

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
27.01.2010 Patentblatt 2010/04

(51) Int Cl.: **F04D 19/04**^(2006.01) **F04D 29/057**^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: 09008726.3

(22) Anmeldetag: 03.07.2009

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK SM TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(71) Anmelder: **PFEIFFER VACUUM GMBH**
35614 Asslar (DE)

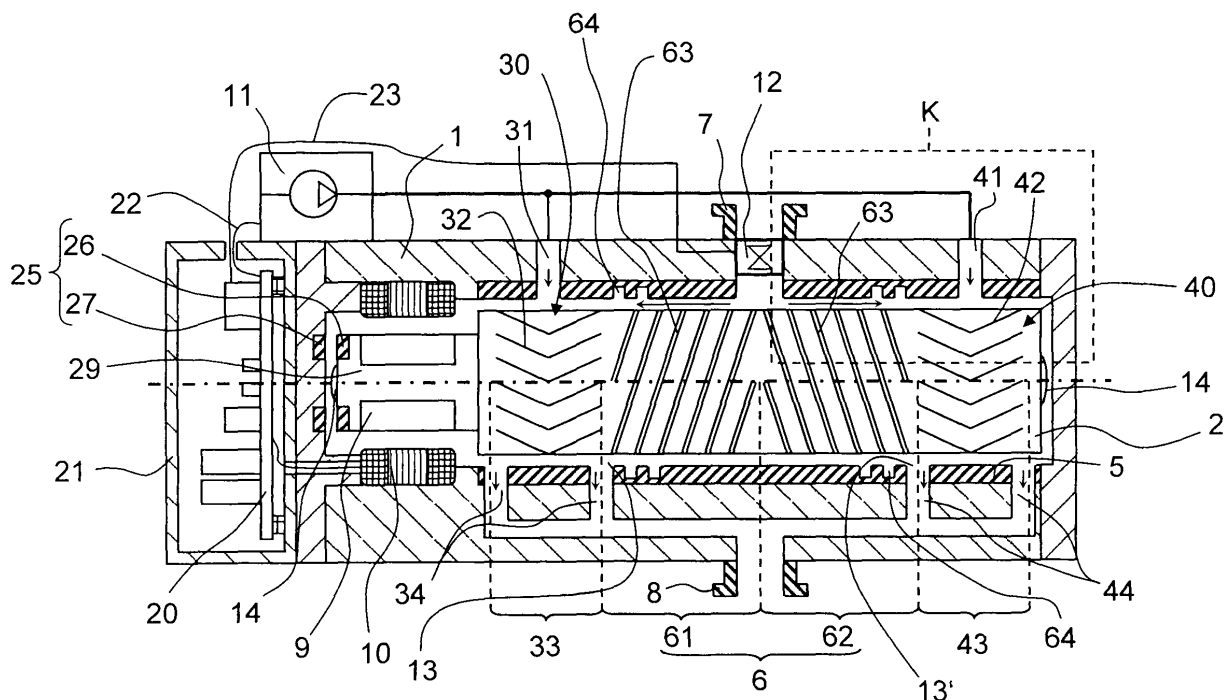
(72) Erfinder: **Conrad, Armin**
35745 Herborn (DE)

(30) Priorität: 26.07.2008 DE 102008034948

(54) **Vakuumpumpe**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe mit einer Welle (2), einem ersten und einem zweiten Radiallager und einem Pumpsystem (6). Um einen kompakten Aufbau zu erreichen, wird vorgeschlagen, dass die Ra-

diallager dynamische Gaslager (30,40) umfassen, und dass das Pumpsystem (6) zwischen den Radiallagern angeordnet ist und zwei Pumpabschnitte (61,62) aufweist, die so gestaltet sind, dass sie jeweils in Richtung eines der Gaslager fördern.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe nach dem Oberbegriff des ersten Anspruchs.

