

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 734 541 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
20.12.2006 Patentblatt 2006/51

(51) Int Cl.:
H01F 7/16 (2006.01) H01F 7/13 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06012192.8**

(22) Anmeldetag: **13.06.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(30) Priorität: **15.06.2005 DE 102005027779**

(71) Anmelder: **Schultz, Wolfgang E., Dipl.-Ing.
D-87700 Memmingen (DE)**

(72) Erfinder:
• **Kleinert, Dieter
Memmingen (DE)**
• **Scherer, Georg
87757 Kirchheim (DE)**
• **Mang, Helmut
87700 Memmingen (DE)**

(74) Vertreter: **Schulz, Manfred et al
Patent- & Rechtsanwälte Pfister & Pfister,
Hallhof 6-7
87700 Memmingen (DE)**

(54) Elektromagnet mit Steuerkonus

(57) Die Erfindung betrifft einen Elektromagneten, bestehend aus einem in einem Ankerraum beweglichen Anker und einer mit Strom beaufschlagbaren Spule. Bei Strombeaufschlagung wird der Anker bewegt. Der Anker taucht in einen Steuerkonus ein. Die mittlere Spaltweite zwischen dem Anker und dem Steuerkonus ändert sich mit der Eintauchstrecke des Ankers in den Steuerkonus.

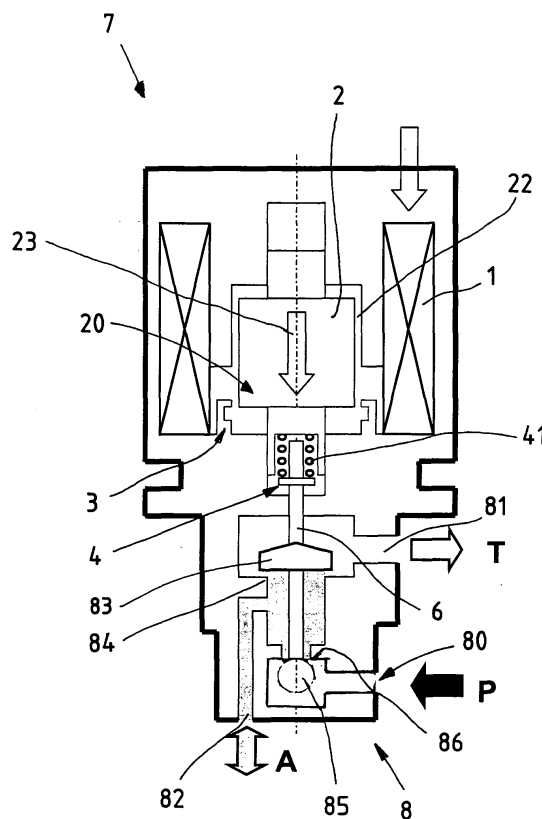


Fig.1

EP 1 734 541 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Elektromagneten, bestehend aus einem in einem Ankerraum beweglichen Anker und einer mit Strom beaufschlagbaren Spule, wobei diese bei Strombeaufschlagung ein zur Bewegung des Ankers dienendes Magnetfeld erzeugt, wodurch sich der Anker in Richtung eines Steuerkonus bewegt, beziehungsweise der vordere Ankerbereich in den Steuerkonus eintaucht.

[0002] Eingangs beschriebene Elektromagnete sind hinlänglich bekannt. Sie dienen dazu, entsprechende Schalt- oder Regelaufgaben auszuführen.

[0003] Hier sind zum Beispiel Proportionalmagneten bekannt, bei welchen eine zu dem eingepprägten Strom proportionale Kraft durch den Elektromagneten entsteht. Solche linearen Zusammenhänge können zum Beispiel in entsprechenden Druckregelventilen eingesetzt werden, wo es auf eine entsprechende lineare Druckregelkennlinie ankommt.

[0004] Bekannte Druckregelventile haben dabei die Aufgabe, in einem möglichst großen Steuerungsbereich möglichst sensibel und feinfühlig zu reagieren. Gerade im unteren Kennlinienbereich soll die Steigung der Kennlinie nicht zu stark sein, damit nicht durch geringe Stromschwankungen zu große Regelungsschwankungen resultieren. Auf der anderen Seite sollen aber entsprechende Druckregelventile auch bei hohen Drücken eine hohe Regelkraft zur Verfügung stellen. Dabei sollen die elektrischen Anforderungen des Elektromagneten möglichst unverändert bleiben, das heißt, die hohe Kraftentfaltung soll nicht zu einer höheren Stromaufnahme und damit notwendigerweise zu einem stärkeren Drahtdurchmesser des Spulendrahtes in den Spulen führen.

[0005] Um in einem solchen Anwendungsfall optimal eingesetzt zu werden, muß ein Elektromagnet eine von der linearen Regelkennlinie abweichende Charakteristik aufweisen.

[0006] Die Erfindung hat es sich daher zur Aufgabe gemacht, einen Elektromagneten zur Verfügung zu stellen, der eine nicht lineare, insbesondere progressive Regelkennlinie aufweist.

[0007] Zur Lösung dieser Aufgabe geht die Erfindung aus von einem Elektromagneten, wie eingangs beschrieben, und schlägt vor, daß die mittlere Spaltweite zwischen dem Anker und dem Steuerkonus sich mit der Eintauchstrecke des Ankers in den Steuerkonus ändert.

[0008] Unter einer progressiven Kennlinie wird dabei verstanden, daß die Abhängigkeit zwischen Strom und aus dem Elektromagneten resultierende Kraft nicht linear sondern von höherer Ordnung ist. Das bedeutet, daß bei verhältnismäßig niedrigen Strömen eine Stromänderung nur zu einer geringen Kraftänderung führt, wohingegen bei hohen Strömen die gleiche Stromänderung deutlich höhere Kraftänderungen hervorruft. Da aufgrund des Einsatzes des Elektromagneten zum Beispiel bei Druckregelventilen durch die von dem Elektromagneten erzeugte Kraft Dichtelemente gesteuert werden, resultiert

hieraus auch ein entsprechend progressiver Druckstromkennlinienverlauf. Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, die Spaltweite zwischen Anker und Steuerkonus derart auszugestalten, daß sich mit der Eintauchstrecke des Ankers in den Steuerkonus die Spaltweite ändert. Die Kraftentfaltung eines Elektromagneten hängt insbesondere von der Dichte der Magnetfeldlinien des Ankers zum Kern ab. Die Kraftentfaltung eines Elektromagneten wird zum Beispiel dann gesteigert, wenn im Anker ein entsprechend kleinerer Luftspalt zur Verfügung gestellt wird. Diese Erkenntnis wird jetzt eingesetzt, um eine von der linearen Regellinie (sei es die Kraft in Abhängigkeit des Stromes oder des Druckes in Abhängigkeit des Stromes) zu erreichen. So wird zum Beispiel erfindungsgemäß zunächst vorgeschlagen, resultierend einen verhältnismäßig kleinen Spalt anzubieten, der sich dann entsprechend aufweitet.

