(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 362 992 A1

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
19.11.2003 Patentblatt 2003/47

(51) Int Cl.[7]: **F01L 9/04**

(21) Anmeldenummer: **03009483.3**

(22) Anmeldetag: **26.04.2003**

(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 RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK

(30) Priorität: **13.05.2002 DE 10221134**

(71) Anmelder: **Bernheiden, Uwe**
88048 Friedrichshafen (DE)

(72) Erfinder: **Bernheiden, Uwe**
88048 Friedrichshafen (DE)

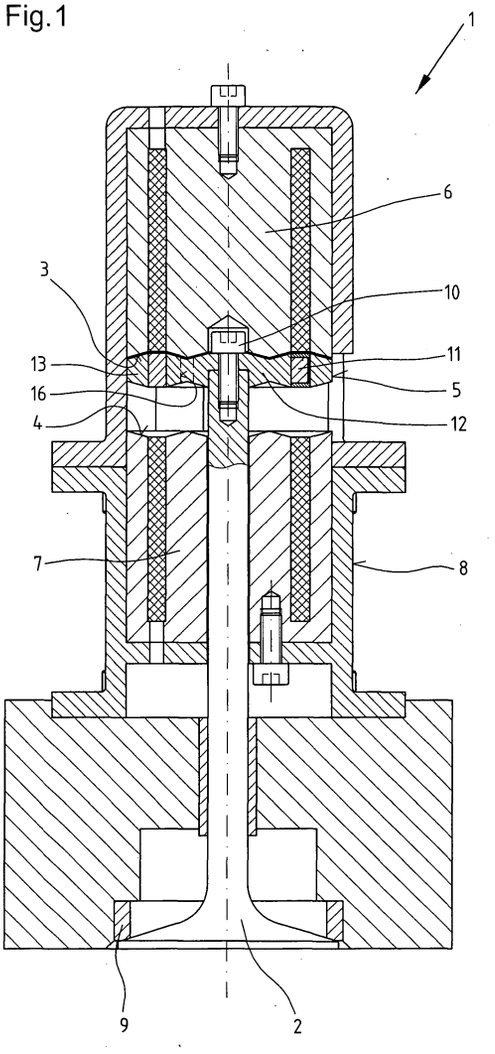
(74) Vertreter: **Engelhardt, Volker**
Engelhardt & Engelhardt
Patentanwälte
Montafonstrasse 35
88045 Friedrichshafen (DE)

(54) Elektromagnetischer Aktuator

(57) bei einem elektromagnetischen Aktuator (1), insbesondere für eine Ventilsteuerung, mit einem zwischen einem oberen und einem unteren Totpunkt (3, 4) beweglichen Anker (5 oder 5') und mit mindestens einem von Strom durchflossenen Elektromagneten (6, 7), durch den ein auf den Anker (5 oder 5') einwirkendes Magnetfeld erzeugbar ist, soll mittels einer einfachen Ansteuerung des Ankers (5, 5') die exakte Bewegung des Ventils (2) bewerkstelligt sein.

Dies wird dadurch erreicht, dass dem Anker (5 oder 5') mindestens ein Permanentmagnet (11) zugeordnet ist und daß der Anker (5 oder 5') zwischen dem oberen und dem unteren Totpunkt (3, 4) mittels Umpolung der Flußrichtung des Stroms, der an dem oder den Elektromagneten (6, 7) anliegt, antreibbar ist; vgl.

Fig.1



EP 1 362 992 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen elektromagnetischen Aktuator, insbesondere für eine Ventilsteuerung, mit einem zwischen einem oberen und einem unteren Totpunkt beweglichen Anker und mit mindestens einem von Strom durchflossenen Elektromagneten, durch den ein auf den Anker einwirkendes Magnetfeld erzeugbar ist.

[0002] Aus der DE 198 52 287 C2 ist ein elektromagnetischer Aktuator dieser Art bekannt. Der Anker bewegt sich dabei zwischen zwei elektromagnetischen Spulen hin und her. Um die Magnetfeldstärke zu erhöhen, sind in dem Anker ringförmig Nuten eingearbeitet, die im Bereich der Elektromagneten angeordnet sind und daher mit diesen zusammenwirken.

[0003] Als nachteilig bei dieser Ventilsteuerung hat sich gezeigt, daß die Elektromagneten lediglich wechselweise betrieben werden können, da anderenfalls ein Kräftegleichgewicht entsteht, so daß der Anker in einer vorgegebenen Position festgehalten ist. Die Anziehungskraft der beiden Elektromagnete ist gleich groß, so daß bei gleichzeitigem Betrieb der Elektromagnete der Anker zu dem Elektromagnet hingezogen wird, dessen Abstand am geringsten ist.