[0002] Die Erzeugung von Hochvakuum mit Drücken kleiner als 10^{-4} mbar ist heute in vielen Bereichen der Technik von hoher Bedeutung. Zunehmend besteht der Bedarf an kompakten Vakuumpumpen, die solche Drücke erzeugen können. Im Stand der Technik werden jedoch oftmals Pumpstände benutzt. In ihnen sind mehrere einzelne, jeweils an einen Druckbereich angepasste Vakuumpumpen kombiniert. In neuerer Zeit wurden gegen Atmosphäre ausstoßende Vakuumpumpen entwickelt, die mehrere Pumpprinzipien in einer Pumpe vereinen. Beispielsweise schlägt die DE 199 30 952 A1 vor, Pumpstufen nach Bauart von Holweck mit Seitenkanalstufen zu kombinieren. Allerdings ist die vorgeschlagene Bauweise aufgrund der notwendigerweise aufwändigen Konstruktion nur für die Saugvermögensklasse jenseits der $20 \text{ m}^3/\text{h}$ attraktiv.

[0003] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vakuumpumpe vorzustellen, die den gesamten Druckbereich von Atmosphäre bis zu Hochvakuum von 10^{-4} mbar und kleiner überbrückt. Dabei soll sie möglichst kompakt sein und eine einfache Konstruktion aufweisen.

[0004] Diese Aufgabe wird gelöst von einer Vakuumpumpe mit den Merkmalen des ersten Patentanspruchs. Die Ansprüche 2 bis 10 geben vorteilhafte Weiterbildungen an.

[0005] Eine einfache Konstruktion wird durch den Einsatz von Gaslagern erzielt. Diese benötigen keine organischen Schmiermittel, so dass ein Schmiermittelkreislauf mit Schmiermittelpumpe entfällt. Zudem kann es keine Kontamination des Rezipienten und des gepumpten Gases geben. Die Gaslager sind verschleißarm, so dass eine lange Lebensdauer mit sehr geringem Wartungsaufwand erreicht wird. Die Konstruktion wird außerdem durch eine günstige Gasführung vereinfacht. Die Gasführung ist günstig, da das Pumpsystem Pumpabschnitte aufweist, die jeweils in Richtung Gaslager pumpen. Auf weitergehende Dichtmittel zwischen Gaslager und Pumpsystem kann verzichtet werden. Ein weiterer Vorteil der Gasführung ist, dass sich die axialen Kräfte kompensieren, die in jedem Pumpabschnitt durch die Druckdifferenz zwischen jeweiligem Gaseinlass und Gasauslass entstehen. Daher entstehen in der Summe durch das Pumpsystem keine axialen Kräfte auf die Welle. Insgesamt ergibt sich durch Verzicht auf Bauteile und die günstige Gasführung eine sehr kompakte Vakuumpumpe.

[0006] Die Gasführung wird in einer Weiterbildung verbessert, indem ein Teil des aus dem Gaslager ausströmenden Betriebsgases und das vom Pumpabschnitt ausgestoßene Gas zusammengeführt und dann dem Pumpenauslass zugeführt werden. Diese Gasführung trägt zum Ziel einer kompakten Vakuumpumpe bei.

[0007] In einer anderen Weiterbildung umfasst wenigstens einer der Pumpabschnitte eine Holweckpumpstufe. Holweckpumpstufen weisen spiralförmige Kanäle auf.

Diese können in einem Fertigungsschritt gemeinsam mit den für die Gaslager notwendigen Strukturen hergestellt werden. Zudem benötigt eine Holweckpumpstufe nur wenige Bauteile, nämlich die Kanäle auf der Welle und eine diesen gegenüberstehende glatte Zylinderfläche, so dass die Vakuumpumpe nicht nur kostengünstig, sondern auch kompakt ist.