[0009] In diesem Zusammenhang wird die mittlere Spaltweite derart verstanden, daß entlang der Eintauchstrecke des Ankers in den Steuerkonus in infinitesimalen Schritten die Spaltweite ermittelt wird und diese daraus resultierende Summe beziehungsweise Integral durch die Eintauchstrecke geteilt wird.

[0010] In diesem Zusammenhang ist auch der Begriff Steuerkonus nicht beschränkend als konusartig, also zum Beispiel kegelstumpfförmig, auszulegen, als Steuerkonus wird grundsätzlich jede geometrische Anordnung der Innenflächen des Kernes des Magnetes betrachtet, welche mit dem Anker zusammenwirkt. Neben einer konusartigen, also zum Beispiel kegelstumpfförmigen Ausgestaltung ist es natürlich auch möglich, daß eine zylinderartige oder topfartige Ausgestaltung realisiert wird. Natürlich sind auch entsprechende Zwischenformen zur Erreichung des erfindungsgemäßen Zweckes denkbar, in welchen entsprechende Abschnitte unterschiedlicher Art miteinander kombiniert werden.

[0011] So wird zum Beispiel in einer erfindungsgemäßen Variante vorgeschlagen, daß der Steuerkonus und/oder der Anker Innenflächen beziehungsweise Mantelflächen besitzt, die zumindest teilweise parallel zur Bewegungsrichtung des Ankers orientiert sind. Der Steuerkonus besitzt nach dieser erfindungsgemäßen Variante entsprechende Innenflächen, der Anker besitzt entsprechende Mantelflächen. Das erfindungsgemäße Prinzip ist dabei nicht nur auf eine spezielle Ausgestaltung des Steuerkonus beschränkt, sondern kann, gemäß dem Prinzip der kinematischen Umkehr, in gleicher Weise auch am Anker realisiert werden. Insofern zählen zum Beispiel auch Ankerausgestaltungen zur Erfindung, die von der bekannten zylinderartigen Ausgestaltung abweichen und zum Beispiel entsprechende Bündel, Flansche, Ringe oder kegelstumpfförmige Schrägen und so weiter aufweisen.

[0012] In einer weiteren erfindungsgemäßen Variante wird vorgeschlagen, daß in der ersten Phase des Eintauchens des Ankers sich zunächst eine geringe mittlere Spaltweite ergibt, die sich bei weiterem Eintauchen des Ankers in den Steuerkonus erhöht.

[0013] Eine Variante der erfindungsgemäßen Anordnung ist dabei so ausgebildet, daß sich ungefähr drei verschiedene Phasen ergeben. In der ersten Phase taucht der Anker beziehungsweise sein vorderer Ankerbereich in den Steuerkonus ein. Als Eintauchstrecke wird hierbei die Länge des Ankers angesehen, die vom Rand des Steuerkonus ab bis zum vorderen Ende des Ankers gerechnet ist. Das Zusammenwirken des eintauchenden Ankers mit dem Steuerkonus bewirkt bereits einen entsprechenden Effekt bei der Kennlinie. Die zweite Phase wird dadurch gekennzeichnet, daß sich dann der Spalt (in Längsrichtung der Bewegung gesehen) vergrößert. Die dritte beziehungsweise abschließende Phase ist dadurch angegeben, daß der Anker komplett in den Steuerkonus eingefahren ist und am Boden des Konus anliegt.

[0014] In der ersten Phase des Eintauchens des Ankers wird in der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Variante ausgeführt, daß sich zunächst eine geringere mittlere Spaltweite ergibt, also eine verhältnismäßig hohe Magnetfeldlinienkonzentration ergibt (der Luftspalt ist verhältnismäßig gering). Bei weiteren Eintauchen des Ankers in den Steuerkonus ist der vordere Bereich des Ankers wieder weiter entfernt von der Innenfläche des Steuerkonus, der sich hier ergebende Spalt ist entsprechend größer. Die Magnetfeldstärke ist im vorderen Ankerbereich nicht mehr so groß wie beim Eintauchen. Dieser Effekt wird aber zu dem nach wie vor bestehenden Effekt des engen Spaltbereiches hinzutreten, aber eben abgeschwächt. Hieraus resultiert ein nicht lineares Verhalten der Kennlinie.

[0015] Um in der Endhaltstellung des angezogenen Elektromagneten eine entsprechend hohe Kraft zu entfalten, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß sich in der letzten Phase des Eintauchens des Ankers in den Steuerkonus die mittlere Spaltweite verringert. In der letzten Phase des Eintauchens des Ankers erreicht der vordere Ankerbereich eine Position bezüglich des Steuerkonus, in welcher wieder ein engerer Spalt zwischen dem Anker und dem Steuerkonus besteht. Dieser Bereich ist zum Beispiel als Absatz, Schräge, Kegelstumpf oder dergleichen ausgebildet.

[0016] Erfindungsgemäß wird hierzu insbesondere vorgeschlagen, daß die Innenfläche des Steuerkonus und/oder die Mantelfläche des Ankers Vorsprünge beziehungsweise Absätze aufweist. Erfindungsgemäß werden somit mindestens drei Varianten vorgeschlagen. Bei der ersten Variante wird die Innenfläche des Steuerkonus mit Vorsprüngen beziehungsweise Absätzen ausgestattet, um dadurch die Spaltweite zu verändern. Dies kann zum Beispiel durch das Einarbeiten entsprechender Ringnuten (sei es vollumfänglich oder nur auf einem Teilumfang) erfolgen. Die Ausgestaltung der Geometrie kann entsprechend variiert werden, um die Kennlinie entsprechend zu beeinflussen. In der zweiten Variante ist vorgesehen, daß auch die Mantelfläche des Ankers entsprechende Vorsprünge oder Absätze aufweist, wobei es hierbei insbesondere der Bereich des Ankers ist, der

tatsächlich in den Steuerkonus eintaucht, da bei ihm die Magnetfeldliniendichte am stärksten ausgeprägt ist und daher auch am entscheidendsten ist.

[0017] Die entsprechend ausgestattete Innenfläche des Steuerkonus oder eine entsprechend ausgebildete Mantelfläche des Ankers wirkt dabei zum Beispiel zusammen mit einer entsprechenden zylinderartigen Ausgestaltung der gegenüberliegenden Fläche, also im Fall des Steuerkonus einer zylinderartigen Mantelfläche des Ankers oder einer zylinderartigen Innenfläche bei einem entsprechend mit Absätzen und Vorsprüngen ausgestatteten Anker. Daneben ist es natürlich auch möglich, sowohl die Innenfläche des Steuerkonus als auch die Mantelfläche des Ankers mit entsprechenden Vorsprüngen oder Absätzen beziehungsweise auch mit abschnittswisen konischen oder kegelstumpffartigen Bereichen, sei es vollumfänglich oder nur auf einem Teilumfang auszugestalten. Alle diese Varianten (insbesondere bezüglich der Ausgestaltung der Vorsprünge und Absätze) zählen zur Erfindung.