[0004] In der DE 44 39 695 C2 wird ein elektromagnetischer Aktuator dargestellt, dessen Anker eine sich verjüngende Mantelflächen aufweist. Der Elektromagnet ist seitlich neben dem Anker angeordnet.

[0005] In dem unteren Totpunkt wird der Anker durch einen Permanentmagneten gehalten, der somit als Haltemagnet dient. Falls der Anker durch den Elektromagneten erneut in den oberen Totpunkt gezogen werden soll, ist zunächst der Permanentmagnet abzuschalten.

[0006] Als nachteilig bei dieser Ventilsteuerung ist anzusehen, daß zusätzlich zu der Steuerung des Elektromagneten noch die Steuerung des Permanentmagneten zu bewerkstelligen ist. Dabei ist die Abschaltung des Permanentmagneten zeitlich exakt zu koppeln an die Ansteuerung des Elektromagneten, da anderenfalls der Anker in der unteren Position festgehalten wird.

[0007] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, einen elektromagnetischen Aktuator der eingangs genannten Gattung derart weiterzubilden, daß mittels einer einfachen Ansteuerung des Ankers die exakte Bewegung des Ventils bewerkstelligt ist und daß bei geringem Stromverbrauch auf den Anker eine optimal ausgenutzte Magnetkraft einwirkt.

[0008] Diese Aufgaben werden erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß dem Anker mindestens ein Permanentmagnet zugeordnet ist und daß der Anker zwischen dem oberen und dem unteren Totpunkt mittels Umpolung der Flußrichtung des Stroms, die an dem oder den Elektromagneten anliegt, angetrieben wird.

Um die Magnetfeldstärke, die auf den Anker einwirkt, optimal auszunutzen, ist es zweckmäßig, in dem oberen und dem unteren Totpunkt des Ankers jeweils einen der Elektromagnete anzuordnen und die beiden Elektromagnete mit Strom von gleicher Polarität zu beaufschlagen.

[0009] Dadurch, daß die Ober- und/oder die Unterseite des Ankers im Querschnitt wellenförmig ausgebildet ist, oder daß in dessen Ober- und/oder Unterseiten ringförmig verlaufende Einkerbungen eingearbeitet sind und daß die Oberflächen der Elektromagnete an die Ober- und die Unterseitenkonturen des Ankers angepasst sind, ist gewährleistet, daß der Verlauf der Magnetfeldlinien der Elektromagnete senkrecht auf die Ober- und/oder Unterseite des Ankers auftreffen, so daß die Anziehungs- bzw. Abstoßungskraft der Elektromagnete optimal auf die Ober- und die Unterseite des Ankers einwirken.

[0010] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0011] Bei der Erfindung ist es besonders vorteilhaft, daß der Anker von einem Elektromagneten angezogen und gleichzeitig von dem anderen Elektromagneten abgestoßen wird. Folglich wirken auf den Anker beide Magnetkräfte, denn die Magnetfeldstärken beider Elektromagnete werden physikalisch addiert. Demnach ist ein wesentlich geringerer Stromverbrauch für den Betrieb der Ventilsteuerung notwendig.

[0012] Darüber hinaus ist es auch möglich, den Abstand zwischen den Elektromagneten zu vergrößern, denn der Anker kann auch außerhalb des Wirkungsbereichs eines der Elektromagnete in einem oberen oder unteren Totpunkt angeordnet sein und trotzdem durch die Abstoßung des ihm am nächsten liegenden Elektromagneten wieder in Richtung des anderen Elektromagneten gestoßen werden, um im Verlauf dieser Bewegung in das elektromagnetische Feld des anderen Elektromagneten hineinzugelangen.

[0013] Des weiteren ist die Ausbildung des Ankers, insbesondere dessen Ober- und Unterseite derart gewählt, daß die von den Elektromagneten erzeugten Magnetfeldlinien möglichst senkrecht auf der Oberfläche des Ankers auftreffen, so daß der Anker mit einer optimalen in Richtung der Längsachse der Ventilsteuerung ausgerichteten Bewegungskraft beaufschlagt ist. Des weiteren soll der Anker leicht bauen, so dass die Beschleunigungskräfte minimiert sind. Auch der Luftwiderstand des Ankers ist gering zu halten. Dies wird dadurch bewerkstelligt, dass in den Anker eine Vielzahl von Durchgangsbohrungen oder Ausnehmungen eingearbeitet sind.

