vertreter: Jochum, Axel
c/o Bayer AG,
Konzernbereich RP
Patente und Lizenzen
51368 Leverkusen (DE)

(54) **Druckmittelmotor für elektrorheologische Flüssigkeiten**

(57) Bei einem Druckmittelmotor für elektrorheologische Flüssigkeiten, mit einem zwei Arbeitskammern (A, B) umgebenden Gehäuse (1), einem in dem Gehäuse (1) bewegbaren Kolben (3), einem Einlaßkanal (22) für die Zuführung und einem Auslaßkanal (23) für die Abführung einer elektrorheologischen Flüssigkeit und elektrorheologischen Ventilen (1a, 1b, 2a, 2b) mit einem jeweils eine Arbeitskammer (A bzw. B) mit dem Einlaßkanal (22) oder dem Auslaßkanal (23) verbindenden Ringspalt (8), dessen Begrenzungsflächen Elektroden zur Erzeugung eines elektrischen Feldes bilden, werden die elektrorheologischen Ventile (1a, 1b, 2a, 2b) durch die Gehäusewand in Längsrichtung durchdringende Bohrungen (6) und in den Bohrungen (6) angeordnete, gegenüber dem Gehäuse (1) isolierte Dorne (7) gebildet, wobei die Bohrungen (6) und die Dorne (7) miteinander Ringspalte (8) konstanter Spaltweite begrenzen und die Dorne (7) an eine Hochspannung und das Gehäuse (1) an Massepotential anlegbar sind.

Fig. 2



EP 0 898 085 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Druckmittelmotor für elektrorheologische Flüssigkeiten, mit einem zwei Arbeitskammern umgebenden Gehäuse, einem in dem Gehäuse bewegbaren Kolben, der die Arbeitskammern voneinander trennt, einem Einlaßkanal für die Zuführung einer elektrorheologischen Flüssigkeit aus einem Raum höheren Drucks, einem Auslaßkanal für die Abführung der elektrorheologischen Flüssigkeit in einen Raum niederen Drucks und elektrorheologischen Ventilen mit einem jeweils eine Arbeitskammer mit dem Einlaßkanal oder dem Auslaßkanal verbindenden Ringspalt, dessen Begrenzungsflächen Elektroden zur Erzeugung eines elektrischen Feldes bilden.

[0002] Elektrorheologische Flüssigkeiten, auch als elektroviskose Flüssigkeiten bezeichnet, ändern ihre Viskosität in Abhängigkeit von der Feldstärke eines elektrischen Feldes, dem sie ausgesetzt sind. Unter der Wirkung eines elektrischen Feldes werden elektrorheologische Flüssigkeiten zäh oder sogar steif. Es ist bekannt, elektrorheologische Flüssigkeiten als Arbeitsfluid in hydraulischen Systemen einzusetzen, um mit Hilfe elektrorheologischer Ventile hydraulische Vorgänge unmittelbar elektrisch steuern zu können.

[0003] Aus der US 4 840 112 A ist ein als Differentialzylinder ausgeführter Druckmittelmotor bekannt, der als Stellmotor für Flugzeuge vorgesehen ist und mit einer elektrorheologischen Flüssigkeit betrieben wird. Die Steuerung erfolgt über elektrorheologische Ventile, die in den Zylinder integriert sind. Die vier Ventile sind als Ringspalte ausgeführt, die durch den Einzug von zwei Rohren in den Zylinder gebildet werden. Der Kolben des Zylinders wird durch das innere Rohr geführt. Die Zu- und Abführung der elektrorheologischen Flüssigkeit erfolgt über Stutzen, die in der Mitte zwischen den beiden Stirnseiten des Zylinders in der Zylinderwand angeordnet sind. Durch die kurze Verbindung zwischen den Ventilen und den Zylinderkammern, kann bei dieser bekannten Ausführung die hohe Ansprechgeschwindigkeit der elektrorheologischen Flüssigkeit gut ausgenutzt werden. Um die erforderlichen vier Ventile zu bilden, ist es bei der bekannten Anordnung notwendig, die zwei durch die Rohre gebildeten Ringspalte jeweils zu teilen, so daß über die Länge des Zylinders jeweils zwei Ventile pro Ringspalt unterzubringen sind. Dies führt zu einer großen Baulänge des Zylinders, da die Länge der Ringspalte in die erreichbare Druckdifferenz und damit in die Stellkräfte des Druckmittelmotors eingehen. Weiterhin ist der Kolbendurchmesser mit dem Umfang der Ringspalte und damit mit dem Eintrittsquerschnitt der Flüssigkeit in die Ringspalte verknüpft, so daß alle erforderlichen geometrischen Abmessungen der Ringspalte im wesentlichen festliegen und nicht mehr nach anderen Gesichtspunkten, z.B. der Führung der Hochspannung, optimiert werden können. Als nachteilig ist auch anzusehen, daß die durch Viskosereibung entstehende Wärme im inneren Ringspalt nicht durch direkte metalli-