[0018] Der Effekt dieser verschiedenen vorgeschlagenen Varianten ist, daß die Spaltweite jeweils veränderlich ist und insbesondere dadurch auch eine sich mit der Eintauchstrecke des Ankers veränderliche mittlere Spaltweite ergibt.

[0019] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird vorgesehen, daß der Steuerkonus an seinem, dem Anker zugewandten Ende einen nach innen gerichteten Flansch aufweist. Durch diesen nach innen gerichteten Flansch ist es in einfacher Weise möglich, einen verhältnismäßig geringen Spalt zwischen dem Steuerkonus und dem Anker zu realisieren.

[0020] In einer weiteren erfindungsgemäßen Variante der Erfindung wird vorgeschlagen, daß die Innenfläche des Steuerkonus gegenüber dem Flansch zurücksteht. Zum Beispiel ist diese Innenfläche ebenfalls als Zylinderfläche ausgebildet und daher parallel zur Bewegungsrichtung des Ankers orientiert. Es ist aber auch möglich, daß abschnittsweise, gegebenenfalls auch entgegengerichtete, kegelstumpffartige Flächen vorgesehen sind. Auch Ringschalenflächen oder andere gebogene Flächen gehören zur Erfindung.

[0021] Im Steuerkonus, an dem dem Anker abgewandten Ende, ist ein topfartiger Konusboden vorgesehen. An diesen Konusboden schließt sich gegebenenfalls die gegenüber dem Flansch zurückstehende Innenfläche direkt an oder aber es ist hier ein entsprechender Bund oder Absatz vorgesehen. Je nach Ausgestaltung dieses Absatzes ist es wieder möglich, die Kraftentfaltung des Elektromagneten, wenn der Anker entsprechend eingetaucht ist, zu variieren beziehungsweise zu optimieren. Auch die Ausgestaltung des Konusbodens, der zum Beispiel durch eine spanabhebende Bearbeitung gewonnen wird, ist beliebig. Es ist möglich, den Konusboden zylinderartig auszubilden, wodurch also zwischen dem Rand und der Bodenfläche ein rechter Winkel besteht, oder daß dieser Bereich kegel- oder kegelstumpffartig ausgebildet ist. In diesem Zusammenhang

beschränkt sich der Konusboden nicht nur auf die den Steuerkonus abschließende zur Bewegungsrichtung des Ankers rechtwinklige Fläche, sondern beschreibt noch zusätzlich einen axialen Bereich. Natürlich umfaßt der Konusboden auch die abschließende Fläche und kann auch in diesem Sinne entsprechend ausgelegt werden.

[0022] Es ergibt sich, daß durch die Wahl des Innendurchmessers des Konusbodens und des Flansches die Eigenschaften des Elektromagneten entsprechend eingestellt werden können. Es wird daher erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß die Innendurchmesser des Konusbodens und des Flansches gleich oder unterschiedlich sind. Durch einen gleichen Innendurchmesser wird die Bearbeitung erleichtert, da dies zum Beispiel durch einen einzigen spanabhebenden Bearbeitungsgang erfolgt, durch welchen die Innenfläche des Flansches und die Innenfläche des Konusbodens bearbeitet werden. Darauf ist die Erfindung aber nicht festgelegt, diese beiden Innendurchmesser können auch unterschiedlich sein, wobei der Konusboden des Innendurchmessers größer oder kleiner sein mag wie der Innendurchmesser des Flansches. Hieraus resultieren jeweils unterschiedliche Charakteristiken in der Kennlinie.

[0023] In einer erfindungsgemäßen Variante wird vorgeschlagen, daß der Anker auf seiner, dem Steuerkonus zugewandten Seite eine Dämpfungsscheibe, insbesondere aus nicht magnetisierbarem Material trägt. Durch die Dämpfungsscheibe wird zum einen die mechanische Belastung des Ankers, wenn dieser entsprechend auf den Konusboden trifft, gemildert und zum anderen auch ein resultierender Luftspalt in der angezogenen Stellung verbleiben, um keine zu großen Adhäsionskräfte entstehen zu lassen, die im stromlosen Zustand eventuell eine Rückstellbewegung des Ankers (zum Beispiel aufgrund von Federn oder dergleichen) erschweren oder unmöglich machen würde.

[0024] Günstig ist es, daß in einer erfindungsgemäßen Variante vorgesehen wird, daß das vordere Ende des Ankers eine Steuerkante bildet, die Steuerkante in der ersten Phase des Eintauchens mit dem Flansch des Steuerkonusses und in der letzten Phase mit dem Rand beziehungsweise Absatz des Konusbodens zusammenwirkt. Die Steuerkante definiert damit auch die Eintauchstrecke des Ankers in den Steuerkonus, insbesondere dann, wenn die Steuerkante der in Bewegungsrichtung des Ankers vorderste Bereich oder Kante des Ankers ist. Geschickterweise begrenzt die Kante auch gleichzeitig den Spalt zwischen dem Anker und dem Steuerkonus.

[0025] Vorteilhafterweise wird vorgesehen, daß die Tiefe des Konusbodens mindestens die Dicke der Dämpfungsscheibe beträgt. In erfindungsgemäßen Varianten ist zum Beispiel vorgesehen, daß sich der Konusboden durch einen Absatz oder Vorsprung an der im übrigen zurückstehenden Innenfläche des Steuerkonusses definiert. Der hieraus resultierende engere Spalt zwischen dem Steuerkonus und dem Anker wird erwünscht und führt zu einer entsprechend höheren Kraftentfaltung des

Magneten. Um diesen Effekt optimal nutzen zu können, sind die Abmessungen der Tiefe des Konusbodens und der Dicke der Dämpfungsscheibe wie angegeben aufeinander abgestimmt, derart, daß die Steuerkante des Ankers in geeigneter, gewünschter Weise mit dem Vorsprung am Beginn des Konusbodens zusammenzuwirken vermag.

[0026] Wie beschrieben, umfaßt die Erfindung mehrere Ausgestaltungen. Neben einer entsprechenden Variante bei der Ausgestaltung des Steuerkonusses umfaßt die Erfindung auch eine Variante, bei welcher der Anker in geeigneter Weise ausgebildet ist. An dieser Stelle wird natürlich nochmals darauf hingewiesen, daß die Erfindung auch eine Kombination dieser beiden Varianten ausdrücklich mit einschließt.

[0027] In einer bevorzugten weiteren Variante der Erfindung wird daher vorgeschlagen, daß der Anker in seinem in den Steuerkonus eintauchenden, vorderen Ankerbereich eine Umfangsnut aufweist. Auch diese Variante wie die vorgestellte Variante ist in der Zeichnung gezeigt. Durch die Umfangsnut wird ein Bereich geschaffen, der, bezogen auf die Innenfläche des Steuerkonusses, einen größeren Abstand hat, der Spalt ist hier größer. Beim Eintauchen eines solchen Ankers in den Steuerkonus (sei es mit oder ohne Flansch) ergibt sich damit eine Veränderung der mittleren Spaltweite in Abhängigkeit der Eintauchstrecke.