[0014] Bekanntlich steigt die Magnetkraft der Elektromagnete mit kleiner werdendem Luftspalt zwischen dem Anker und dem Elektromagneten expotentiell an. Mittels der erfindungsgemäßen Ansteuerung des Permanentmagneten ist es möglich, den Anker vor dem Auftreffen auf den Ventilsitz bzw. Anschlag abzubremsen, so daß die Auftreffgeschwindigkeit des Ankers nahezu null ist. Dies reduziert den Geräuschpegel und vermindert den Verschleiß. Die effektive Umpolung der entsprechenden Elektromagnete bremst demnach die Anker rechtzeitig ab.

[0015] In der Zeichnung ist ein erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel dargestellt, das nachfolgend näher erläutert wird. Im einzelnen zeigt:

Figur 1 einen elektromagnetischen Aktuator mit zwei Elektromagneten, zwischen denen ein Anker zum Antrieb einer Ventilsteuerung angeordnet ist,

Figur 2 einen vergrößerten Ausschnitt des Bewegungsspielraumes des Ankers gemäß Figur 1 in einem unteren Totpunkt,

Figur 3 einen vergrößerten Ausschnitt des Bewegungsspielraumes des Ankers gemäß Figur 1 in einem oberen Totpunkt,

Figur 4a den Anker gemäß Figur 1 in Draufsicht mit einer Vielzahl von Durchgangsbohrungen bzw. zwei Ausnehmungen und

Figur 4b den Anker gemäß Figur 1 mit einer rechteckförmigen Außenkontur.

[0016] In Figur 1 ist ein elektromagnetischer Aktuator 1 zum Antrieb und zur Steuerung eines Ventils 2, das zwischen einem oberen Totpunkt 3 und einem unteren Totpunkt 4 beweglich ist, gezeigt. Wenn das Ventil 2 in seinem Ventilsitz 9 anliegt und somit die Ventilöffnung verschließt, befindet sich das gegenüberliegende Ende des Ventils 2, also das freie Ende des Ventilschafts, im oberen Totpunkt 3.
Für den Antrieb und die Steuerung des Ventils 2 ist an den Ventilschaft ein Anker 5 mittels einer Schraube 10 fest angebracht. Der Anker 5 bewegt sich folglich zwischen dem oberen Totpunkt 3 und dem unteren Totpunkt 4 mittels Magnetfeldkraft, die von zwei Elektromagneten 6 und 7 erzeugt wird, hin und her. Der obere Elektromagnet 6 ist somit dem oberen Totpunkt 3 und der untere Elektromagnet 7 ist dem unteren Totpunkt 4 zugeordnet. Der elektromagnetische Aktuator 1 und dessen Bauteile werden von einem Gehäuse 8 eingeschlossen, das dreigeteilt ausgebildet ist.
Die Stromzuführung zu den Elektromagneten 6 und 7 und deren Ansteuerung ist nicht dargestellt.

[0017] Insbesondere den Figuren 2 und 3 kann entnommen werden, daß die Ober- und die Unterseite des Ankers 5 im Querschnitt wellenförmig ausgebildet ist. Dadurch, daß der Anker 5 mit sehr geringem Abstand dem oberen bzw. unteren Elektromagneten 6 oder 7 anliegt, sind die beiden Elektromagneten 6 und 7 an die Kontur der Oberund Unterseite des Ankers 5 angepaßt. Die Ober- und Unterseitenkontur des Ankers 5 führt dazu, daß die von den Elektromagneten 6 und 7 erzeugten Magnetfeldlinien nahezu senkrecht auf die Ober- und Unterseite des Ankers 5 auftreffen, so daß die auf den Anker 5 einwirkende magnetische Kraft optimal von dem Anker 5 aufgenommen ist, so daß lediglich geringe Verluste der Bewegungsenergie des erzeugten Magnetfeldes entstehen.

[0018] Aus Figur 4a ist ersichtlich, daß der Anker 5 aus einem Innenring 12 und einem Außenring 13 besteht, zwischen denen ein Ringraum 15 vorgesehen ist. In dem Ringraum 15 sind fünfzehn Permanentmagnete 11 eingesteckt. Zwischen zwei benachbarten Permanentmagneten 11 ist jeweils ein Polring 14 angeordnet. Die Permanentmagneten 11 und die Polringe 14 sind in dem Ringraum 15 eingepreßt, so daß durch diese der Innenring 12 und der Außenring 13 fest miteinander verbunden sind. Die Höhe des Ankers 5 in seinem Querschnitt entspricht der Höhe der Permanentmagneten 11 und der Polringe 14, so daß diese aus dem Anker 5 nicht herausragen.