[0008] In einer Weiterbildung der Holweckstufe weist diese abschnittsweise zusätzlich zu den Kanälen auf der Welle noch gegenläufige Kanäle am Stator auf. Diese erhöhen das Saugvermögen, insbesondere im Druckbereich nahe Atmosphäre. Es ist dadurch weniger Bauraum für mehr Saugvermögen notwendig, die Vakuumpumpe ist noch kompakter.

[0009] Das Saugvermögen kann in einer anderen Weiterbildung dadurch erhöht werden, dass die Vakuumpumpe ein weiteres Pumpsystem aufweist. Vorteilhaft weist dieses eine Holweckpumpstufe auf. Diese ist als eine mit der Welle verbundene Nabe und einem an dieser Nabe angeordneten Zylinder gestaltet.

[0010] In einer Weiterbildung wird vorgeschlagen, an den Enden der Welle Notlager anzuordnen. Diese können Gleitlager umfassen. Durch die Notlager wird eine robuste Vakuumpumpe geschaffen, die auch auf die Welle einwirkenden axialen Kräften widerstehen kann.

[0011] In einer anderen Weiterbildung ist der Mehrheitsbestandteil der Welle Siliziumcarbid. Dieses Material verbindet Tauglichkeit für die Gaslager mit Beständigkeit in den Anwendungen der Vakuumpumpe.

[0012] Eine Weiterbildung schlägt vor, Motorrotor und Motorstator derart zu gestalten, dass eine axiale Zentrierung und gleichzeitig eine schnelle Drehnung der Welle bewirkt werden. Dadurch entfällt die Notwendigkeit eines Axiallagers, so dass die Vakuumpumpe noch kostengünstiger und kompakter wird.

[0013] Anhand eines Ausführungsbeispiels und einer Weiterbildung desselben soll die Erfindung näher erläutert und weitere Vorteile aufgezeigt werden. Es zeigen:

Fig. 1: Schnitt durch eine Vakuumpumpe.

Fig. 2: Schnitt durch einen Teil der Vakuumpumpe in einer Weiterbildung mit einem weiteren Pumpsystem.

[0014] Figur 1 zeigt eine Vakuumpumpe mit einem Gehäuse 1. Dieses weist einen Gaseinlass 7 und einen Gasauslass 8 auf. Innerhalb des Gehäuses ist ein Zylinder 5 angeordnet, in welchem eine Welle 2 drehbar gelagert ist. Die Lagerung erfolgt durch zwei Gaslager.

[0015] Das erste Gaslager 30 umfasst eine Gaszufuhr 31, eine wellenseitige Lagerstruktur 32 und einen Lagergasauslass 34. Die wellenseitige Lagerstruktur bildet einen sich in axialer Richtung erstreckenden Lagerabschnitt 33.

[0016] Das zweite Gaslager 40 umfasst eine Gaszufuhr 41, eine wellenseitige Lagerstruktur 42 und einen Lagergasauslass 44. Die wellenseitige Lagerstruktur bildet einen sich in axialer Richtung erstreckenden Lager-

abschnitt 43.

[0017] Die wellenseitigen Lagerstrukturen 32 und 42 umfassen in die Wellenoberfläche eingearbeitete Vertiefungen.

[0018] Jeder der Lagergasauslässe 34 und 44 ist im gezeigten Beispiel mit zwei Öffnungen versehen, von sich denen jeweils eine an einem Ende des jeweiligen Lagerabschnitts befindet. Es ist jeweils eine Gaszufuhr 31 und 41 gezeigt, in der Regel ist eine Mehrzahl solcher Zufuhren in jedem der Gaslager über den Wellenumfang verteilt. Der Zylinder 5 bildet den Stator beider Gaslager, so dass sich jeweils zwischen den lagerseitigen Lagerstrukturen 32 und 42 und dem Zylinder ein Gasfilm ausbildet, durch den die Welle getragen wird. Das notwendige Lagergas kann von einem Kompressor 11 erzeugt werden, oder - wenn es die Lagerbelastung zulässt - direkt von der Atmosphäre genommen werden. In letzterem Fall sind die Gaszuführungen 31 und 41 direkt mit der Atmosphäre verbunden. Weiterhin alternativ kann Druckluft aus einer am Aufstellort vorhandenen Druckluftleitung benutzt werden.