[0028] Aus einer solchen erfindungsgemäßen Variante folgt, daß der Anker eine erste, vordere Steuerkante aufweist und der hintere Bereich der Nut eine zweite hintere Steuerkante besitzt. Durch die Lage der Nut wird daher der vordere Bereich, also die Dicke des sich an der Steuerkante anschließenden ersten Ankerbereiches entsprechend eingestellt. Gleichzeitig wird auf den in Bewegungsrichtung des Ankers hinteren Bereich der Nut eine weitere Steuerkante definiert, die bei Eintauchen der gesamten Nut in den Steuerkonus mit dem oberen Rand des Steuerkonusses in ähnlicher Weise zusammenwirkt wie die erste Steuerkante. Natürlich umfaßt die Erfindung hierbei auch wieder die Varianten, bei welchen der Durchmesser des Ankers im Bereich der ersten Steuerkante und der zweiten Steuerkante gleich oder unterschiedlich ist. Durch die entsprechende Dimensionierung werden eine Vielzahl von Stellgrößen angeboten, um entsprechende gewünschte Effekte einer progressiven Kennlinie zu realisieren.

[0029] Erfindungsgemäß wird dabei vorgesehen, daß die beiden Steuerkanten jeweils mit dem vorderen Rand des Steuerkonusses zusammenwirken. Der Steuerkonus kann dabei zum Beispiel zylinderartig oder, wie oben beschrieben, auch mit einem nach innen vorstehenden, hakenartigen Flansch ausgestattet sein.

[0030] Die Bewegung des Ankers wird zum Beispiel durch eine Ankerstange auf ein entsprechendes zu regelndes oder zu steuerndes Element übertragen. Daher wirkt der Anker mit einer Ankerstange zusammen, wobei sowohl eine starre Verbindung zwischen dem Anker und der Ankerstange wie auch eine lose Verbindung erfin-

dungsgemäß möglich ist.

[0031] In einer bevorzugten Variante der Erfindung ist vorgesehen, daß zwischen Anker und Ankerstange ein Wegumsetzer angeordnet ist. Ein Wegumsetzer ist zum Beispiel getriebeartig ausgebildet und bewirkt auch gleichzeitig eine Kraftänderung beziehungsweise Kraftwandlung oder ist zum Beispiel durch Federn realisiert und verändert nur den Hub des Ankers zu einem geringeren Hub der Ankerstange. An dieser Stelle wird vollumfänglich auf eine insbesondere den Wegumsetzer beschreibende weitere Anmeldung des gleichen Anmelders verwiesen, die heute, gleichzeitig mit dieser Anmeldung eingereicht worden ist. Auf die Offenbarung dieser Anmeldung mit dem Titel "Elektromagnet mit Wegumsetzer" wird an dieser Stelle vollumfänglich Bezug genommen.

[0032] Durch die erfindungsgemäße Anordnung des Wegumsetzers wird insbesondere erreicht, daß ein verhältnismäßig großer Hub des Ankers in einen geringeren Hub der Ankerstange und einem mit der Ankerstange gesteuerten Element umgesetzt wird, wobei dies gegebenenfalls mit oder ohne Kraftwandlung erfolgt.

[0033] Insbesondere ist vorgesehen, daß die Ankerstange auf mindestens ein Dichtelement eines Ventiles wirkt. Das Dichtelement wirkt dabei mit einem Dichtsitz des Ventiles zusammen und wird durch die Ankerstange in den Dichtsitz gedrückt oder aus diesem herausgedrückt. Die Erfindung gewinnt insbesondere zum Beispiel bei entsprechenden Druckregelventilen an Bedeutung, da hierdurch bei entsprechend geringem Druck durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung feinfühlig geregelt werden kann und aufgrund des progressiven Kennlinienverlaufes dann in der Schließstellung eine entsprechend hohe Kraft beziehungsweise ein hoher Druck bei gleicher Stromänderung zur Verfügung steht.

[0034] Daher umfaßt die Erfindung auch ein Druckregelventil, welches aus einem Elektromagneten, wie beschrieben, und einem mit dem Elektromagneten verbundenen Ventil besteht, wobei die Ankerstange einen, durch einen Dichtsitz verschließenden Dichtkörper trägt und die Stellung des Ankers die Stellung des Dichtkörpers zum Dichtsitz regelt und die Ankerstange des Weiteren auf einen zweiten Dichtkörper wirkt, der im stromlosen Zustand des Elektromagneten einen zweiten Dichtsitz schließt, wobei in der ersten Phase des Eintauchens des Ankers in den Steuerkonus die Ankerstange den zweiten Dichtkörper aus dem zweiten Dichtsitz herausdrückt. Durch die Anordnung des hakenartigen Flansches beziehungsweise der Ringnut am Anker wird erreicht, daß die Kraftentfaltung des Magneten gerade beim Eintauchen des Ankers in den Steuerkonus erhöht wird, und zwar derart erhöht wird, daß der zweite Dichtkörper aus dem zweiten Dichtsitz herausgedrückt oder herausgestoßen wird. Dieser zweite Dichtkörper ist zum Beispiel als Kugel ausgebildet und lose zur Ankerstange orientiert, wobei der in dem Druckkreislauf anliegende Druck bei stromlosen Zustand des Elektromagneten dafür sorgt, daß dieser zweite Dichtkörper im zweiten Dicht-

sitz liegt und so das Ventil sicher verschließt. Die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Geometrie des Steuerkonusses und/oder des Ankers (zum Beispiel über die Hakenform beziehungsweise Ringbundform) bewirkt, daß die Magnetkraftkennlinie in der Phase, in welcher der zweite Dichtkörper zu öffnen ist, so weit angehoben wird, daß ein frühzeitiger Regelbeginn möglich ist. Dies ist ein erheblicher zusätzlicher Vorteil der Erfindung.

[0035] Die Erfindung ist schematisch in der Zeichnung gezeigt. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Ansicht des erfindungsgemäßen Elektromagneten beziehungsweise des erfindungsgemäßen Druckregelventils und

Fig. 2a, 2b unterschiedliche Details des erfindungsgemäßen Elektromagneten in einer Schnittdarstellung.

[0036] Der erfindungsgemäße Elektromagnet 7 ergibt sich insbesondere aus Fig. 1. Der Elektromagnet 7 besteht aus einem in einem Ankerraum 22 bewegbaren Anker 2. Der Ankerraum 22 wird umgeben von der Spule 1. Die Spule 1 erzeugt bei Strombeaufschlagung ein Magnetfeld, welches bewirkt, daß der Anker 2 nach unten (Pfeil 23) bewegt wird.

[0037] In der in Fig. 1 dargestellten Ansicht befindet sich im unteren Bereich des Ankerraumes 22 der Steuerkonus 3. Bei Strombeaufschlagung bewegt sich der Anker 2 in den Steuerkonus 3, wobei die spezielle Ausgestaltung des Steuerkonusses 3 zu einem progressiven Kennlinienverlauf führt.