[0019] Des weiteren sind in der linken Querschnittshälfte des Ankers 5 eine Vielzahl von Durchgangsbohrungen 16 und auf der rechten Querschnittshälfte des Ankers 5 zwei Ausnehmungen 16' eingearbeitet. Die Längsachse der Durchgangsbohrungen 16 bzw. der Ausnehmungen 16' sind parallel zu der Bewegungsrichtung des Ankers 5 ausgerichtet. Mit dieser konstruktiven Maßnahme ist gewährleistet, dass zum einen der Anker 5 leicht baut, da Material eingespart ist und zum anderen ist der Luftwiderstand während der Beschleunigung- und Bewegungsphase des Ankers 5 minimiert, denn die im Ankerraum befindliche Luft kann durch die Durchgangsbohrungen 16 bzw. die Ausnehmungen 16' gelangen, ohne dass der Anker 5 in seiner Bewegungsfreiheit durch einen erhöhten Luftdruck behindert wird.

[0020] In Figur 4b ist der Anker 5' rechteckförmig ausgebildet. Eine solche Außenkontur wird insbesondere dann gewählt, wenn der Aktuator 1 platzsparend untergebracht werden soll.

[0021] Um die Wirbelströme in den Elektromagneten 6 und 7 zu reduzieren, sind diese aus einer Vielzahl von metallischen Scheiben 17 aufgebaut, wie dies insbesondere schematisch Figur 3 entnommen werden kann. Die Scheiben 17 sind dabei strichpunktiert dargestellt und fest miteinander verbunden.

[0022] Die Funktionsweise des elektromagnetischen Aktuators 1 für den Antrieb und zur Steuerung des Ventils 2 ist wie folgt:

[0023] Durch die beiden Elektromagnete 6 und 7 fließt Strom gleicher Polarität, der jedoch wechselweise umgepolt wird. Somit ist der Verlauf des Magnetfeldes des oberen Elektromagneten 6 identisch mit dem Verlauf des Magnetfeldes des unteren Elektromagneten 7. Dadurch, daß in dem Anker 5 oder 5'eine Vielzahl von Permanentmagneten 11 angeordnet sind, deren Nord-Süd-Ausrichtung identisch ist, werden die von dem oberen Elektromagneten 6 angezogen und von dem unteren Elektromagneten 7 abgestoßen, wenn der Anker 5 oder 5' in dem unteren Totpunkt 4 liegt. Ist der Anker 5 oder 5' dagegen im oberen Totpunkt 3 angeordnet, wird die Polarität der Elektromagneten 6 und 7 umgekehrt geschaltet. Diesen Schaltvorgang übernimmt eine nicht dargestellte Steuerung.

[0024] Der Anker 5 oder 5' wird folglich von einem Magnetfeld des einen Elektromagneten 6 angezogen und gleichzeitig von dem Magnetfeld des anderen Elektromagneten 7 abgestoßen, so daß sich die Bewegungskräfte, die auf den Anker 5 oder 5' einwirken, der Magnetfelder der beiden Elektromagneten 6 und 7 physikalisch addieren, und zwar in Abhängigkeit von dem Abstand des Ankers 5 oder 5' zu den beiden Elektromagneten 6, 7.

[0025] Folglich ist es auch denkbar, lediglich einen Elektromagneten 6 zu verwenden, der den Anker 5 oder 5' sowohl anzieht als auch abstößt, und zwar in Abhängigkeit von der Position des Ankers 5 oder 5'. Darüber hinaus kann der Abstand zwischen dem oberen und dem unteren Totpunkt 3 und 4 derart groß ausgebildet sein, daß der Anker 5 oder 5' zunächst lediglich von einem Magnetfeld der Elektromagneten 6 oder 7 beaufschlagt wird und erst nachdem der Luftspalt zwischen dem nächstliegenden Elektromagneten 6 oder 7 durch die Abstoßung des Ankers 5 oder 5' vergrößert würde, in das Anziehungsmagnetfeld des anderen Elektromagneten 6 oder 7 eintritt.