sche Wärmeleitung nach außen abgeführt werden kann. Es kann daher insbesondere bei hohen Frequenzen der Kolbenbewegung zu einer starken Erwärmung der elektrorheologischen Flüssigkeit im inneren Ringspalt kommen.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Druckmittelmotor der eingangs genannten Art mit integrierten Ventilen zu schaffen, der bei kompakten äußeren Abmessungen einen hohen Differenzdruck zwischen den beiden Arbeitskammern und damit eine relativ große Stellkraft ermöglicht, der eine hohe Dynamik erreicht und bei dem eine gute Wärmeabfuhr durch direkte metallische Wärmeleitung gegeben ist.

[0005] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die elektrorheologischen Ventile durch die Gehäusewand in Längsrichtung durchdringende Bohrungen und in den Bohrungen angeordnete, gegenüber dem Gehäuse isolierte Elemente gebildet werden, wobei die Bohrungen und die Elemente miteinander Ringspalte konstanter Spaltweite begrenzen und die Elemente an eine Hochspannung und das Gehäuse an Massepotential anlegbar sind.

[0006] Bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung des Druckmittelmotors können die Elektrodenpalte der elektrorheologischen Ventile über die gesamte Länge des Gehäuses geführt werden, so daß eine, gemessen an der Baulänge des Druckmittelmotors, hohe Druckdifferenz erreichbar ist. Alle Ringspalte sind unmittelbar in Kontakt mit der aus einem Metall herstellbaren Gehäusewand, wodurch eine gute Wärmeabfuhr gewährleistet ist. Jedes Ventil kann durch mehrere Bohrungen mit Hochspannungselementen gebildet werden. Es ist daher eine große Querschnittsfläche der Ventile und damit ein hoher Volumenstrom und eine hohe Dynamik des Druckmittelmotors erreichbar. Die erfindungsgemäße Gestaltung des Druckmittelmotors ermöglicht ferner einen mechanisch einfachen Aufbau mit identischen Bauteilen, nämlich Bohrungen und Elementen gleicher Abmessung, zur Bildung der vier Ventile. Die Elemente können in einer einfachen Ausführung aus zylindrischen Stäben oder Dornen bestehen, sie können aber auch die Form einer sich längs der Bohrung erstreckenden Wendel haben.

[0007] Die Elemente können erfindungsgemäß mit ihren aus den Bohrungen herausragenden Enden in Endkappen gelagert sein, die an den Stirnflächen des Gehäuses befestigt sind und aus hochisolierendem Material, z.B. technischen Thermoplasten wie PPS oder Keramik, hergestellt werden. Die Endkappen können weiterhin Kammern bilden, durch die die Ringspalte der Ventile mit dem Einlaßkanal, und dem Auslaßkanal oder einer Arbeitskammer verbunden sind. Dies hat den Vorteil, daß der gesamte Ringspaltquerschnitt als Eintrittsquerschnitt zur Verfügung steht. Die vier Ventile können auf zwei unterschiedliche Arten über die Kammern in den Endkappen an die Arbeitskammern und den Einlaßkanal und den Auslaßkanal angeschlossen sein. Bei einer Ausführungsart liegen