[0019] Die Welle weist an ihrem Ende einen Wellenzapfen 29 auf, auf welchem Permanentmagnete 9 angebracht sind. Diese Permanentmagnete bilden den Motorrotor und wirken mit elektrischen Spulen 10 zusammen, um eine schnelle Drehung der Welle um ihre Längsachse zu erzeugen. Die elektrischen Spulen bilden den Motorstator. Motorrotor und Motorstator sind derart gestaltet, dass sie eine Stabilisierung der Welle in Richtung ihrer Längsachse bewirken. Dies gelingt beispielsweise durch die Anziehungskräfte des Statoreisenpakets auf die Permanentmagnete. Am Wellenende sind Notlager vorgesehen. Im gezeigten Beispiel sind diese als Gleitlager 14 ausgebildet, welche wellenseitig eine ballige Fläche und gehäuseseitig eine tribologisch geeignete Gegenfläche umfassen. Sollten große axiale Kräfte zu erwarten sein, können zur zusätzlichen Stabilisierung in dieser Richtung Permanentmagnetringe vorgesehen sein, und zwar ein wellenseitiger Lagerring 26 und statorseitiger Lagerring 27. Beide zusammen bilden ein axiales Permanentmagnetlager 25.

[0020] In einem Elektronikgehäuse 21 ist die Elektronik 20 untergebracht. Diese bestromt die elektrischen Spulen. Sollte ein Kompressor 11 zur Erzeugung des Lagergases verwendet werden, ist er durch eine Kompressorsteuerleitung 22 mit der Elektronik 20 verbunden und wird durch diese gesteuert, insbesondere seine Parameter Einschalten, Ausschalten, Druckniveau und Fördermenge.

[0021] Auf der Welle ist zwischen den Lagerabschnitten 33 und 43 das Pumpsystem 6 angeordnet. Es ist zweiflügelig gestaltet und weist daher einen ersten Pumpabschnitt 61 und einen zweiten Pumpabschnitt 62 auf. Jeder der Pumpabschnitte beginnt im Bereich des Gaseinlasses 7 und verdichtet Gas in Richtung des ihm benachbarten Gaslagers; dies ist durch die geraden Pfeile dargestellt. Aus den Lagerabschnitten tritt wenigstens ein Teil des Lagergas in Richtung Pumpsystem aus. Die-

ses wird an der Stelle 13 zwischen erstem Gaslager und erstem Pumpabschnitt 61 bzw. 13' zwischen zweitem Gaslager und zweitem Pumpabschnitt 62 zusammengeführt und gemeinsam dem Pumpauslass zugeführt. Dadurch wird ein sehr kompakter Aufbau durch eine einfache Gasführung erreicht.

[0022] Beide Pumpabschnitte erreichen das gleiche Druckverhältnis zwischen ihrem Einlass und ihrem Auslass. Vorteilhaft ist es, in den Pumpabschnitten Holweckstrukturen zu schaffen. Hierzu sind spiralförmig um die Welle umlaufende Kanäle 63 in die Wellenoberfläche eingebracht, die mit der als Pumpstator wirkenden Innenfläche des Zylinders 5 zusammenwirken. Ist diese Innenfläche glatt, entsteht eine Pumpe mit dem Wirkprinzip nach Holweck. Diese ist nicht nur vakuumtechnisch für den Druckbereich günstig, sondern lässt sich vorteilhaft in einem Arbeitsgang mit den wellenseitigen Lagerstrukturen herstellen. In einer Weiterbildung sind auf der Innenseite des Zylinders 5 Kanäle 64 vorgesehen. Diese erstrecken sich über einen Teil der axialen Länge der Pumpabschnitte 33 und 43, vorzugsweise im jeweils dem Gaslager benachbarten Teil. Die Kanäle sind gegenläufig zu den Kanälen 63 des Rotors gestaltet. Durch diese statorseitigen Kanäle wird das Saugvermögen erhöht.

