

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
16. Dezember 2010 (16.12.2010)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/142633 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F04D 27/02 (2006.01) F04D 29/056 (2006.01)
F04D 29/58 (2006.01) F04D 19/04 (2006.01)
F04D 29/058 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/057902

(22) Internationales Anmeldedatum:
7. Juni 2010 (07.06.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 024 337.2 9. Juni 2009 (09.06.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **OERLIKON LEYBOLD VACUUM GMBH**
[DE/DE]; Bonner Str. 498, 50968 Köln (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HENRY, Markus**
[DE/DE]; Heinrich-Lersch-Str. 1a, 51109 Köln (DE).
HÖLZER, Rainer [DE/DE]; Lortzingstr. 93, 50354
Hürth (DE). **SCHNACKE, Ernst** [DE/DE]; Merheimer
Str. 165, 50733 Köln (DE).

(74) Anwalt: **von Kreisler Selting Werner**; Deichmannhaus
am Dom, Bahnhofsvorplatz 1, 50667 Köln (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG,
NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,
IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: VACUUM PUMP

(54) Bezeichnung : VAKUUMPUMPE

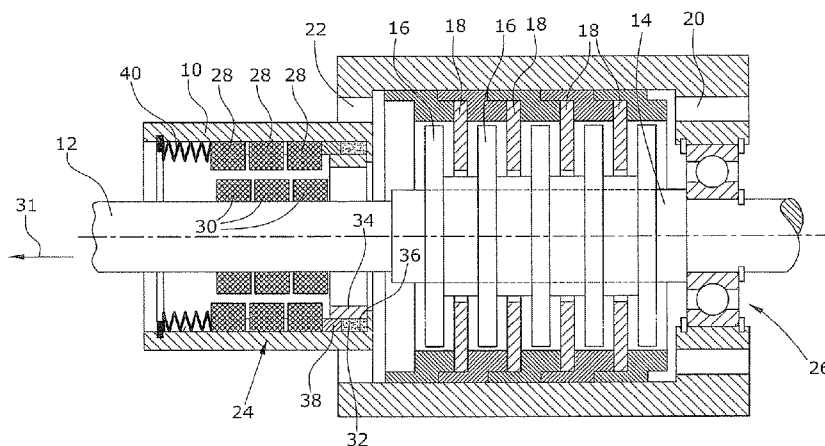


Fig.1

(57) Abstract: The invention relates to a vacuum pump, such as a turbomolecular pump, comprising a pump element (14), which is carried by a shaft (12). The shaft (12) is supported in a pump housing (10) by means of a first bearing arrangement (24) and a second bearing arrangement (26). In order to compensate different thermal expansions of the shaft (12) and of the pump housing (10) occurring during operation, the first bearing arrangement (24) comprises a compensating element (32) for at least partially compensating axial movements.

(57) Zusammenfassung: Eine Vakuumpumpe wie eine Turbomolekularpumpe weist ein Pumpelement (14) auf, das von einer Welle (12) getragen wird. Die Welle (12) ist in einem Pumpengehäuse (10) mittels einer ersten Lageranordnung (24) und einer zweiten Lageranordnung (26) gelagert. Zur Kompensation von im Betrieb auftretenden unterschiedlichen Wärmeausdehnungen der Welle (12) sowie des Pumpengehäuses (10) weist die erste Lageranordnung (24) zur zumindest teilweisen Kompensation axialer Verschiebungen ein Kompensationselement (32) auf.



WO 2010/142633 A1



Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Unser Zeichen: 100959WO KB/so

Ihr Zeichen: P09.10

07.06.2010

Vakuumpumpe

Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere eine Turbomolekularvakuumpumpe.

Vakuumpumpen weisen in einem Pumpengehäuse ein Pumpelement auf, bei dem es sich bei Turbomolekularpumpen um einen Pumpenrotor handelt. Das Pumpelement ist von einer Welle getragen. Die Welle ist durch zwei Lageranordnungen im Pumpengehäuse gelagert. Üblicherweise erfolgt die Lagerung über ein Los-Lager und ein Fest-Lager. Über das Los-Lager, das insbesondere als passives Magnetlager ausgeführt sein kann, erfolgt eine axiale Vorspannung des Fest-Lagers, bei dem es sich entweder ebenfalls um ein Magnetlager oder um ein Kugellager handelt. Aufgrund der unterschiedlichen Wärmeausdehnung des die einen Lagerelemente tragenden Pumpengehäuses und der die anderen Lagerelemente tragenden Welle wird eine Axialverschiebung hervorgerufen. Dies hat zur Folge, dass beispielsweise bei einem als Kugellager ausgebildeten Fest-Lager und einem als Magnetlager ausgebildeten Los-Lager eine axiale Verschiebung der beiden Lagerelemente des Magnetlagers hervorgerufen wird. Aufgrund dieser axialen Verschiebung der beiden Lagerelemente des Magnetlagers ändert sich dessen Axialkraft. Dies hat zur Folge, dass sich die axiale Vorspannung in dem Fest-Lager über den Betriebszustand verändert. Hierbei können negative Betriebszustände auftreten, bei denen z. B. keine axiale Vorspannkraft mehr auf das Fest-Lager wirkt.

- 2 -

Bei Turbomolekularpumpen kann eine Erwärmung auf bis zu 130°C erfolgen. In Abhängigkeit insbesondere des Temperaturunterschiedes zwischen der Welle und dem Pumpengehäuse sowie der verwendeten Materialien können erhebliche Verschiebungen in axialer Richtung auftreten. Beispielsweise kann eine hybridgelagerte Turbomolekularpumpe eine radiale Steifigkeit des Magnetlagers in der Größenordnung von 300N/mm erfordern. Hierdurch würde eine axiale Steifigkeit von ca. 600N/mm erzeugt. Bereits aufgrund einer Axialverschiebung von 0,2mm würde sich die zuvor eingestellte axiale Lagerkraft um ca. 200N verändern.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vakuumpumpe zu schaffen, bei der über den gesamten Betriebszustand auf das Fest-Lager eine axiale Vorspannkraft, vorzugsweise eine im Wesentlichen konstante axiale Vorspannkraft wirkt.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1.