Patentansprüche

1. Elektromagnetischer Aktuator (1), insbesondere für eine Ventilsteuerung mit einem zwischen einem oberen und einem unteren Totpunkt (3, 4) beweglichen Anker (5 oder 5') und mit mindestens einem von Strom durchflossenen Elektromagneten (6, 7), durch den ein auf den Anker (5 oder 5') einwirkendes Magnetfeld erzeugbar ist,
dadurch gekennzeichnet,
daß dem Anker (5 oder 5') mindestens ein Permanentmagnet (11) zugeordnet ist und daß der Anker (5 oder 5') zwischen dem oberen und dem unteren Totpunkt (3, 4) mittels Umpolung der Flußrichtung des Stroms, der an dem oder den Elektromagneten (6, 7) anliegt, antreibbar ist.

2. Elektromagnetischer Aktuator nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß in dem oberen und dem unteren Totpunkt (3, 4) des Ankers (5 oder 5') jeweils einer der Elektromagnete (6, 7) angeordnet ist.

3. Elektromagnetischer Aktuator nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß durch die beiden Elektromagneten (6, 7) Strom gleicher Polarität fließt und daß der Strom für die Elektromagneten (6, 7) zur Änderung der Bewegungsrichtung des Ankers (5 oder 5') umgepolt wird

4. Elektromagnetischer Aktuator nach einem oder mehreren der vorgenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Ober- und/oder die Unterseite des Ankers (5 oder 5') im Querschnitt wellenförmig ausgebildet sind oder daß in dessen Ober- und/oder Unterseite ringförmig verlaufende Einkerbungen eingearbeitet sind und daß die Oberflächen der Elektromagneten (6, 7) an die Ober- und Unterseitenkonturen des Ankers (5 oder 5') angepaßt sind.

5. Elektromagnetischer Aktuator nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß das von den Elektromagneten (6, 7) erzeugte Magnetfeld senkrecht auf der Ober- und Unterseite des Ankers (5 oder 5') auftrifft und durch diesen senkrecht austritt.

6. Elektromagnetischer Aktuator nach einem oder mehreren der vorgenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß eine Vielzahl von Permanentmagneten (11) ringförmig in dem Anker (5 oder 5') eingebettet sind und daß die Länge der einzelnen Permanentmagnete (11) der Dicke des Ankers (5 oder 5') entspricht.

7. Elektromagnetischer Aktuator nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß jeweils zwischen zwei benachbarten Permanentmagneten (11) ein Polring (14) vorgesehen ist.

8. Elektromagnetischer Aktuator nach einem oder mehreren der vorgenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Anker (5 oder 5') aus einem Innenring (12) und einem diesen umschließenden Außenring (13) gebildet ist, daß zwischen dem Innen- und dem Außenring (12, 13) ein Ringraum (15) vorgesehen ist und daß in den Ringraum (15) der oder die Permanentmagnete (11) angeordnet sind, die fest mit dem Innen- und dem Außenring (12, 13) des Ankers (5 oder 5') verbunden sind.

9. Elektromagnetischer Aktuator nach einem oder mehreren der vorgenannten Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Vielzahl von Permanentmagneten (11) in identischer Nord-Süd-Richtung im Anker (5 oder 5') ausgerichtet sind.

10. Elektromagnetischer Aktuator nach einem oder mehreren
der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
daß in den Anker (5 oder 5') eine Vielzahl von Durchgangsbohrungen (16) oder Ausnehmungen (16') eingearbeitet sind, deren Längsachse parallel zu der Bewegungsrichtung des Ankers (5 oder 5') verläuft.

11. Elektromagnetischer Aktuator nach einem oder

mehreren
der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Anker (5 oder 5') und die Elektromagnete (6, 7) rund oder rechteckig ausgebildet sind.

12. Elektromagnetischer Aktuator nach einem oder mehreren
der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Elektromagnete (6, 7) aus einer Vielzahl von fest miteinander verbundenen Scheiben (17) bestehen.