[0023] Die Welle 2 ist zumindest im Bereich der Lagerabschnitte 33 und 43 und Pumpabschnitte 61 und 62 einteilig ausgeführt. Der Zylinder erstreckt sich mindestens einteilig über die vorgenannten Abschnitte 33, 43, 61 und 62. Hierdurch fluchten die Lagerpunkte, so dass äußerst geringe Spalte in den Lagern und im Pumpsystem erreicht werden können. Dies verbessert die Leistungsdaten dieser Komponenten, so dass die notwendige Baulänge verringert wird, die Vakuumpumpe wird somit nochmals kompakter.

[0024] Da diese Vakuumpumpe nur dynamisch dicht ist, im ausgeschalteten Zustand jedoch Gas hindurchlassen kann, ist der Einsatz eines Sicherheitsventils 12 vorteilhaft. Dieses ist vorzugsweise im Gaseinlass der Vakuumpumpe angeordnet und steht mit der Elektronik 20 über eine Ventilsteuerleitung 23 in Verbindung. Diese schaltet dann den Öffnungszustand des Sicherheitsventils.

[0025] Figur 2 zeigt den in Figur 1 mit dem Kasten K bezeichneten Teil der Vakuumpumpe in einer Weiterbildung. Gegenüber dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 wurde dem Pumpsystem 6 ein weiteres Pumpsystem 100 vorgeschaltet. Im Gehäuse 1 der Vakuumpumpe ist daher ein Holweckstator 103 vorgesehen. Dieser weist einen gewindeartig auf seiner zylindrischen Innenfläche umlaufenden Kanal, dessen Gänge durch einen Steg 105 voneinander getrennt sind. Mit diesem Kanal wirkt ein glatter Zylinder 102 pumpaktiv zusammen, welcher mit einer Nabe 101 verbunden ist. Vorteilhaft ist der Zylinder aus einem leichten Material hergestellt, insbesondere aus faserverstärktem Kohlenstoff. Die Nabe ist an einem Ende der Welle befestigt, so dass Nabe und Zylinder die Drehzahl der Welle annehmen. Weiterhin benötigt werden das Gleitlager 14 und der Gaseinlass 7.

Von Vorteil ist auch in dieser Weiterbildung das Sicherheitsventil 12. Gas tritt durch den Gaseinlass entlang des ersten Pfeiles in das weitere Pumpsystem 100 ein und wird dort von den zusammenwirkenden Teilen Holweckstator und Zylinder verdichtet. Anschließend gelangt das Gas in das erste Pumpsystem (siehe weiteren Pfeil) und wird dort weiterverdichtet. Das erste Pumpsystem ist nur ausschnittsweise in Form des Pumpabschnittes 62 zu sehen. Ebenfalls zu sehen ist die wellenseitige Lagerstruktur 42 des zweiten Gaslagers. Aus diesem tritt in Richtung Nabe Lagergas mit Atmosphärendruck aus. Dieses darf nicht an der Innenseite des Zylinders 102 entlang zum Eingang des ersten Pumpsystem gelangen. Daher ist zwischen Lagerstruktur 42 und Nabe ein Dichtungsabschnitt 106 vorgesehen. Dieser ist vorteilhaft so gestaltet, dass auf der Welle eine Pumpstruktur wie im ersten Pumpsystem angeordnet ist, welche mit dem Zylinder 5 zusammenwirkt und einen Druckunterschied erzeugt. Die pumpaktiven Strukturen des Dichtungsabschnitts sind so gestaltet, dass das Druckverhältnis zwischen der Lagerstruktur 42 Seite und der der Nabe 101 zugewandten Seite dem Druckverhältnis entspricht, dass der Pumpabschnitt 62 erzeugt. Das Saugvermögen kann jedoch wesentlich kleiner sein, da weniger Lagergas anfällt als durch den Gaseinlass 7 eintritt. Das weitere Pumpsystem 100 kann zweiflutig gestaltet sein.