Erfindungsgemäß weist eine erste Lageranordnung der beiden die Welle tragenden Lageranordnungen, zur zumindest teilweisen Kompensation der axialen Verschiebung, zwischen dem mit dem Pumpengehäuse verbundenen Lagerelement und dem mit der Welle verbundenen Lagerelement ein Kompensationselement auf. Durch Vorsehen eines derartigen Kompensationselements, das eine aufgrund der Wärmeausdehnung hervorgerufene Verschiebung der Lagerelemente zueinander zumindest teilweise kompensiert, ist es möglich, die auf das Fest-Lager wirkende axiale Vorspannung während des gesamten Betriebszustandes möglichst konstant zu erhalten. Insbesondere ist es bei einer geeigneten Wahl des Materials des Kompensationselements möglich, die axiale Verschiebung im Wesentlichen vollständig zu kompensieren, so dass die auf das Fest-Lager wirkende axiale Vorspannkraft im Wesentlichen über den Gesamtbetriebszustand konstant bleibt.

Das Kompensationselement ist vorzugsweise erfindungsgemäß derart angeordnet, dass es nur auf eines der beiden Lagerelemente wirkt. Hierbei kann durch Untersuchungen ermittelt werden, welches der beiden Lagerelemente eine größere axiale Verschiebung durchführt, so dass das Kompensationselement auf dieses Lager eine entgegengerichtete Axialkraft ausübt. Bei Vakuumpumpen, insbesondere Turbomolekularpumpen ist die axiale Ausdehnung der den oder die Rotoren tragenden Welle üblicherweise größer als die entsprechende Ausdehnung des Pumpengehäuses. Durch das erfindungsgemäße Vorsehen eines auf eines der beiden Lagerelemente wirkenden Kompensationselemente kann die unterschiedliche axiale Ausdehnung der Welle und des Pumpengehäuses zumindest teilweise, insbesondere im Wesentlichen vollständig kompensiert werden. Hierbei ist es bei einer ersten Ausführungsform möglich, das Kompensationselement derart anzuordnen, dass es auf das mit dem Pumpengehäuse verbundene Lagerelement einwirkt. Sofern die axiale Ausdehnung der Welle größer ist als diejenige des Pumpengehäuses erfolgt somit eine Art Nachführen des mit dem Pumpengehäuse verbundenen Lagerelements. Die aufgrund der Wärmeausdehnung des Rotors erfolgende Verschiebung des mit der Welle verbundenen Lagerelements und die durch das Kompensationselement hervorgerufene Verschiebung des mit dem Gehäuse verbundenen Lagerelements ist hierbei in die gleiche Richtung gerichtet.

Ebenso ist es möglich, das Kompensationselement derart anzuordnen, dass es auf das mit der Welle verbundene Lagerelement wirkt. Wenn die axiale Ausdehnung der Welle wiederum größer ist als die des Gehäuses wirkt das Kompensationselement der durch die Wärmeausdehnung der Welle hervorgerufene Verschiebung des mit der Welle verbundenen Lagerelements entgegen.

Gegebenenfalls ist auch das Vorsehen von zwei Kompensationselementen möglich, wobei ein Kompensationselement auf das mit der Welle verbundene

Lagerelement und das andere Kompensationselement auf das mit dem Gehäuse verbundene Lagerelement einwirkt. Die Kompensationsrichtung der beiden Kompensationselemente sind hierbei in entgegengesetzte Richtung gerichtet. Eine derartige Anordnung hat den Vorteil, dass die durch das jeweilige Kompensationselement hervorzurufende axiale Verschiebung des jeweiligen Lagerelements geringer ist, da die beiden Lagerelemente in einander entgegengesetzte Richtungen verschoben werden, so dass durch jedes der beiden Kompensationselemente nur ein Teil der axialen Kompensation realisiert werden muss.

Das Kompensationselement ist hierbei wie auch die Lagerelemente vorzugsweise ringförmig angeordnet, insbesondere ringförmig ausgebildet. Besonders bevorzugt ist es hierbei, ein Kompensationselement einzusetzen, das ein Material aufweist, das im Wesentlichen einen insbesondere hohen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist. Bei einer Anordnung in einem allseits durch Materialien hoher Steifigkeit begrenzten Volumen, d.h. einem in einer geschlossenen Kammer angeordneten Kompensationselement eignet sich Kompensationsmaterial mit isotropem Wärmeausdehnungsverhalten. Hierbei sind als Materialien insbesondere Polymere geeignet. Befindet sich das Kompensationselement nicht in einer geschlossenen Kammer, sondern ist insbesondere in radialer Richtung nicht begrenzt, ist es bevorzugt, dass das Kompensationsmaterial ein anisotropes Material aufweist, insbesondere aus anisotropem Material besteht. Hierbei ist das Material derart ausgebildet bzw. angeordnet, dass es in Längsrichtung bzw. in axialer Richtung der Welle einen hohen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist und gleichzeitig in radialer Richtung eine hohe Steifigkeit aufweist und gleichzeitig die Wärmeausdehnung in radialer Richtung klein ist. Geeignet ist als derartiges Kompensationselement beispielsweise eine in Umfangsrichtung gewickelte CFK-Hülse. Bei dem Kompensationsmaterial kann es sich auch um geeignete pastöse oder fluide Materialien handeln.

Insbesondere handelt es sich bei dem Kompensationselement um einen insbesondere aus elastomerem Material hergestellten Ring oder einzelne entlang einer Kreislinie angeordnete, das Kompensationselement ausbildenden Einzelteile.

Besonders bevorzugt ist es, das Material des Kompensationselements in Abhängigkeit der im Betriebszustand auftretenden axialen Verschiebung derart auszuwählen, dass durch den Wärmeausdehnungskoeffizienten des Materials des Kompensationselements, im Wesentlichen über den gesamten Betriebszustand die erforderliche Vorspannkraft auf das Fest-Lager aufrecht erhalten bleibt. Hierzu ist eine geeignete Materialwahl des Kompensationselements bevorzugt, wobei das Material einen entsprechenden Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist. Im Temperaturbereich von 0°C bis 120°C soll der Wärmeausdehnungskoeffizient des Kompensationsmaterials größer sein als der Wärmeausdehnungskoeffizient des Wellenmaterials. Der Wärmeausdehnungskoeffizient und die axiale Ausdehnung des Kompensationselements werden hierbei vorzugsweise so bemessen, dass eine zulässige Axialkraftänderung nicht überschritten wird. Für zulässig kann beispielsweise eine Axialkraftänderung von 50% des Anfangswertes bei 20°C festgelegt werden.