[0038] Das in Fig. 1 gezeigte Anwendungsbeispiel zeigt ein mit dem Elektromagnet 7 angetriebenes Ventil 8, welches zum Beispiel als Druckregelventil bezeichnet wird. Hierzu wirkt der Anker 2 auf eine Ankerstange 6, die sich unterhalb des Ankers 2, außerhalb des Ankerraumes 22 anschließt.

[0039] In dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel ist ein Wegumsetzer 4 zwischen dem Anker 2 und der Ankerstange 6 angeordnet. Der Wegumsetzer 4 bewirkt eine Hubwandlung des von dem Anker 2 ausgeführten Hubes. Das bedeutet, daß der Hub des Ankers 2 nicht im gleichen Maße auf die Ankerstange 6 übertragen wird, sondern in einem entsprechend reduzierten Maße. Wie dargestellt, wird dabei eine oder mehrere Federn 41 des Wegumsetzers 4 komprimiert, wobei in diesem Anwendungsbeispiel eine Wegbeziehungsweise Hubreduktion ohne eine Kraftwandlung erfolgt. Natürlich ist auch eine Wegwandlung mit entsprechender Hubwandlung, zum Beispiel wie in einem Getriebe oder einer Hebelmechanik möglich. Durch eine solche Anordnung wird zum Beispiel erreicht, daß ein verhältnismäßig großer Hub des Ankers 2, der für die angestrebte Verwendung nicht notwendig ist, auf ein entsprechendes Hubmaß beschränkt beziehungsweise begrenzt wird.

[0040] Auch eine Hubvergrößerung (als kinematische

Umkehr) durch den Wegumsetzer 4 gehört zur Erfindung.

[0041] Unterhalb des Wegumsetzers 4 schließt sich, wie beschrieben, die Ankerstange 6 an. Die Ankerstange 6 ist daher relativ zum Anker 2 beweglich, der Wegumsetzer 4 weist eine entsprechende Aufnahme- beziehungsweise Anschlußanordnung, sowohl für den Anker 2 einerseits als auch für die Ankerstange 6 andererseits auf.

[0042] Die gezeigte Anwendung als Druckregelventil findet zum Beispiel Verwendung bei entsprechenden Hydraulikschaltungen. Der Hydraulikbetriebsdruck liegt als Druck P am Einlaß 80 an. Der Einlaß 80 ist dabei Teil des Ventiles 8, welches sich unterhalb des Elektromagneten 7 anschließt.

[0043] Das untere Ende der Ankerstange 6 wirkt auf ein zweites Dichtelement 85, welches hier zum Beispiel als Kugel ausgebildet ist. Im stromlosen Zustand ist der Anker 2 ganz nach oben verschoben, der vordere Bereich 20 des Ankers 2 taucht nicht in den Steuerkonus ein. Aufgrund des Betriebsdruckes P wird das kugelförmige zweite Dichtelement 85 in den zweiten Dichtsitz 86 gedrückt. Somit ist das Ventil sicher abgedichtet. Mit einer gewissen Strombeaufschlagung wird der Anker 2 nach unten versetzt, die Ankerstange 6 folgt im gleichen oder entsprechend des Umsetzungsverhältnisses des Wegumsetzers 4 dieser Bewegung und drückt das zweite Dichtelement 85 aus dem Dichtsitz heraus. Gleichzeitig bewegt sich das erste Dichtelement 83, welche auf der Ankerstange 6 fest angeordnet ist, in Richtung des ersten Dichtsitzes 84 und verkleinert den hier noch gezeigten Durchlaß. Durch die Regelcharakteristik des Elektromagneten erfolgt jetzt hier eine entsprechende Druckregelung am Steuerauslaß 81. Über den zweiten Auslaß 82 erfolgt ein Ableiten der überflüssigen Hydraulikflüssigkeit. Die Anordnung ist dabei so gewählt, daß bei vollstrombeaufschlagten Elektromagneten das Magnetfeld der Spule 1 den Anker 2 vollständig in den Steuerkonus 3 hineinzieht und so das erste Dichtelement 83 fest, mit hoher Kraftauswirkung in den ersten Dichtsitz 84 drückt. Die Anordnung ist dabei so bemessen, daß sichergestellt ist, daß die vom Elektromagneten erzeugte Kraft sicher ausreicht, gegen einen entsprechenden Betriebsdruck P das Dichtelement 83 sicher im ersten Dichtsitz 84 zu halten. Dies wird durch eine entsprechend progressive Kennlinie erreicht, wobei bei einer entsprechend kleinen Stromänderung bei hohen absolutem Strom eine große Kraftänderung (bei einer Druckregelanwendung große Druckänderung) resultiert.

[0044] In Fig. 2b beziehungsweise Fig. 2a sind zwei verschiedene Varianten des erfindungsgemäßen Elektromagneten gezeigt. Die Anordnung ist jeweils so gewählt, daß eine progressive Regelkennlinie entsteht. Grundsätzlich ist es möglich die in Fig. 2a beziehungsweise Fig. 2b gezeigten Ausführungsvarianten auch miteinander zu kombinieren.

[0045] Fig. 2a beziehungsweise Fig. 2b zeigt in einem erheblich vergrößerten Detail die (erste) Phase des Ein-

tauchens des Ankers 2 in den Steuerkonus 3. Der Anker 2 ist hier mit einer Ankerstange 6 verbunden, wobei dies ebenso zur Erfindung zählt wie auch eine lose oder durch einen Wegumsetzer 4 (vergleiche Fig. 1) ausgeführte Verbindung. Selbstverständlich ist es möglich, daß sich auch an der Ankerstange 6, oberhalb der in Fig. 2a beziehungsweise 2b gezeigten Variante auch noch ein Wegumsetzer anschließt, wonach eine weitere Ankerstange folgt.

[0046] Der Anker 2 trägt eine Dämpfungsscheibe 21 an seinem dem Steuerkonus 3 zugewandten Ende. Bei voller Strombeaufschlagung knallt somit der Anker 2 nicht hart auf den Konusboden 30, sondern wird durch diese Dämpfungsscheibe 21 entsprechend abgedämpft.

[0047] In der hier gezeigten Stellung beginnt gerade das Eintauchen des Ankers 2 in den Steuerkonus 3. Die am vorderen Ende des Ankers 2, im vorderen Bereich 20 liegende Steuerkante 24 liegt auf einer Linie mit dem unteren Rand des Steuerkonusses 3, wobei der Steuerkonus 3 hier einen nach innen vorstehenden Flansch 33 besitzt. Es erfolgt hier bereits eine erhebliche Verdichtung der Magnetfeldlinien. Es wird so bei geringen Strömen bereits eine ausreichende Kraft des Elektromagneten zur Verfügung gestellt, um zum Beispiel das zweite Dichtelement 85 sicher aus dessen Dichtsitz 86 herauszulösen.