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe mit einer Welle (2), einem ersten und einem zweiten Radiallager und einem Pumpsystem (6), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Radiallager dynamische Gaslager (30, 40) umfassen, und dass das Pumpsystem (6) zwischen den Gaslagern (30, 40) angeordnet ist und zwei Pumpabschnitte (61, 62) aufweist, die so gestaltet sind, dass sie jeweils in Richtung eines der Gaslager fördern.
2. Vakuumpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeweils ein Pumpabschnitt (61, 62) und ein Gaslager (30, 40) derart angeordnet sind, dass wenigstens ein Teil des Betriebsgases des Gaslagers und das vom Pumpabschnitt ausgestoßene Gas an einer Stelle zusammengeführt (13, 13') und einem Pumpenauslass (8) zugeführt werden.
3. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens einer der Pumpabschnitte (61, 62) eine Holweckpumpstufe umfaßt.
4. Vakuumpumpe nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens abschnittsweise Rotor und Stator der Holweckstufe gegenläufige Kanäle (63, 64) aufweisen.
5. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie ein weiteres Pumpsystem (100) aufweist.
6. Vakuumpumpe nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das weitere Pumpsystem eine mit einem der Wellenenden verbundene Nabe (101) und einen mit dieser Nabe verbundenen Zylinder (102) umfaßt.
7. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an einem Wellenende ein Notlager angeordnet ist.
8. Vakuumpumpe nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Notlager ein Gleitlager (14) umfaßt.
9. Vakuumpumpe nach einem vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Material der Welle (2) mehrheitlich aus Siliziumcarbid besteht.
10. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Motorstator (10) und Motorrotor (9) derart gestaltet sind, dass eine axiale Zentrierung und gleichzeitig eine schnelle Drehung der Welle (2) bewirkt werden.