Um eine radiale Ausdehnung des Kompensationselements zu verhindern oder zumindest gering zu halten, ist vorzugsweise ein die radiale Ausdehnung begrenzendes Begrenzungselement vorgesehen. Bei einem ringförmigen Kompensationselement bzw. entlang einer Kreislinie angeordneten einzelnen das Kompensationselement ausbildenden Teilen, ist das Begrenzungselement vorzugsweise ebenfalls ringförmig ausgebildet. Wirkt das Kompensationselement beispielsweise auf das mit dem Pumpengehäuse verbundene Lagerelement, so ist das Kompensationselement vorzugsweise in radialer Richtung zwischen einer Gehäusewand und einem innerhalb des Kompensationselements angeordneten ringförmigen Begrenzungselement angeordnet. Entsprechend ist, wenn das Kompensationselement auf das mit

der Welle verbundenen Lagerelement wirkt, das Kompensationselement zwischen einer Außenseite der Welle und einem das Kompensationselement umgebenden, insbesondere ringförmigen Begrenzungselement angeordnet.

In bevorzugter Ausführungsform ist das erste Lagerelement als Magnetlager, insbesondere als Permanentmagnetlager ausgebildet. Das zweite, als Fest-Lager dienende Lagerelement ist in bevorzugter Ausführungsform als Wälzlager, insbesondere als Kugellager ausgebildet.

Um eine Axialkraft durch das Magnetlager auf das Fest-Lager aufzubringen, sind die einzelnen Magnelemente der beiden Lagerelemente des Magnetlagers zueinander axial versetzt. Dieser geringfügige axiale Versatz wird erfindungsgemäß aufgrund des Vorsehens des Kompensationselements im Wesentlichen über den gesamten Betriebszustand beibehalten. Hierdurch ist sichergestellt, dass die auf das Fest-Lager wirkende axiale Vorspannung über den gesamten Betriebszustand erhalten bleibt.

Das Lagerelement der ersten Lageranordnung, d.h. insbesondere des Magnetlagers, auf das das Kompensationselement wirkt, ist vorzugsweise axial verschiebbar gehalten. Je nach dem, ob das Kompensationselement auf das mit dem Pumpengehäuse oder das mit der Welle verbundene Lagerelement wirkt, ist das Lagerelement entsprechend mit dem Pumpengehäuse oder mit der Welle in axialer Richtung verschiebbar verbunden. Vorzugsweise ist ein Rückstellelement vorgesehen, um beim Auskühlen der Bauteile und somit beim Auskühlen des Kompensationselements ein Zurückstellen des entsprechenden Lagerelements sicherzustellen. Hierbei ist das Rückstellelement, das beispielsweise als Feder ausgebildet ist, vorzugsweise auf der dem Kompensationselement in axialer Richtung gegenüberliegenden Seite des entsprechenden Lagerelements angeordnet. Es ist jedoch auch möglich, das Rückstellelement in das Kompensationselement zu integrieren. Auch kann ein gesondertes Rückstellelement entfallen, wenn die Kompensationseinrichtung in axialer Richtung fest mit dem entsprechenden

- 7 -

Lagerelement verbunden ist, so dass ein Zusammenziehen des Kompensationselements aufgrund von Temperaturverringerungen ein Mitziehen des entsprechenden Lagerelements bewirkt.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand bevorzugten Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die anliegenden Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Schnittansicht einer ersten bevorzugten Ausführungsform einer Turbomolekularpumpe mit nicht aktivem Kompensationselement, das auf ein mit dem Gehäuse verbundenen Lagerelement wirkt,

Figur 2 eine Schnittansicht der in Figur 1 dargestellten Turbomolekularpumpe mit aktivem Kompensationselement,

Figur 3 eine schematische Schnittansicht einer zweiten bevorzugten Ausführungsform einer Turbomolekularpumpe mit nicht aktivem Kompensationselement, das auf ein mit dem Gehäuse verbundenen Lagerelement wirkt,

Figur 4 eine schematische Schnittansicht einer dritten bevorzugten Ausführungsform einer Turbomolekularpumpe mit nicht aktivem Kompensationselement, das auf ein mit der Welle verbundenen Lagerelement wirkt, und

Figur 5 eine schematische Schnittansicht einer vierten bevorzugten Ausführungsform einer Turbomolekularpumpe mit nicht aktivem Kompensationselement, das auf ein mit der Welle verbundenen Lagerelement wirkt.

- 8 -

Eine Turbomolekularpumpe weist in einem Pumpengehäuse 10 einen auf einer Welle 12 angeordneten Rotor 14 auf. Der Rotor 14 weist mehrere radial verlaufende Rotorflügel 16 auf. Zwischen den Rotorflügeln 16 sind sich ebenfalls radial erstreckende, in dem Gehäuse 10 fixierte Statorscheiben 18 angeordnet. Durch Rotation des Rotorelements 14, relativ zu den Statorscheiben 18, erfolgt ein Fördern von Medium durch einen im Gehäuse 10 vorgesehenen Einlass 22 in Richtung eines Auslasses 20.

Die Welle 12 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel durch ein als Los-Lager dienendes erstes Lagerelement 24 sowie durch ein als Fest-Lager ausgebildetes zweites Lagerelement 26 gelagert. Das zweite Lagerelement 26 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel als Kugellager ausgebildet. Bei dem ersten Lagerelement 24 handelt es sich um ein Magnetlager.

Das Magnetlager weist gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung (Figur 1 und 2) als ein mit dem Gehäuse 10 verbundenes Lagerelement 28 drei Permanentmagnete auf. Das zweite Lagerelement ist auf der Welle 12 angeordnet und ebenfalls durch drei Permanentmagnete 30 verwirklicht. Zur Erzeugung einer axialen Vorspannkraft auf das Fest-Lager 26 ist das erste Lagerelement 28 gegenüber dem zweiten Lagerelement 30 axial versetzt angeordnet.