Fig.1

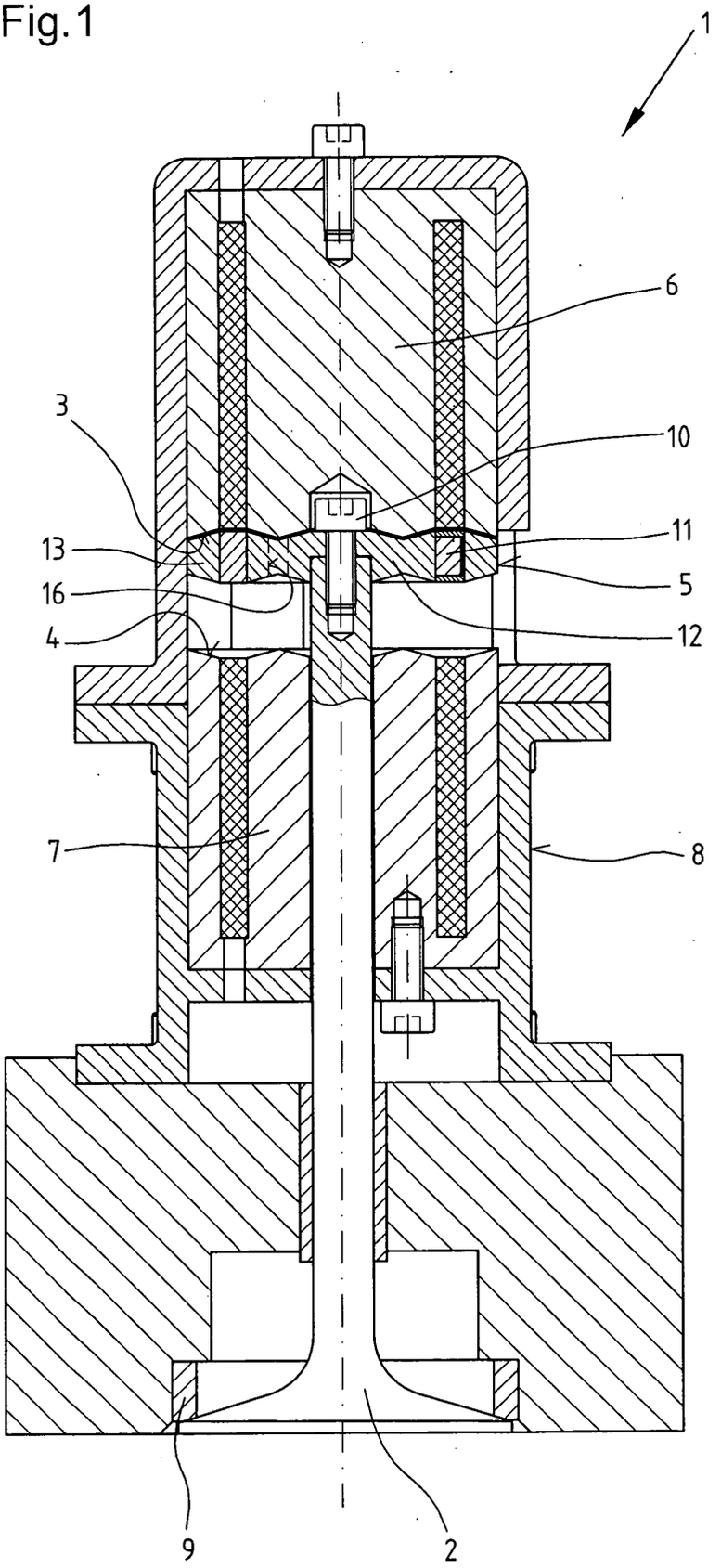


Fig.2