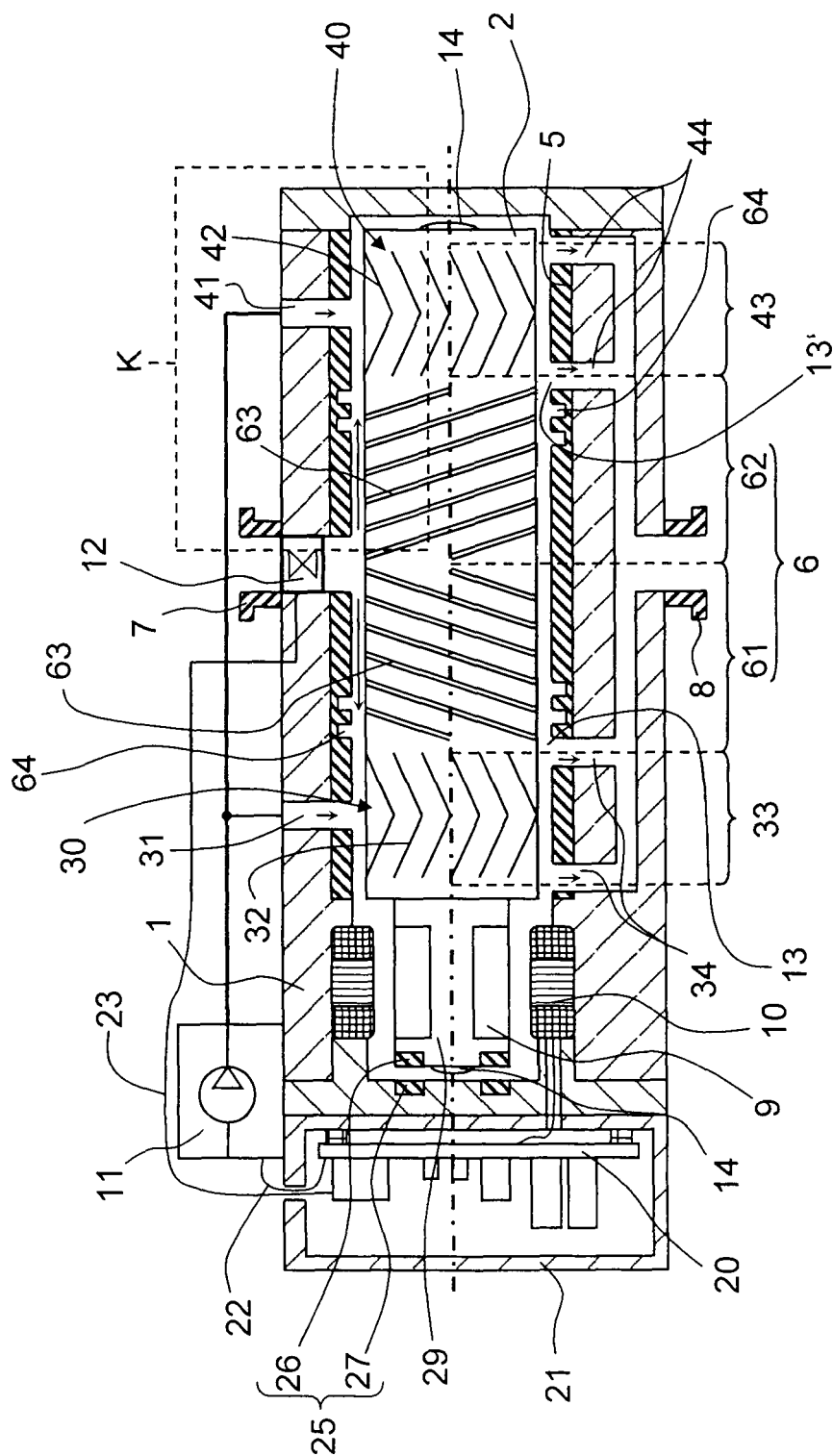


Fig. 1

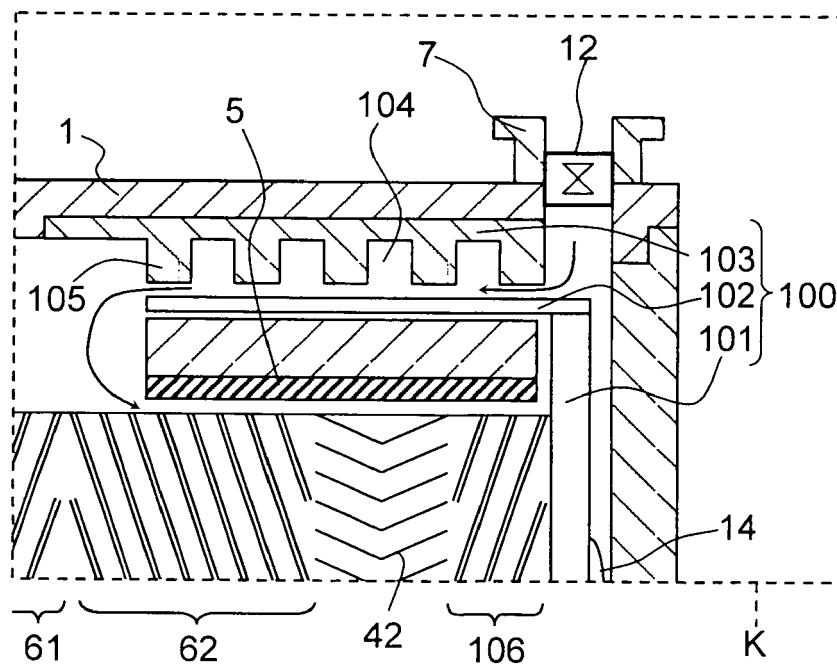


Fig. 2

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 19930952 A1 [0002]