Aufgrund der unterschiedlichen Wärmeausdehnung der Welle 12 und des Gehäuses 10 erfolgt im Betrieb der Turbomolekularpumpe bei herkömmlichen Turbomolekularpumpen ein, stärkeres axiales Verschieben der inneren Lagerelemente 30 in Figur 1 nach links, in Richtung des Pfeils 31. Um ein derartiges Verschieben zu kompensieren, ist erfindungsgemäß ein Kompensationselement 32 vorgesehen. Das Kompensationselement 32 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel ringförmig ausgebildet und besteht vorzugsweise aus einem Material, das im Wesentlichen einen axialen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist, so dass das äußere Lagerelement 28 trotz der unterschiedlichen Wärmeausdehnung der Welle 12 und des

Gehäuses 10 relativ zu dem inneren Lagerelement 30 nicht in axialer Richtung verschoben wird.

Wie aus Figur 2 ersichtlich, vergrößert sich das Volumen des Kompensationselements 32 aufgrund der auftretenden Erwärmung. Um sicherzustellen, dass keine oder nur eine geringe radiale Ausdehnung des Kompensationselements 32 erfolgt, ist ein im dargestellten Ausführungsbeispiel ringförmiges Begrenzungselement 34 vorgesehen.

Das Kompensationselement 32 ist somit zwischen einer Innenseite 36 des Gehäuses und dem ringförmigen Begrenzungselement 34 angeordnet. Über ein verschiebbar gehaltenes, ebenfalls ringförmig ausgebildetes Übertragungselement 38 erfolgt ein Übertragen der durch die axiale Wärmeausdehnung des Kompensationselements 32 hervorgerufenen Verschiebung auf das äußere Lagerelement 28. Das Übertragungselement 38 ist derart ausgebildet, dass es das Begrenzungselement 34 in allen Betriebszuständen axial teilweise überdeckt. Hierdurch ist sichergestellt, dass das Kompensationselement stets innerhalb eines geschlossenen Raums angeordnet ist und somit eine radiale Ausdehnung des Kompensationselements 32 verhindert ist.

Auf der in axiale Richtung dem Kompensationselement 32 gegenüberliegenden Seite des äußeren Lagerelements 28 ist ein beispielsweise als Feder ausgebildetes Rückstellelement 40 vorgesehen. Hierdurch wird bei Verringerung der Betriebstemperatur das Kompensationselement 32 wieder zusammengedrückt, so dass auch bei Verringerungen der Betriebstemperatur die axiale Verschiebung zwischen dem inneren Lagerelementen 30 dem äußeren Lagerelement 28 aufrecht erhalten bleibt. Ebenso ist es möglich, hierzu über das Kompensationselement 32 und das Übertragungselement 38 eine Zugkraft aufzubringen.

- 10 -

Bei der in den Figuren 1 und 2 dargestellten Ausführungsform wirkt die Kompensation des Kompensationselements 32 somit in dieselbe Richtung 31 wie die Wärmeausdehnung der Welle 12.

Die nachfolgenden Ausführungsformen (Figur 3 bis 5) sind identisch und ähnliche Bauteile mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet.

Bei einer zweiten Ausführungsform (Figur 3) ist die Welle 12 im Bereich der Lageranordnung 24 als Hohlwelle ausgebildet. Das mit der Welle verbundene Lagerelement 28 ist auf der Innenseite der Hohlwelle angeordnet. Dem Lagerelement 28 ist gegenüberliegend das Lagerelement 30 auf einem zylindrischen in die Hohlwelle ragenden Ansatz 42 des Gehäuses angeordnet und entsprechend dem anhand Figur 1 und 2 beschriebenen Lagerelement ausgebildet. Entsprechend Figur 1 ist ein Kompensationselement 32 vorgesehen, das auf das Lagerelement 30 zur Kompensation von axialen Verschiebungen aufgrund von Wärmeausdehnung einwirkt.

Bei der in Figur 4 dargestellten dritten Ausführungsform ist die Welle 12 wiederum entsprechend dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiels als Vollwelle ausgebildet. Im Unterschied zu dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel wirkt das Kompensationselement 32 auf das mit der Welle 12 verbundene Lagerelement 30. Das Kompensationselement 32 wirkt somit der Richtung 31 der Wärmeausdehnung der Welle 12 entgegen (Pfeil 44).

Bei einer vierten Ausführungsform (Figur 5) ist die Welle 12 wiederum entsprechend Figur 3 als Hohlwelle ausgebildet. Entsprechend dem in Figur 4 dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Kompensationselement 32 wiederum derart angeordnet, dass es auf das mit der Welle 12 verbundene Lagerelement 30 wirkt. Die Kompensationsrichtung 44 ist somit wiederum der Richtung der Wärmeausdehnung 31 der Welle 12 entgegengerichtet.

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularpumpe, mit

einer ein Pumpelement (14) tragenden Welle (12) und

einem Pumpengehäuse (10), in dem die Welle (12) mittels einer
ersten Lageranordnung (24) und einer zweiten Lageranordnung (26)
gelagert ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

die erste Lageranordnung (24) zur zumindest teilweisen
Kompensation axialer Verschiebungen zwischen einem mit dem
Pumpengehäuse (10) verbundenen Lagerelement (28) und einem
mit der Welle (12) verbundenen Lagerelement (30) ein
Kompensationselement (32) aufweist.
2. Vakuumpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das
Kompensationselement (32) ringförmig ausgebildet ist.
3. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
dass das Kompensationselement (32) in radialer Richtung zur
Begrenzung einer radialen Ausdehnungen an ein vorzugsweise
ringförmig ausgebildetes Begrenzungselement (34) angrenzt.
4. Vakuumpumpe nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das
Kompensationselement (32) zwischen dem Begrenzungselement
(34) und dem Pumpengehäuse (10) oder zwischen dem
Begrenzungselement (34) und der Welle (12) angeordnet ist.