[0048] Bei weiterer Strombeaufschlagung bewegt sich der Anker weiter nach oben (Pfeil 23), die Steuerkante 24 gelangt hinter (in Bewegungsrichtung 23) den Flansch 33, wo sich eine zurückgesetzte Innenfläche 32 im Steuerkonus 3 anschließt. Der Spalt zwischen dem Flansch 33 und dem hier als homogenen Zylinder ausgebildeten Anker 2 ist verhältnismäßig eng oder gering, im Bereich der Innenfläche 32 ist die Spaltweite deutlich größer aufgrund der zurückgesetzten Anordnung der Innenfläche 32. Bezüglich der Kraftentfaltung bedeutet dies, daß man mit dem weiteren Eintauchen nicht das gleiche Maß an Magnetfeldlinienbündelung erfolgt, wie in der ersten Phase, die Kraftentfaltung also pro Weglänge nicht mehr so groß ist, das Ansprechverhalten also die Regelkennlinie verhältnismäßig abgeflacht ist. Am Ende dieser zweiten Phase erreicht die Steuerkante 24 den Absatz 31, der den Konusboden 30 von der zylindrischen Innenfläche 32 trennt. Sie gibt sich jetzt wieder, ähnlich wie beim Eintauchen des Ankers 2 in den Steuerkonus 3, eine erhebliche Verdichtung der Magnetfeldlinien, welche mit einer entsprechend höheren relativen Kraftentfaltung des Magneten einhergeht. In dem erfindungsgemäß vorgeschlagenen Druckventil wird auf diese voll mit Strom beaufschlagten Stellung zum Beispiel das erste Dichtelement 83 sicher im ersten Dichtsitz 84 gehalten, wodurch die hohe Kraftentfaltung auch gegen den Arbeitsdruck P fixiert.

[0049] Die Dicke der Dämpfungsscheibe 21 ist dabei so bemessen, ein zuverlässiges Zusammenwirken der Steuerkante 24 mit dem Absatz 31 erfolgt. Die Dicke der Dämpfungsscheibe 21 ist geringer wie die Tiefe des topfartigen Konusbodens 30. Nachstehend wird bemerkt,

daß der Konusboden 30 nicht nur durch die rechtwinklig zur Bewegungsrichtung 23 orientierten Bodenfläche ist, sondern auch den parallel hierzu beschriebenen Bereich ab dem Absatz 31 beschreibt.

[0050] In Fig. 2a ist ein anderes, ebenfalls zu der erfindungsgemäßen Lösung führendes Konzept gezeigt.

[0051] In Fig. 2b wurde ein im Wesentlichen zylindrischer Anker 2 (mit zylindrischer Mantelfläche 200) mit einem eine Hinterschneidung beziehungsweise einen Flansch 33 aufweisenden Steuerkonus 3 kombiniert.

[0052] In Fig. 2a wird der Steuerkonus 3 über seine ganze Länge zylindrisch ausgebildet, ohne entsprechenden Haken oder Flansch. Dafür ist an dem Anker 2 im vorderen Bereich 20 eine Ringnut 27 angeordnet, die ab einer gewissen Dicke von der vorderen Ankerfläche 26 beginnt. Durch diese Dicke des Ringes 25 sind ebenfalls die Eigenschaften des Elektromagneten bezüglich seiner Kennlinie einstellbar. An der vorderen Kante des Ringes 25 befindet sich eine erste Steuerkante 28, am hinteren Ende (bezogen auf die Bewegungsrichtung 23) der Ringnut 27 befindet sich eine zweite Steuerkante 29.

[0053] Der gewünschte Verlauf der Kennlinie erfolgt hier durch ein geschicktes Zusammenwirken der ersten Steuerkante 28 und der zweiten Steuerkante 29. Auch hier ist die Position gezeigt, bei welcher der Anker 2 gerade in den Steuerkonus 3 eintaucht, also ein verhältnismäßig geringer Spalt zur Verfügung steht. Auch die mittlere Spaltweite ist gering. In der zweiten Phase gelangt dann der Ringnutbereich 27 in den Steuerkonus, der Abstand zwischen dem Anker und der Steuerkonusinnenfläche 32 erhöht sich, die mittlere Spaltweite, bezogen auf die Eintauchstrecke des Ankers 2 in den Steuerkonus 3 verändert sich beziehungsweise vergrößert sich. Dieser Effekt hält an, bis die zweite Steuerkante 29 in den Steuerkonus 3 eindringt, weil dann dieser sich bildende Absatz wiederum eine Verdichtung der Magnetfeldlinien ergibt und so die Kraftentfaltung sich erhöht. Dies geht einher mit einer deutlichen Reduzierung der Spaltweite im Bereich der zweiten Steuerkante 29, was auch zu einer entsprechenden Verringerung der mittleren Spaltweite bei dieser Eintauchstrecke führt.

[0054] Analoges gilt natürlich auch für das Anwendungsbeispiel nach Fig. 2b.

[0055] Die jetzt mit der Anmeldung und später eingereichten Ansprüche sind Versuche zur Formulierung ohne Präjudiz für die Erzielung weitergehenden Schutzes.

[0056] Sollte sich hier bei näherer Prüfung, insbesondere auch des einschlägigen Standes der Technik, ergeben, daß das eine oder andere Merkmal für das Ziel der Erfindung zwar günstig, nicht aber entscheidend wichtig ist, so wird selbstverständlich schon jetzt eine Formulierung angestrebt, die ein solches Merkmal, insbesondere im Hauptanspruch, nicht mehr aufweist.

[0057] Die in den abhängigen Ansprüchen angeführten Rückbeziehungen weisen auf die weitere Ausbildung des Gegenstandes des Hauptanspruches durch die Merkmale des jeweiligen Unteranspruches hin. Jedoch

sind diese nicht als ein Verzicht auf die Erzielung eines selbständigen, gegenständlichen Schutzes für die Merkmale der rückbezogenen Unteransprüche zu verstehen.

[0058] Merkmale, die bislang nur in der Beschreibung offenbart wurden, können im Laufe des Verfahrens als von erfindungswesentlicher Bedeutung, zum Beispiel zur Abgrenzung vom Stand der Technik beansprucht werden.

[0059] Merkmale, die nur in der Beschreibung offenbart wurden, oder auch Einzelmerkmale aus Ansprüchen, die eine Mehrzahl von Merkmalen umfassen, können jederzeit zur Abgrenzung vom Stande der Technik in den ersten Anspruch übernommen werden, und zwar auch dann, wenn solche Merkmale im Zusammenhang mit anderen Merkmalen erwähnt wurden beziehungsweise im Zusammenhang mit anderen Merkmalen besonders günstige Ergebnisse erreichen.