der Einlaßkanal und der Auslaßkanal auf einer Stirnseite des Gehäuses und die Ventile sind über die andere Stirnseite des Gehäuses mit den Arbeitskammern verbunden. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, daß eine Einheit aus Motor, Pumpe und Tank bzw. Speicher an die eine Stirnfläche des Druckmittelmotors angeflanscht werden kann, wodurch sich ein sehr kompakter mechanischer Gesamtaufbau eines Aggregats ergibt, das beispielsweise in Industrierobotern zum genauen Positionieren oder als Lenkhilfe für Personen- oder Lastkraftwagen eingesetzt werden kann. Da die elektrorheologische Flüssigkeit eine sehr hohe Ansprechgeschwindigkeit von üblicherweise 1 ms aufweist, läßt sich ein solches Aggregat auch als Hochfrequenzzyylinder in der Materialprüfung einsetzen.

[0008] Bei der zweiten Ausführungsart sind der Einlaßkanal und der Auslaßkanal zu Kammern an beiden Stirnseiten des Gehäuses geführt und dort jeweils mit den Ringspalten eines anderen Ventils verbunden. Hierdurch ergeben sich an allen vier Ventilen sehr kurze Verbindungswege zu der jeweiligen Arbeitskammer.

[0009] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert, das in der Zeichnung dargestellt ist. Es zeigen

Figur 1 das Schaltschema eines erfindungsgemäßen Druckmittelmotors,

Figur 2 einen Längsschnitt E-E durch einen erfindungsgemäßen Druckmittelmotor für elektrorheologische Flüssigkeiten mit einem zylindrischen Gehäuse und in das Gehäuse integrierten Ringspaltventilen,

Figur 3 einen Querschnitt A-A des Druckmittelmotors gemäß Figur 2,

Figur 4 einen Querschnitt B-B des Druckmittelmotors gemäß Figur 2,

Figur 5 einen Querschnitt C-C des Druckmittelmotors gemäß Figur 2 und

Figur 6 einen Querschnitt D-D des Druckmittelmotors gemäß Figur 2.

[0010] Figur 1 veranschaulicht die Arbeitsweise des im folgenden näher beschriebenen, mit einer elektrorheologischen Flüssigkeit arbeitenden Druckmittelmotors. Die Linien bezeichnen die Strömungskanäle, durch die die elektrorheologische Arbeitsflüssigkeit von einer Pumpe P kommend zu einem drucklosen Behälter T gefördert wird. Zwischen der Pumpe P und dem Behälter T sind zwei parallele Strömungskanäle vorhanden. Der obere Kanal enthält in Reihe hintereinander die durch Kreisflächen veranschaulichten Ringspaltventile 1a und 2b, der untere Strömungskanal die Ringspaltventile 2a und 1b, jeweils in Strömungsrichtung betrach-

tet. Zwischen den Ringspaltventilen 1a, 2b ist an den oberen Strömungskanal die eine Arbeitskammer A des Druckmittelmotors angeschlossen, zwischen den Ringspaltventilen 2a, 1b ist an den unteren Strömungskanal die andere Arbeitskammer B des Druckmittelmotors angeschlossen.

[0011] Soll der die Arbeitskammern A, B trennende Kolben in Richtung der Kammer A bewegt werden, so werden die Ringspaltventile 1a, 1b durch Anlegen einer Hochspannung gesperrt, d.h. durch das von der Hochspannung erzeugte elektrische Feld wird die Viskosität der elektrorheologischen Arbeitsflüssigkeit innerhalb des Ringspalts so stark erhöht, daß gegen den dadurch hervorgerufenen Strömungswiderstand nur noch ein Bruchteil der geförderten Flüssigkeitsmenge die Ringspaltventile 1a, 1b passieren kann. Hierdurch steigt der Druck am Pumpenausgang und in der über das auf Durchgang geschaltete Ringspaltventil 2a mit diesem verbundenen Arbeitskammer B an. Der Druck in der Arbeitskammer A bleibt hingegen auf dem niedrigen Niveau des Behälters T, da das Ventil 2b ebenfalls auf Durchgang ist. Durch die Druckdifferenz zwischen der Arbeitskammer B und der Arbeitskammer A wird der Kolben in Richtung der Arbeitskammer A bewegt.