- 12 -

5. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Kompensationselement (32) ein Material mit insbesondere hohem axialen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist.
6. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Kompensationselement (32) ein Material mit hoher Steifigkeit in radiale Richtung aufweist und/ oder die Wärmeausdehnung in radialer Richtung gering ist.
7. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Kompensationselement (32) eine in Umfangsrichtung gewickelte CFK-Hülse aufweist.
8. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Kompensationselement (32) ein im Wesentlichen anisotropes Material aufweist.
9. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Kompensationselement (32) ein im Wesentlichen isotropes Material aufweist, wobei das Kompensationselement (32) in radialer Richtung vorzugsweise durch ein Begrenzungselement (34) begrenzt, insbesondere in einer Kammer angeordnet ist.
10. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass durch die erste Lageranordnung (24) eine axiale Vorspannkraft auf die zweite Lageranordnung (26) ausgeübt wird.

11. Vakuumpumpe nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Kompensationselement (32) einen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist, durch den die Vorspannkraft im Wesentlichen über den gesamten Temperaturbereich im Betrieb der Vakuumpumpe aufrecht erhalten bleibt.
12. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Lagerelement (24) als Magnetlager, insbesondere als Permanentmagnetlager ausgebildet ist.
13. Vakuumpumpe nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein mit der Welle (12) verbundenes Magnetelement (30) des Magnetlagers (24) gegenüber mindestens einem mit dem Pumpengehäuse (10) verbundenen Magnetelement (28) des Magnetlagers (24) axial versetzt ist.
14. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Lagerelement (28, 30), auf das das Kompensationselement (32) wirkt, axial verschiebbar mit dem Pumpengehäuse (10) bzw. der Welle (12) verbunden ist.
15. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 14, gekennzeichnet durch ein auf das mit dem Kompensationselement (32) zusammenwirkende Lagerelement (28, 30) wirkendes Rückstellelement (40), wobei das Rückstellelement (40) vorzugsweise dem Kompensationselement (32) bezogen auf das Lagerelement (28, 30) gegenüberliegend angeordnet ist.