Patentansprüche

1. Elektromagnet, bestehend aus einem in einem Ankerraum beweglichen Anker und einer mit Strom beaufschlagbaren Spule, wobei diese bei Strombeaufschlagung ein zur Bewegung des Anker dienendes Magnetfeld erzeugt, wodurch sich der Anker in Richtung eines Steuerkonus bewegt beziehungsweise der vordere Ankerbereich in den Steuerkonus eintaucht, **dadurch gekennzeichnet, daß** die mittlere Spaltweite zwischen dem Anker (2) und dem Steuerkonus (3) sich mit der Eintauchstrecke des Ankers (2) in den Steuerkonus (3) ändert.
2. Elektromagnet nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Steuerkonus (3) und/oder der Anker (2) eine Innenfläche (32) beziehungsweise Mantelfläche (200) besitzt, die zumindest teilweise parallel zur Bewegungsrichtung (23) des Ankers (2) orientiert sind.
3. Elektromagnet nach einem oder beiden der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** in der ersten Phase des Eintauchens des Ankers (2) sich zunächst eine geringe mittlere Spaltweite ergibt, die sich bei weiterem Eintauchen des Ankers (2) in den Steuerkonus (3) erhöht.
4. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** sich in der letzten Phase des Eintauchens des Ankers (2) in den Steuerkonus (3) die mittlere Spaltweite verringert und/oder die Innenfläche (32) des Steuerkonus (3) und/oder die Mantelfläche des Ankers (2) Vorsprünge beziehungsweise Absätze (31) aufweist.
5. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

- net, daß** der Steuerkonus (3) an seinem dem Anker (2) zugewandten Ende einen nach innen gerichteten Flansch (33) aufweist und/oder die Innenfläche (32) des Steuerkonus gegenüber dem Flansch (33) zurücksteht und/oder im Steuerkonus (3) an seinem dem Anker (2) abgewandten Ende ein topfartiger Konusboden (30) vorgesehen ist. 5
6. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Innendurchmesser des Konusbodens (30) und des Flansches (33) gleich oder unterschiedlich sind und/oder der Anker (2) auf seiner dem Steuerkonus (3) zugewandten Seite eine Dämpfungsscheibe (21), insbesondere aus nichtmagnetisierbaren Material trägt. 10 15
7. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das vordere Ende (20) des Ankers (2) eine Steuerkante (24) bildet und die Steuerkante (24) in der ersten Phase des Eintauchens mit dem Flansch (33) des Steuerkonus (3) und in der letzten Phase mit dem Rand beziehungsweise Absatz (31) des Konusbodens (30) zusammenwirkt. 20 25
8. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Tiefe des Konusbodens (30) mindestens die Dicke der Dämpfungsscheibe (21) beträgt und/oder der Anker (2) in seinem in den Steuerkonus (3) eintauchenden, vorderen Ankerbereich (20) eine Umfangsnut (27) aufweist und/oder der Anker (2) eine erste, vordere Steuerkante (28) aufweist und im hinteren Bereich der Nut (27) eine zweite, hintere Steuerkante (29) vorgesehen ist und/oder die beiden Steuerkanten (28, 29) jeweils mit dem vorderen Rand des Steuerkonus (3) zusammenwirken. 30 35
9. Elektromagnet nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Steuerkante (24, 28), insbesondere die erste Steuerkante (28) mit dem Boden des Steuerkonus (3), dem Konusboden (30) und/oder dem am Konusboden (30) angeordneten Absatz (31) zusammenwirkt und/oder der Anker (2) mit einer Ankerstange (6) zusammenwirkt und/oder zwischen Anker (2) und Ankerstange (6) ein Wegumsetzer (4) vorgesehen ist und/oder die Ankerstange (6) auf mindestens ein Dichtelement (81, 85) eines Ventiles (8) wirkt. 40 45 50
10. Druckregelventil, welches aus einem Elektromagneten nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche und einem mit dem Elektromagneten verbundenem Ventil besteht, wobei die Ankerstange einen, auch einen Dichtsitz verschließenden Dichtkörper trägt und die Stellung des Ankers die Stellung 55

des Dichtkörpers zum Dichtsitz regelt und die Ankerstange des Weiteren auf einen zweiten Dichtkörper wirkt, der im stromlosen Zustand des Elektromagneten einen zweiten Dichtsitz verschließt, wobei in der ersten Phase des Eintauchens des Ankers in den Steuerkonus die Ankerstange den zweiten Dichtkörper aus dem zweiten Dichtsitz herausdrückt.