[0012] Soll der Kolben in Richtung der Arbeitskammer B bewegt werden, so werden die Ringspaltventile 2a, 2b durch Anlegen einer Hochspannung gesperrt und die Ringspaltventile 1a, 1b spannungslos und damit auf Durchgang geschaltet. Werden die Ventile schnell hin- und hergeschaltet, so kann der Kolben in eine der Schaltfrequenz entsprechende Schwingung versetzt werden.

[0013] Der in den Figuren 2 bis 6 dargestellte Druckmittelmotor hat ein zylindrisches Gehäuse 1, das aus Metall besteht. Das Gehäuse 1 weist eine zentrale, durchgehende Zylinderbohrung 2 auf, in der ein Kolben 3 mit einer Kolbenstange 4 axial beweglich geführt ist. Der Kolben 3 ist mit einer Gleitdichtung 5 gegenüber der Wand der Zylinderbohrung 2 abgedichtet und unterteilt die Zylinderbohrung 2 in zwei Arbeitskammern A, B. In der Wand des Gehäuses 1 sind parallel zur Zylinderbohrung 2 eine Reihe zylindrischer Bohrungen 6 vorgesehen, die das Gehäuse 1 vollständig durchringen und einen einheitlichen Durchmesser haben. Durch die Bohrungen 6 erstrecken sich zylindrische Dorne 7 aus Metall, die einen kleineren Durchmesser haben als die Bohrungen 6 und gegenüber den Bohrungen zentriert sind. Durch diese Anordnung ergeben sich zwischen der Wand der Bohrungen 6 und den Dornen 7 Ringspalte 8 von konstanter Spaltweite. Die aus den Bohrungen 6 herausragenden Enden der Dorne 7 sind in Endkappen 9, 10 gelagert, die an beiden Stirnseiten des Gehäuses 1 druckdicht befestigt sind. Die Endkappen 9, 10 bestehen aus einem isolierenden Material, z.B. PPS oder Polycarbonat, das mit Füllstoffen, beispielsweise Glasfasern, verstärkt sein kann. In ihrer Mitte weisen die Endkappen 9, 10 einen zylindrischen

Ansatz 11 auf, der jeweils in das Ende der Zylinderbohrung 2 eingreift und diese verschließt. Weiterhin sind die Endkappen 9, 10 mit zentralen Durchgangsbohrungen 12 versehen, in denen die Kolbenstange 4 geführt und abgedichtet ist.

[0014] Die Endkappen 9, 10 weisen auf ihrer dem Gehäuse 1 zugekehrten Seite jeweils zwei halbzyklindrische Kammern 13, 14 bzw. 15, 16 auf, die durch eine radiale Wand 17 bzw. 18 voneinander getrennt sind. Die Wände 17, 18 sind so zueinander ausgerichtet, daß ihre Mittelebene senkrecht aufeinander stehen. In die Kammern 13 bis 16 münden jeweils die in der entsprechenden Zylinderhälfte des Gehäuses 1 angeordneten Ringspalte 8. Durch die Anordnungen der Kammern 13, 14 in einer um 100° gedrehten Position gegenüber den Kammern 15, 16 verbinden jeweils nur die in einem Quadranten des zylindrischen Gehäuses 1 liegenden vier Ringspalte 8 zwei auf entgegengesetzten Stirnseiten des Gehäuses 1 befindliche Kammern miteinander. Es ergeben sich somit vier Gruppen von Ringspalten 8, die jeweils einen anderen Strömungsweg bilden. Jede der vier Gruppen von Ringspalten bildet ein elektrorheologisches Ringspaltventil 1a, 1b, 2a, 2b. Die Dorne 7 eines jeden Ringspaltventils sind in der Endkappe 9 durch einen Hochspannungsverteiler 19 miteinander verbunden und jeweils unabhängig von den Dornen der anderen Ringspaltventile an eine Hochspannungsquelle anschließbar. Das Gehäuse 1 ist mit Erdpotential verbunden. Liegt an den Dornen 7 eines Ringspaltventils Hochspannung an, so wird in den Ringspalten 8 dieses Ringspaltventils ein elektrisches Feld erzeugt und die Viskosität der in den Ringspalten 8 dieses Ventils befindlichen elektrorheologischen Arbeitsflüssigkeit erhöht.