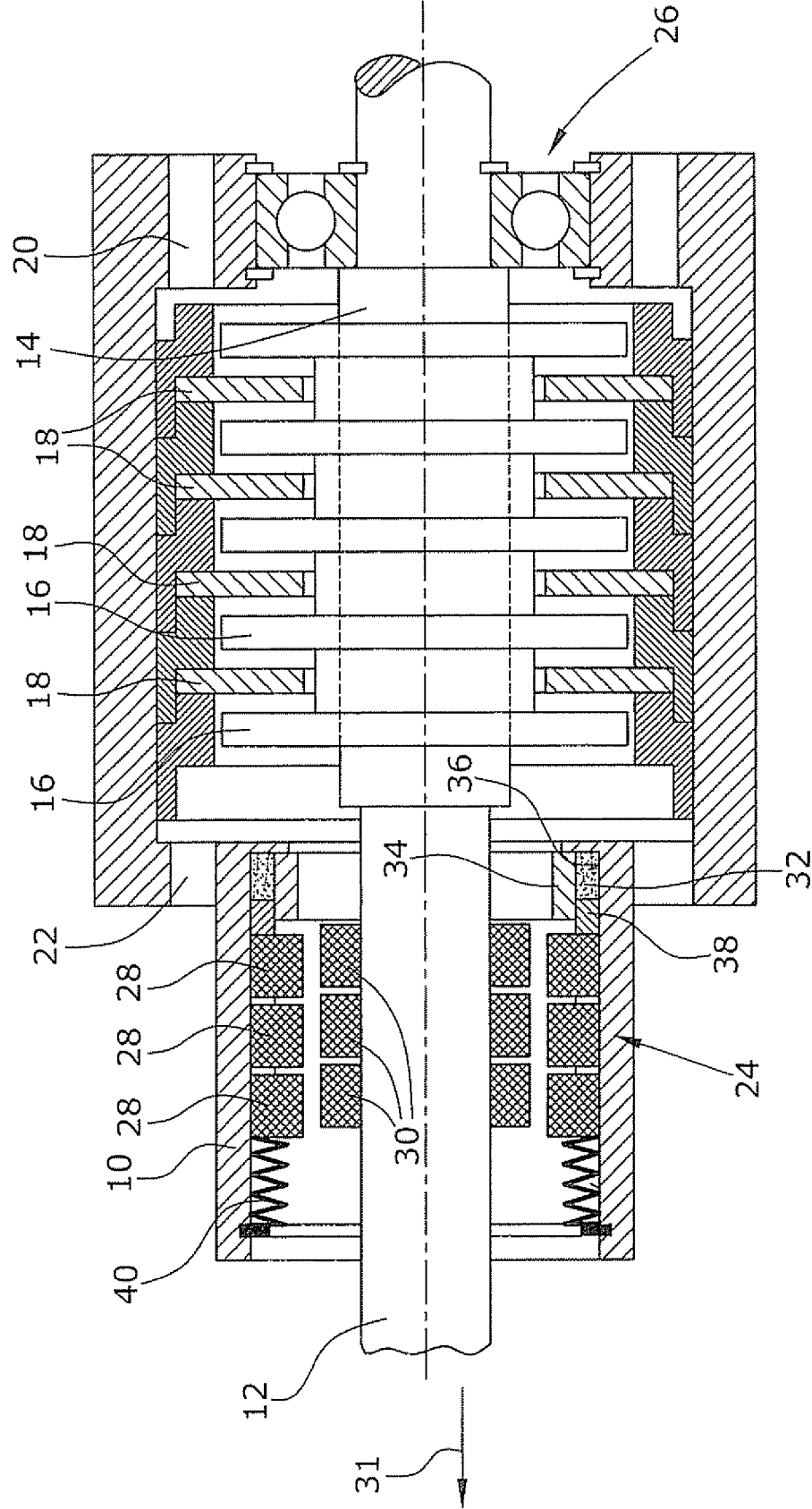


Fig.1

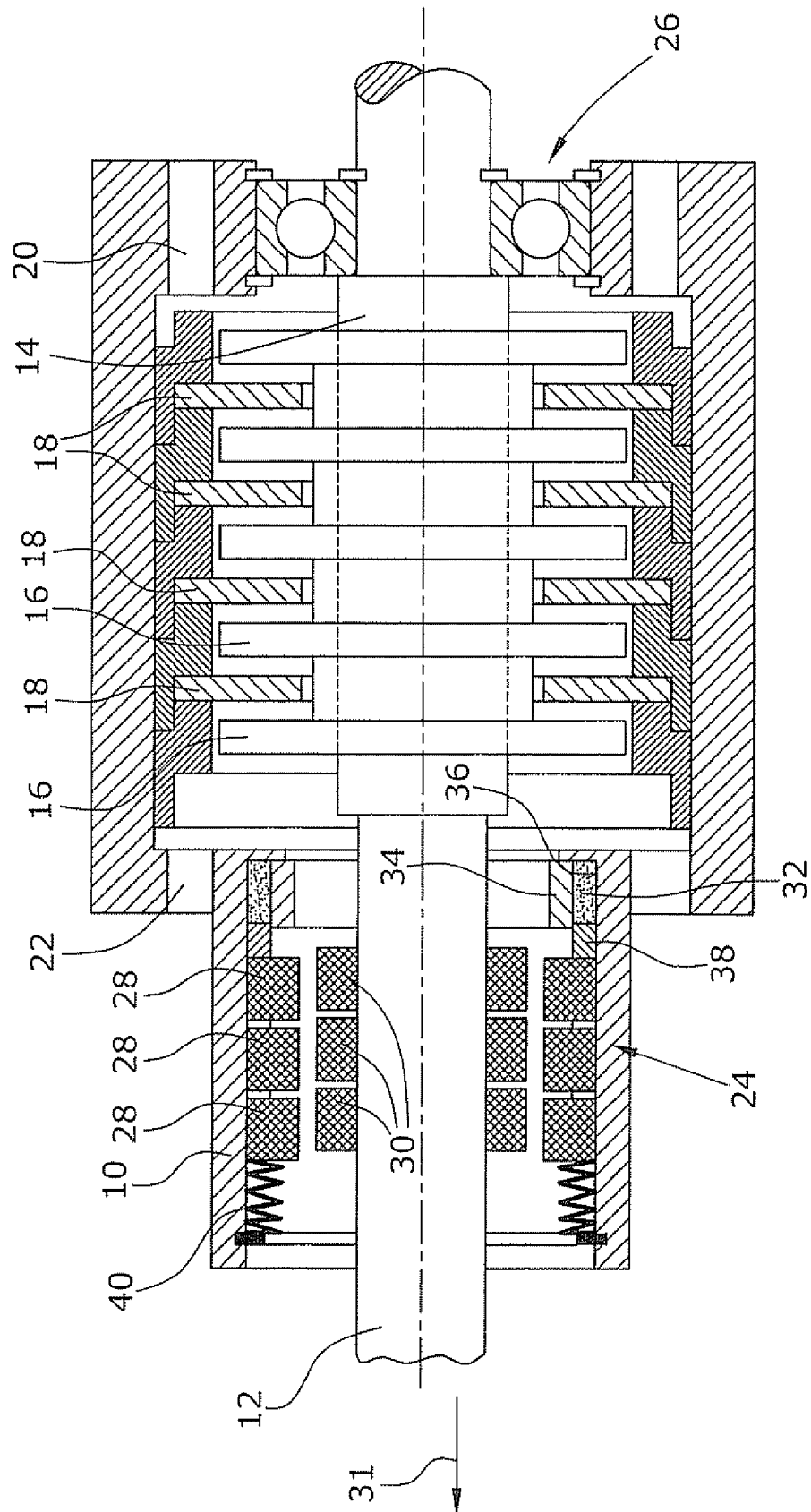


Fig. 2

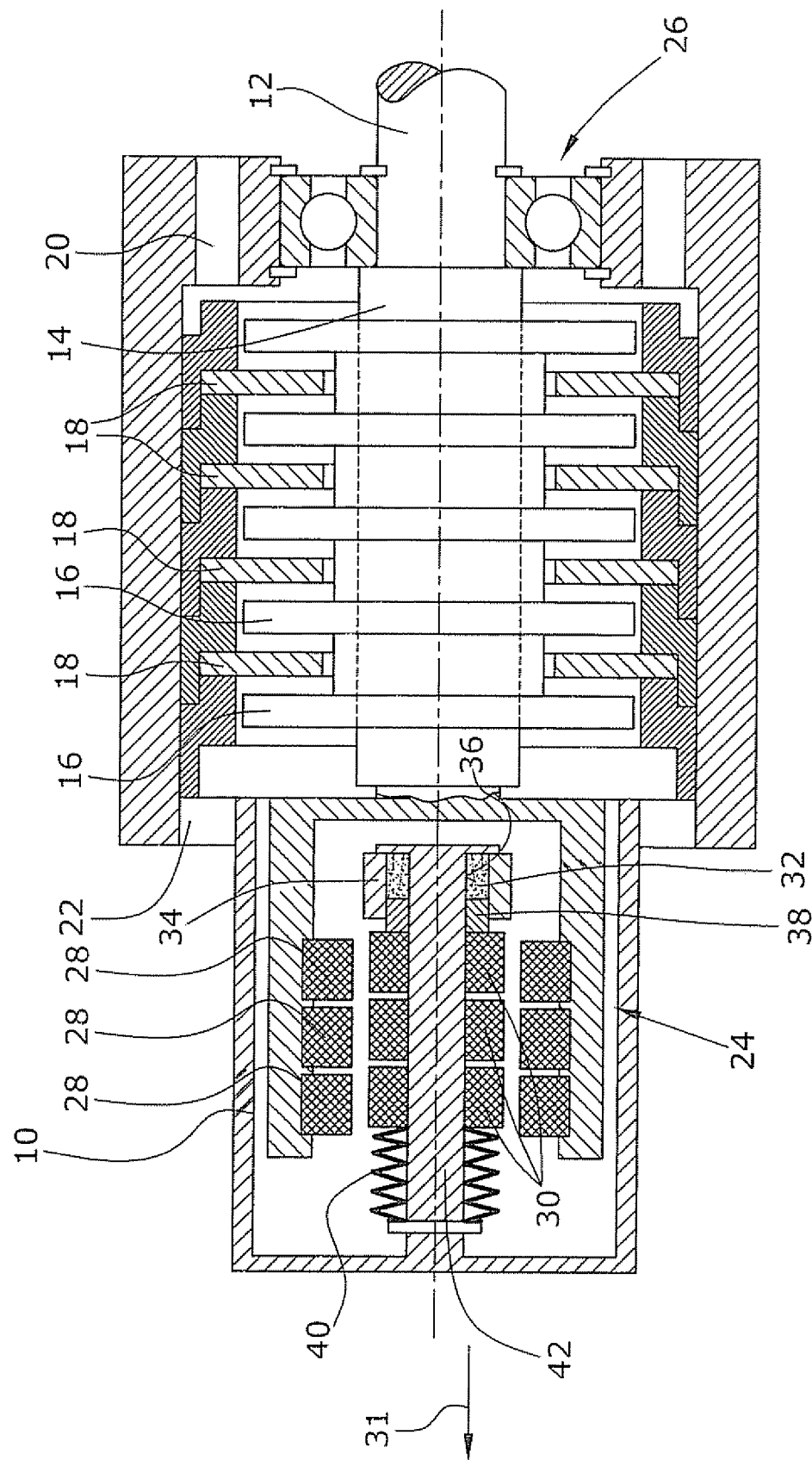


Fig.3

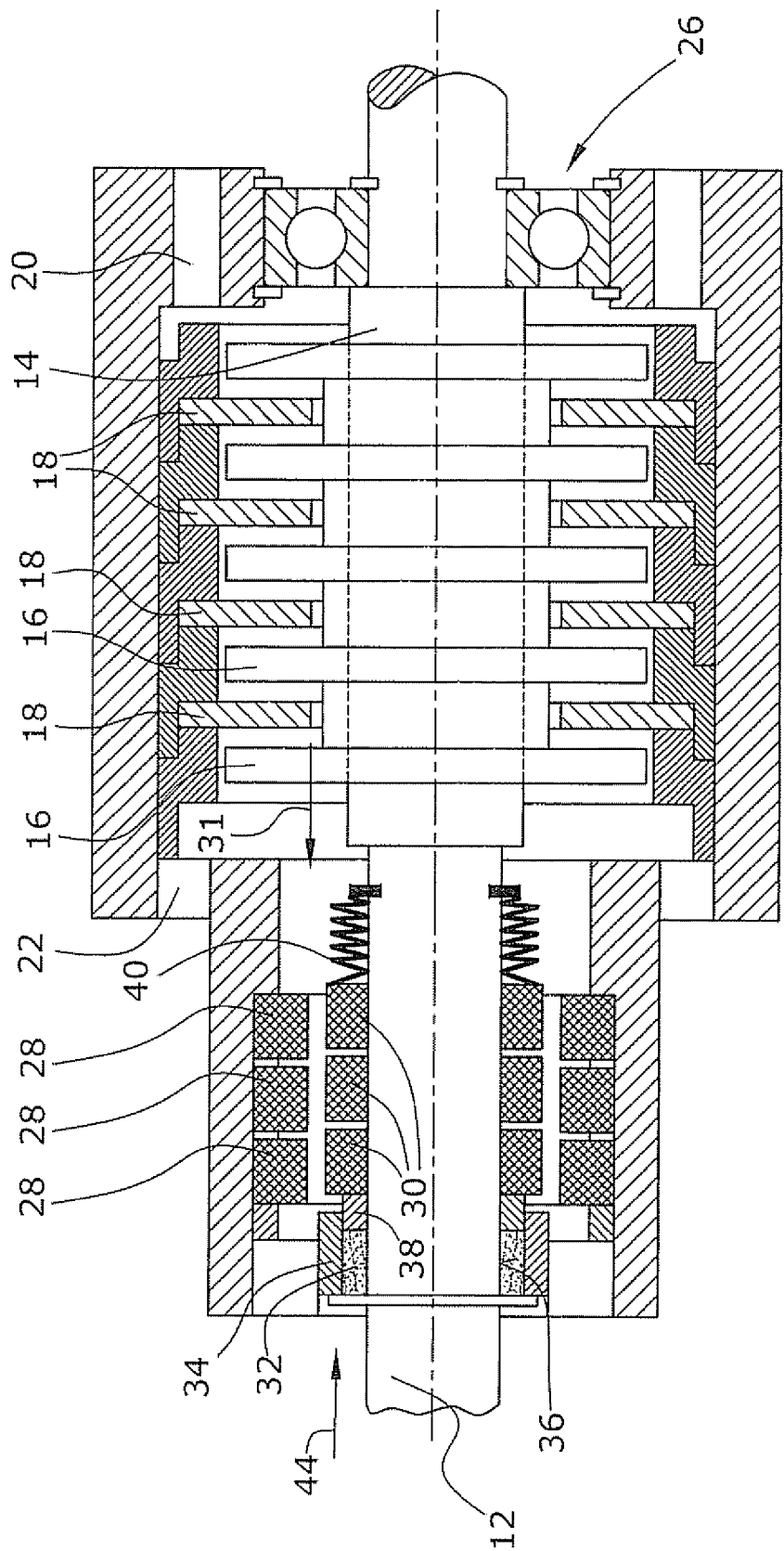


Fig.4

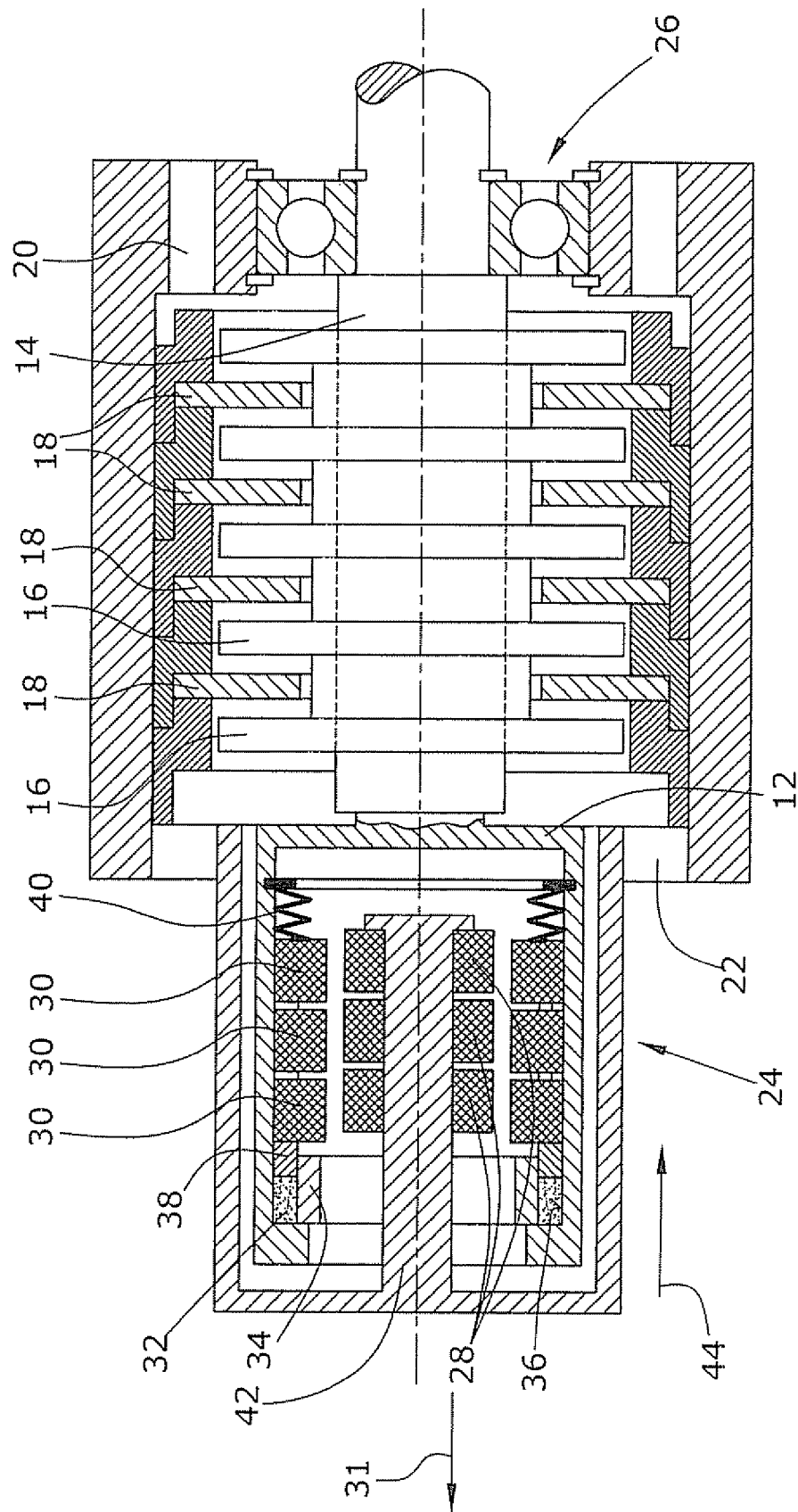


Fig.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/057902

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F04D27/02 F04D29/58 F04D29/058 F04D29/056 F04D19/04
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F04D F16C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 198 04 768 A1 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 12 August 1999 (1999-08-12) the whole document claims 1,2	1-6
X	DE 10 2007 052479 A1 (OERLIKON LEYBOLD VACUUM GMBH [DE]) 7 May 2009 (2009-05-07) the whole document figures 1,2	1-4
X	DE 29 42 008 A1 (LEYBOLD HERAEUS GMBH & CO KG [DE]) 30 April 1981 (1981-04-30) figure 1	1,2,10
A	DE 42 21 802 A1 (KUGELFISCHER G SCHAEFER & CO [DE]; ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN [DE]) 5 January 1994 (1994-01-05) the whole document ----- -/-	5



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 October 2010