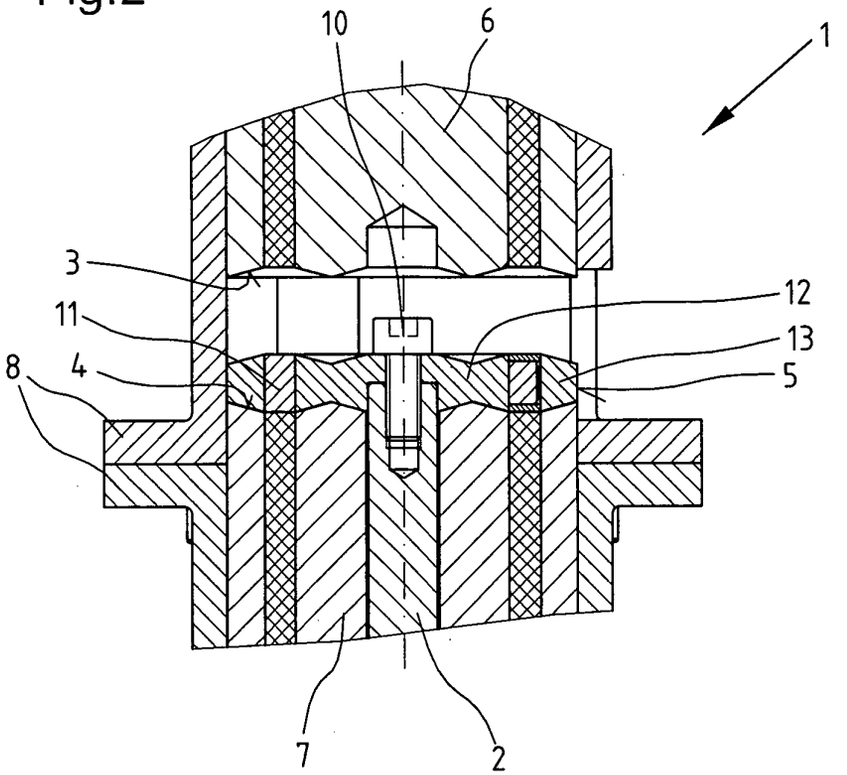
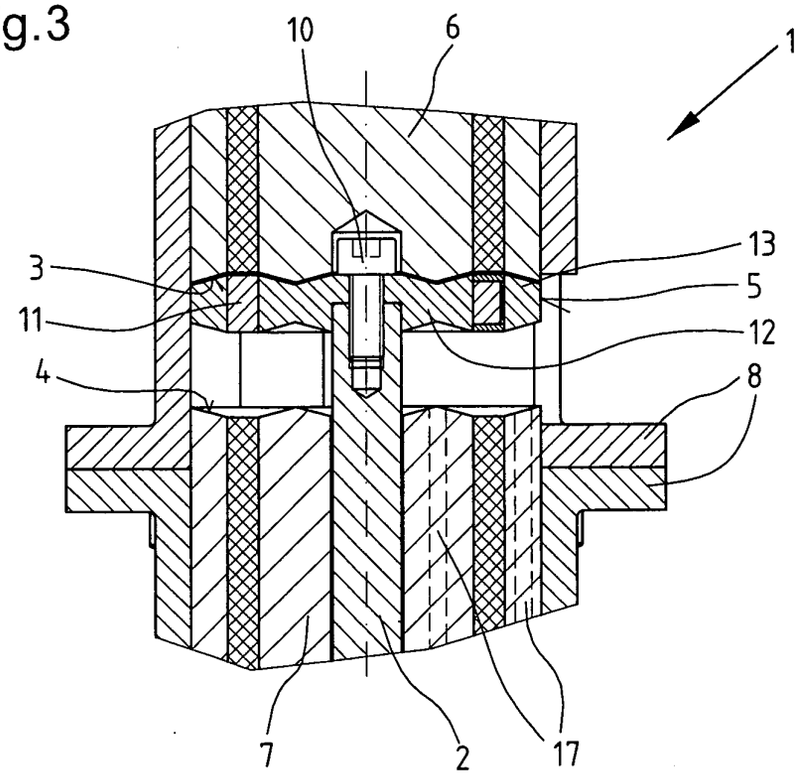