[0015] Um die in Verbindung mit Figur 1 beschriebene Steuerfunktion zu erreichen, ist die Kammer 16 über einen Kanal 20 im Gehäuse 1 mit der Arbeitskammer A und die Kammer 15 über einen Kanal 21 im Gehäuse 1 mit der Arbeitskammer B verbunden. Die Kammer 14 ist an den Einlaßkanal 22 und die Kammer 13 an den Auslaßkanal 23 angeschlossen. Die über den Einlaßkanal 22 der Kammer 14 zugeführte Arbeitsflüssigkeit kann also entweder über das Ringspaltventil 1a in die Kammer 16 oder über das Ringspaltventil 2a in die Kammer 15 gelangen. Entsprechend kann die Arbeitsflüssigkeit aus der Kammer 16 über das Ringspaltventil 2b und aus der Kammer 15 über das Ringspaltventil 1b jeweils in die Kammer 13 und von dort im Auslaßkanal 23 abgeführt werden.

[0016] Die beschriebene Erfindung eignet sich gleichermaßen für Druckmittelmotore, die mit einer magnetorheologischen Arbeitsflüssigkeit arbeiten. Anstelle eines elektrischen Feldes ist dann mit Hilfe geeigneter Spulen ein Magnetfeld in den Ringspalten aufzubauen.

Patentansprüche

1. Druckmittelmotor für elektrorheologische Flüssig-

keiten, mit einem zwei Arbeitskammern umgebenden Gehäuse, einem in dem Gehäuse bewegbaren Kolben, der die Arbeitskammern voneinander trennt, einem Einlaßkanal für die Zuführung einer elektrorheologischen Flüssigkeit aus einem Raum höheren Drucks, einem Auslaßkanal für die Abführung der elektrorheologischen Flüssigkeit in einen Raum niederen Drucks und elektrorheologischen Ventilen mit einem jeweils eine Arbeitskammer mit dem Einlaßkanal oder dem Auslaßkanal verbindenden Ringspalt, dessen Begrenzungsflächen Elektroden zur Erzeugung eines elektrischen Feldes bilden, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrorheologischen Ventile (1a, 1b, 2a, 2b) durch die Gehäusewand in Längsrichtung durchdringende Bohrungen (6) und in den Bohrungen (6) angeordnete, gegenüber dem Gehäuse (1) isolierte Elemente (Dorne 7) gebildet werden, wobei die Bohrungen (6) und die Elemente (Dorne 7) miteinander Ringspalte (8) konstanter Spaltweite begrenzen und die Elemente (Dorne 7) an eine Hochspannung und das Gehäuse (1) an Massepotential anlegbar sind.

2. Druckmittelmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente (Dorne 7) mit ihren aus den Bohrungen herausragenden Enden in Endkappen (9, 10) gelagert sind, die an den Stirnflächen des Gehäuses (1) befestigt sind und aus hochisolierendem Material hergestellt sind.
3. Druckmittelmotor nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Endkappen (9, 10) Kammern (13, 14, 15, 16) bilden, durch die die Ringspalte (8) der Ventile (1a, 1b, 2a, 2b) mit dem Einlaßkanal (22) und dem Auslaßkanal (23) oder einer Arbeitskammer (A, B) verbunden sind.
4. Druckmittelmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Einlaßkanal (22) und der Auslaßkanal (23) auf einer Stirnseite des Gehäuses (1) liegen und dort jeweils mit zwei Ventilen (1a, 2a bzw. 1b, 2b) verbunden sind und daß die Ventile (1a, 1b, 2a, 2b) auf der anderen Stirnseite des Gehäuses (1) mit den Arbeitskammern (A, B) verbunden sind.
5. Druckmittelmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einheit aus Motor, Pumpe und Tank und/oder Speicher an eine Stirnfläche des Druckmittelmotors angeflanscht ist.
6. Druckmittelmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Einlaßkanal (22) und der Auslaßkanal (23) zu beiden Stirnseiten des Gehäuses (1) geführt und dort jeweils mit dem Ringspalt eines anderen Ventils verbunden sind.

7. Druckmittelmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß er für magnetorheologische Flüssigkeiten bestimmt ist und die Ventile als magnetorheologische Ventile ausgebildet sind derart, daß zwischen dem Gehäuse und den Elementen ein Magnetfeld erzeugbar ist. 5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

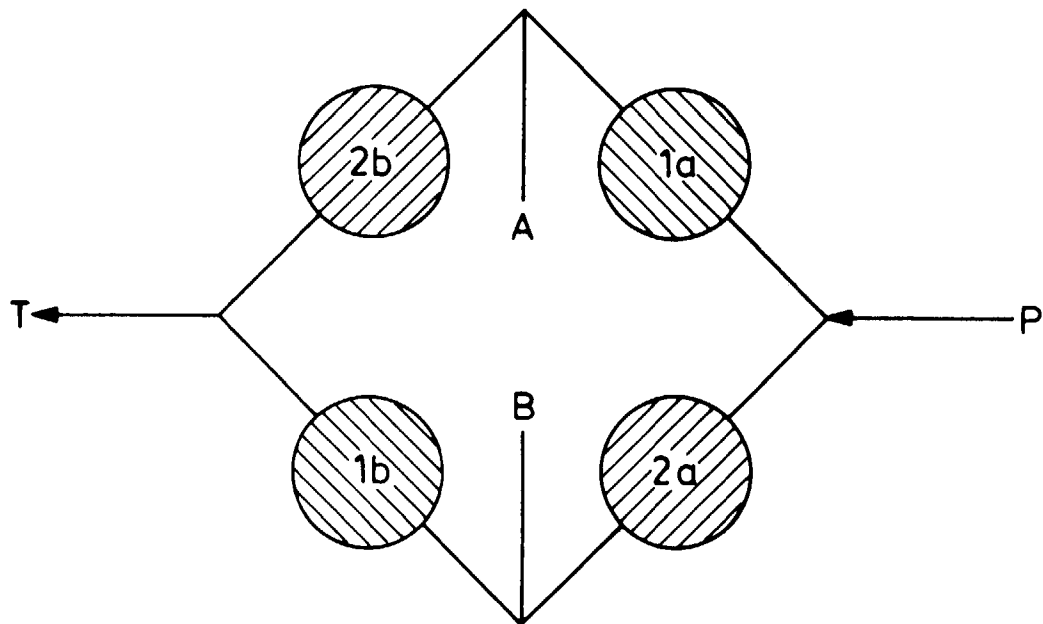


Fig. 2