Date of mailing of the international search report

21/10/2010

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ingelbrecht, Peter

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2010/057902

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 750 124 A2 (TORRINGTON CO [US]) 27 December 1996 (1996-12-27) the whole document -----	5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/057902

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19804768	A1	12-08-1999	NONE
DE 102007052479	A1	07-05-2009	NONE
DE 2942008	A1	30-04-1981	NONE
DE 4221802	A1	05-01-1994	NONE
EP 0750124	A2	27-12-1996	CA 2179477 A1 22-12-1996 DE 69605154 D1 23-12-1999 DE 69605154 T2 17-08-2000

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/057902

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. F04D27/02 F04D29/58 F04D29/058 F04D29/056 F04D19/04
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

F04D F16C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 198 04 768 A1 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 12. August 1999 (1999-08-12) das ganze Dokument Ansprüche 1,2	1-6
X	DE 10 2007 052479 A1 (OERLIKON LEYBOLD VACUUM GMBH [DE]) 7. Mai 2009 (2009-05-07) das ganze Dokument Abbildungen 1,2	1-4
X	DE 29 42 008 A1 (LEYBOLD HERAEUS GMBH & CO KG [DE]) 30. April 1981 (1981-04-30) Abbildung 1	1,2,10
A	DE 42 21 802 A1 (KUGELFISCHER G SCHAEFER & CO [DE]; ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN [DE]) 5. Januar 1994 (1994-01-05) das ganze Dokument	5
	-/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

13. Oktober 2010

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

21/10/2010

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ingelbrecht, Peter

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 750 124 A2 (TORRINGTON CO [US]) 27. Dezember 1996 (1996-12-27) das ganze Dokument -----	5

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/057902

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 19804768	A1	12-08-1999	KEINE		
DE 102007052479	A1	07-05-2009	KEINE		
DE 2942008	A1	30-04-1981	KEINE		
DE 4221802	A1	05-01-1994	KEINE		
EP 0750124	A2	27-12-1996	CA	2179477 A1	22-12-1996
			DE	69605154 D1	23-12-1999
			DE	69605154 T2	17-08-2000