Fig.3



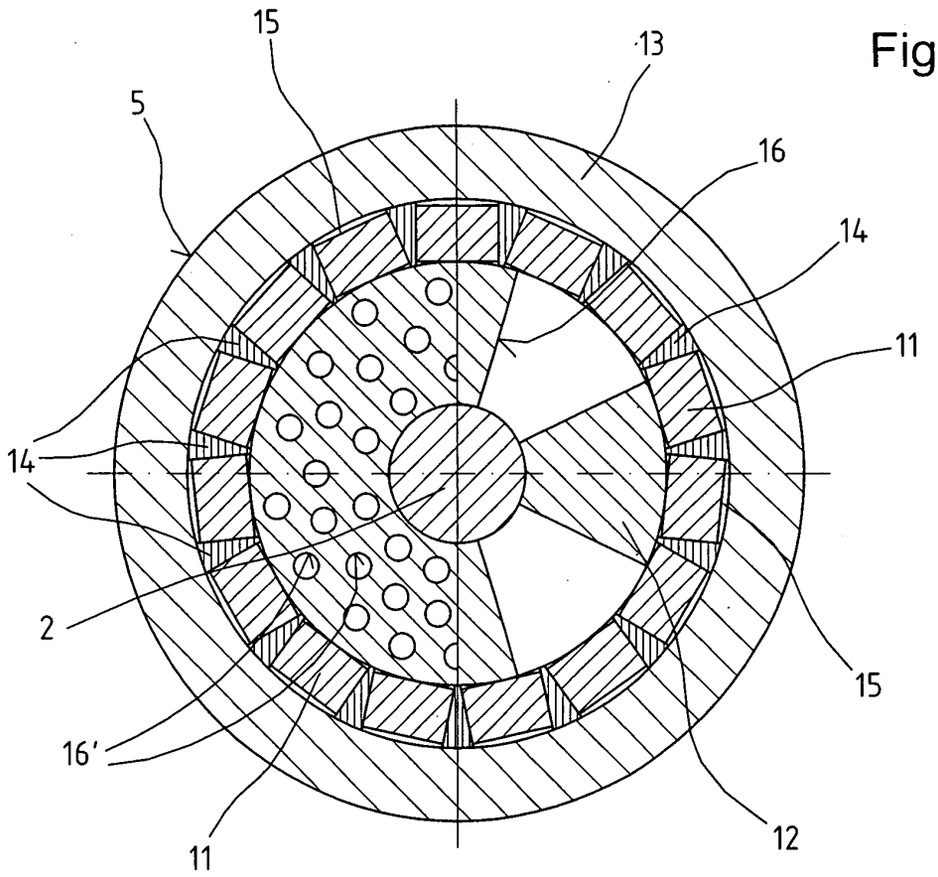
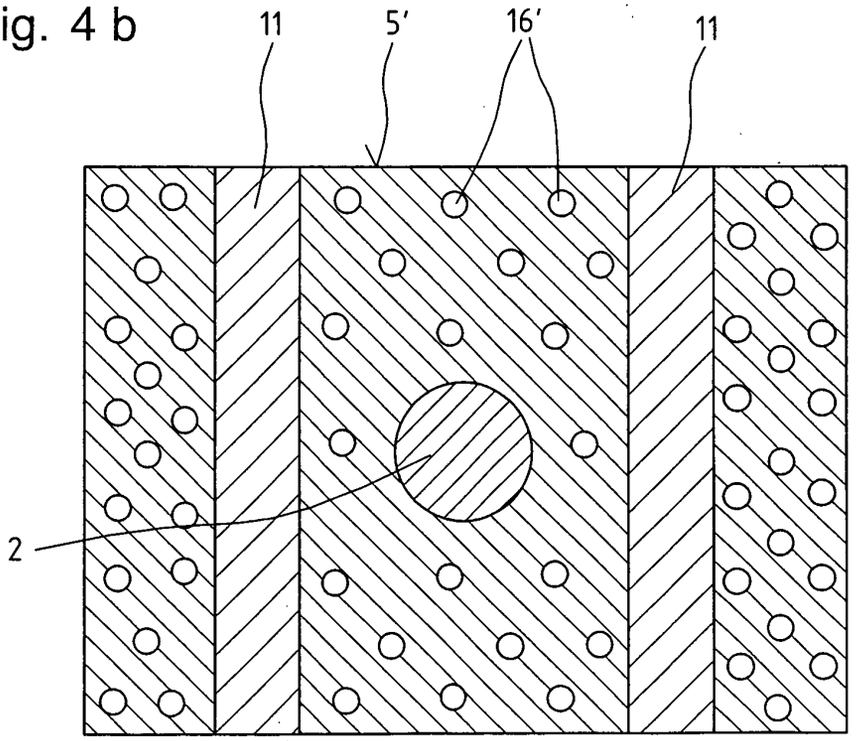


Fig. 4 a

Fig. 4 b



Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 03 00 9483

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	DE 100 03 928 A (DAIMLER CHRYSLER AG) 7. Juni 2001 (2001-06-07) * das ganze Dokument *	1-3,8,11	F01L9/04
X	US 4 533 890 A (PATEL BALKRISHNA R) 6. August 1985 (1985-08-06) * das ganze Dokument *	1-3,11	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 22, 9. März 2001 (2001-03-09) & JP 2001 123808 A (NIPPON PISTON RING CO LTD), 8. Mai 2001 (2001-05-08) * Zusammenfassung; Abbildungen 4,5 *	1	
A	US 6 308 667 B1 (TSAI HONG ET AL) 30. Oktober 2001 (2001-10-30) * das ganze Dokument *	4	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			F01L

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
DEN HAAG	25. Juli 2003	Klinger, T

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie,übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 03 00 9483

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

25-07-2003

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10003928 A	07-06-2001	DE 10003928 A1	07-06-2001
US 4533890 A	06-08-1985	KEINE	
JP 2001123808 A	08-05-2001	KEINE	
US 6308667 B1	30-10-2001	EP 1190162 A1 WO 0181733 A1	27-03-2002 01-11-2001

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82