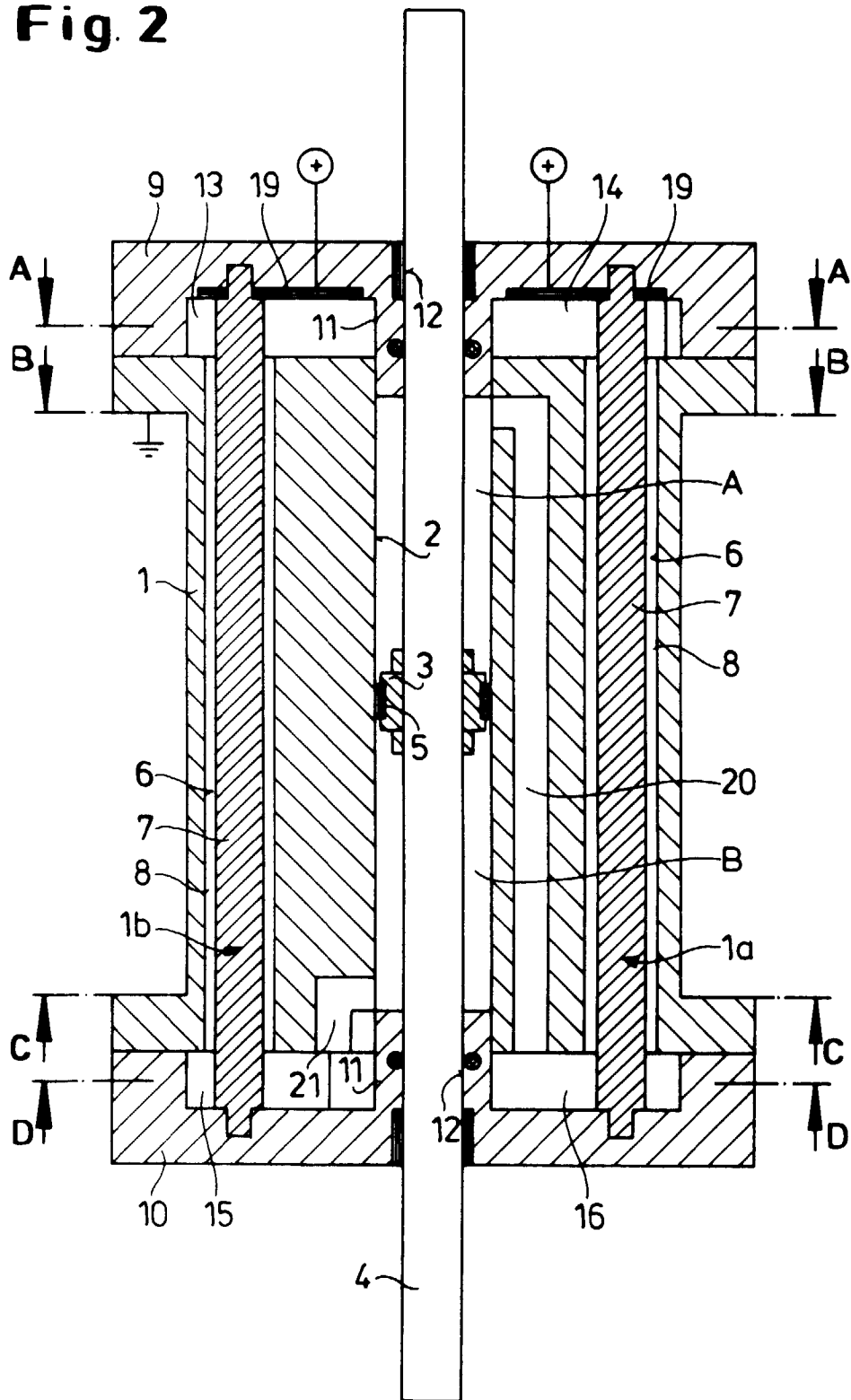


Fig. 3

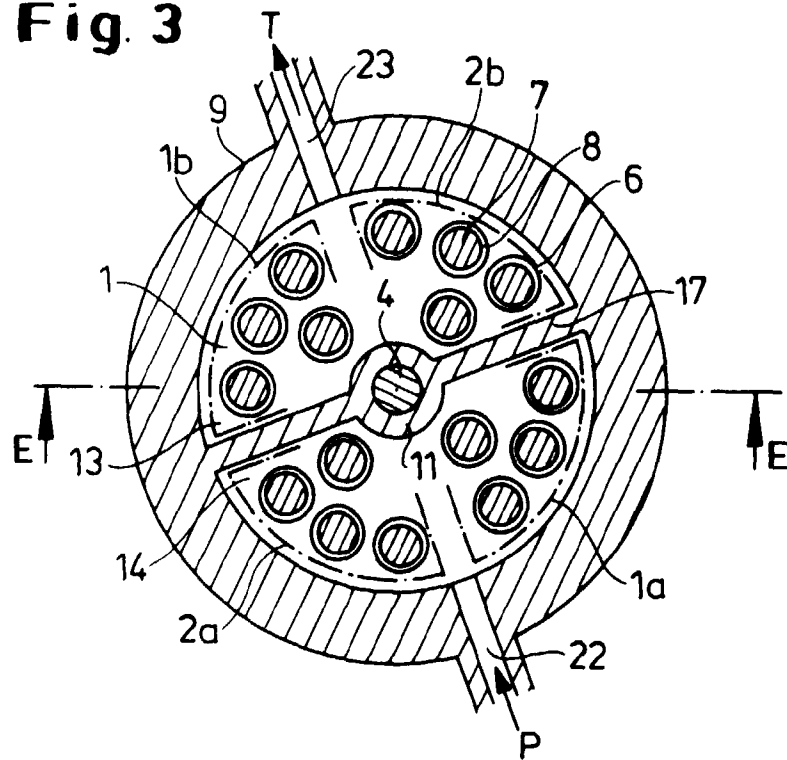


Fig. 4

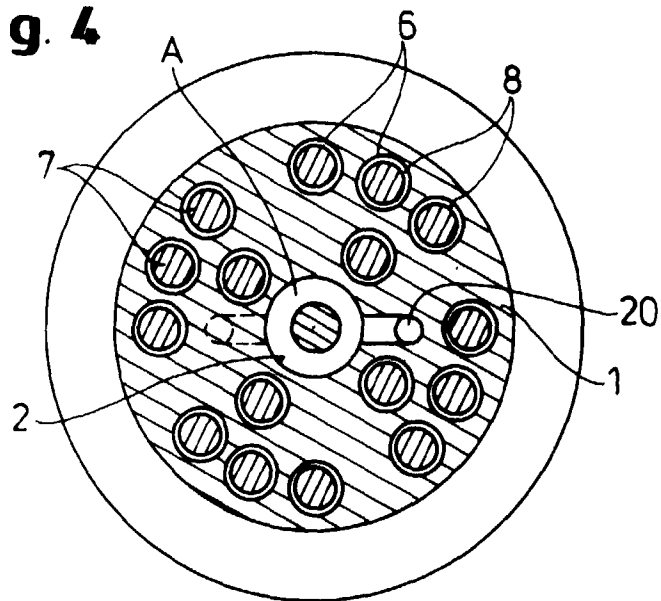


Fig. 5

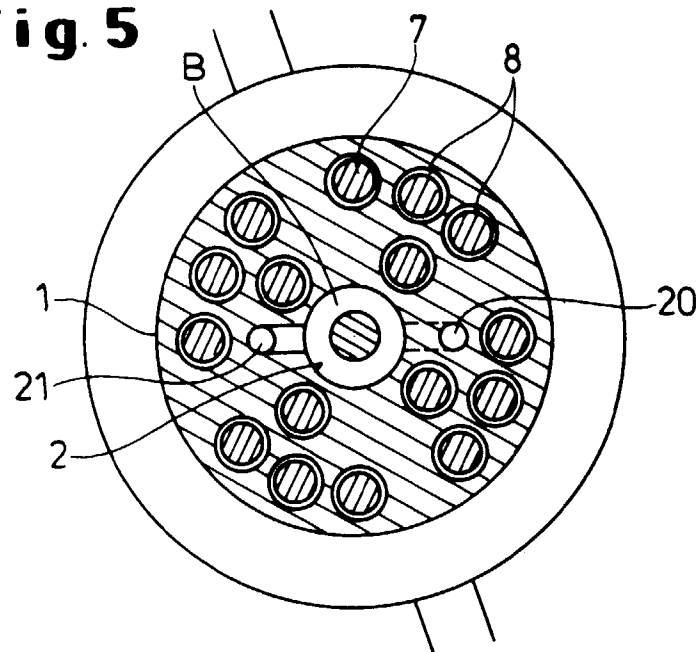


Fig. 6