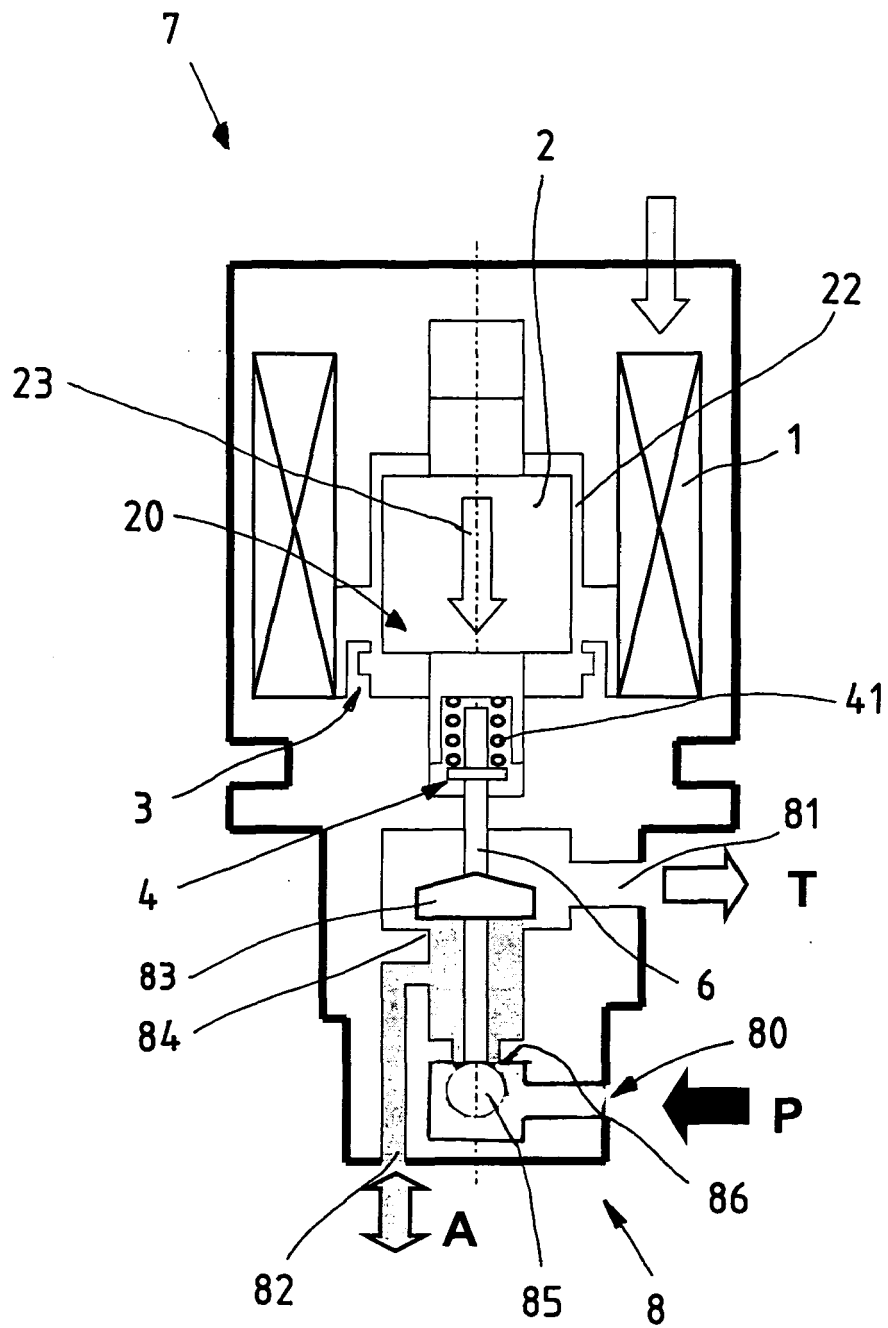


Fig.1

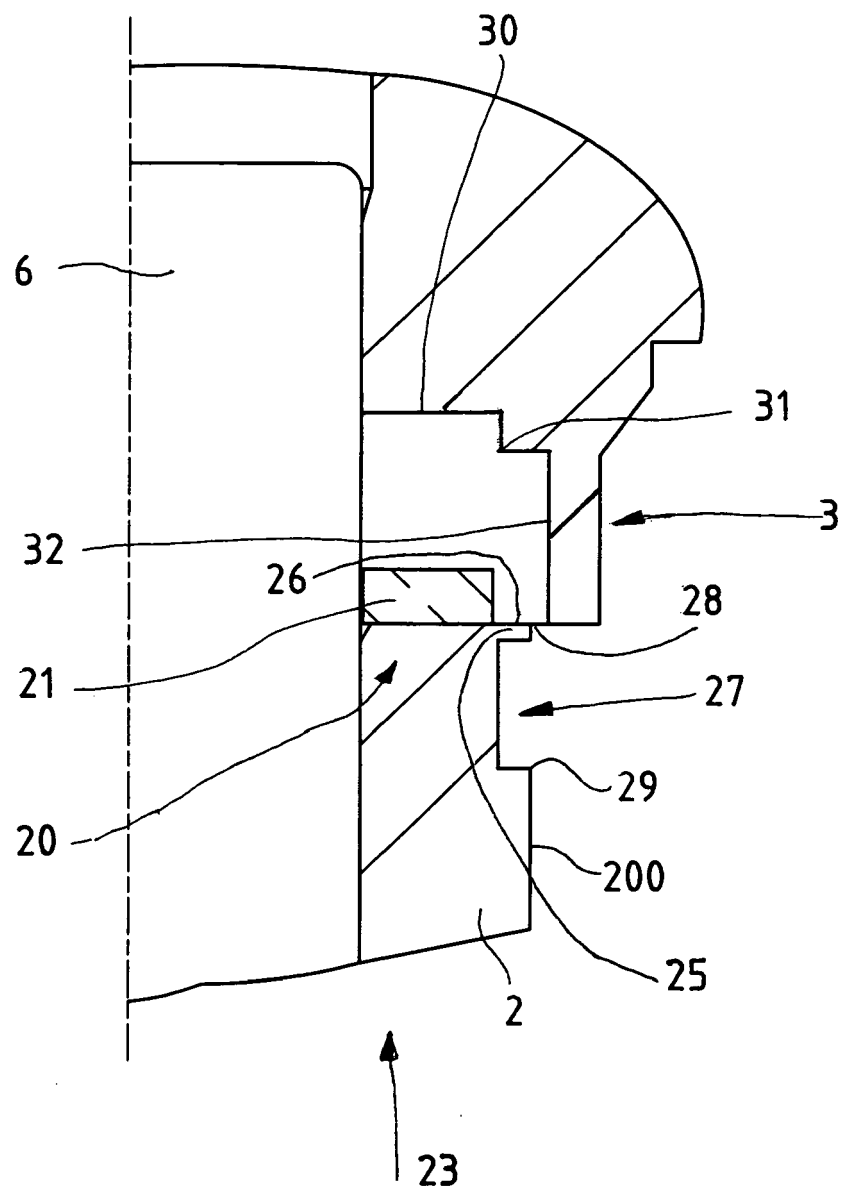


Fig.2a

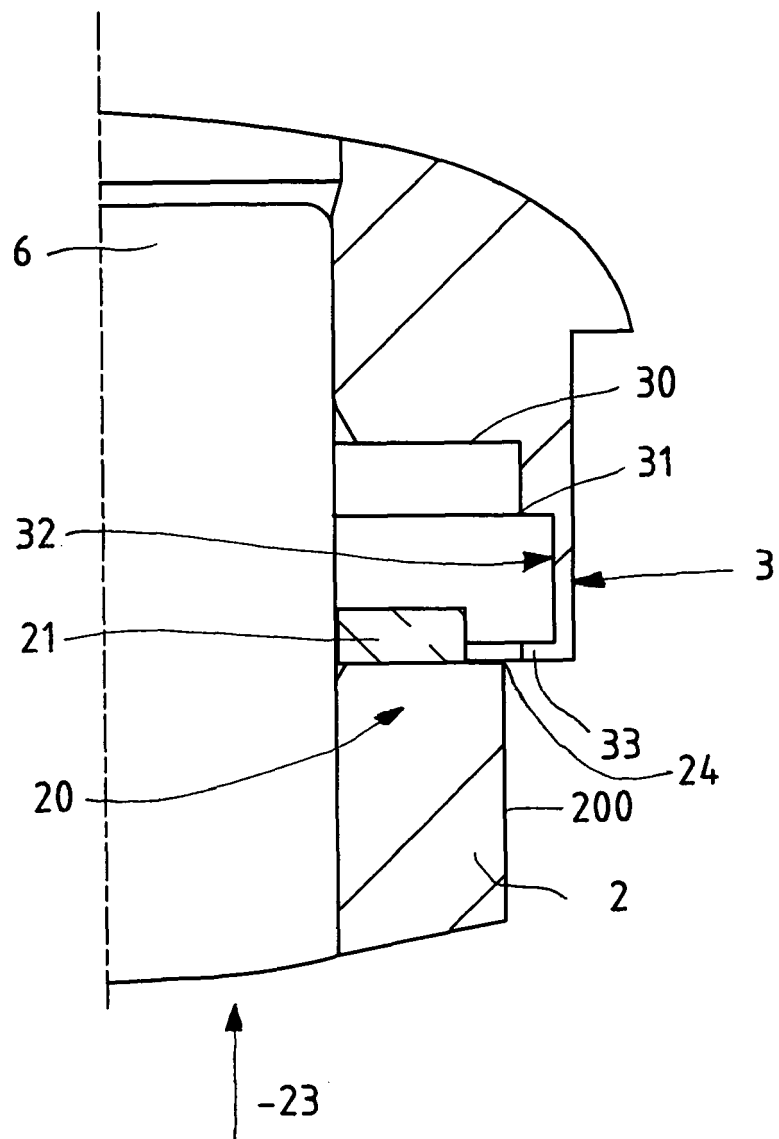


Fig.2b