

(19)



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 2 253 851 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

24.11.2010 Patentblatt 2010/47

(51) Int Cl.:

F04D 17/16 (2006.01)**F04D 23/00** (2006.01)**F04D 29/18** (2006.01)(21) Anmeldenummer: **10004025.2**(22) Anmeldetag: **16.04.2010**

(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:

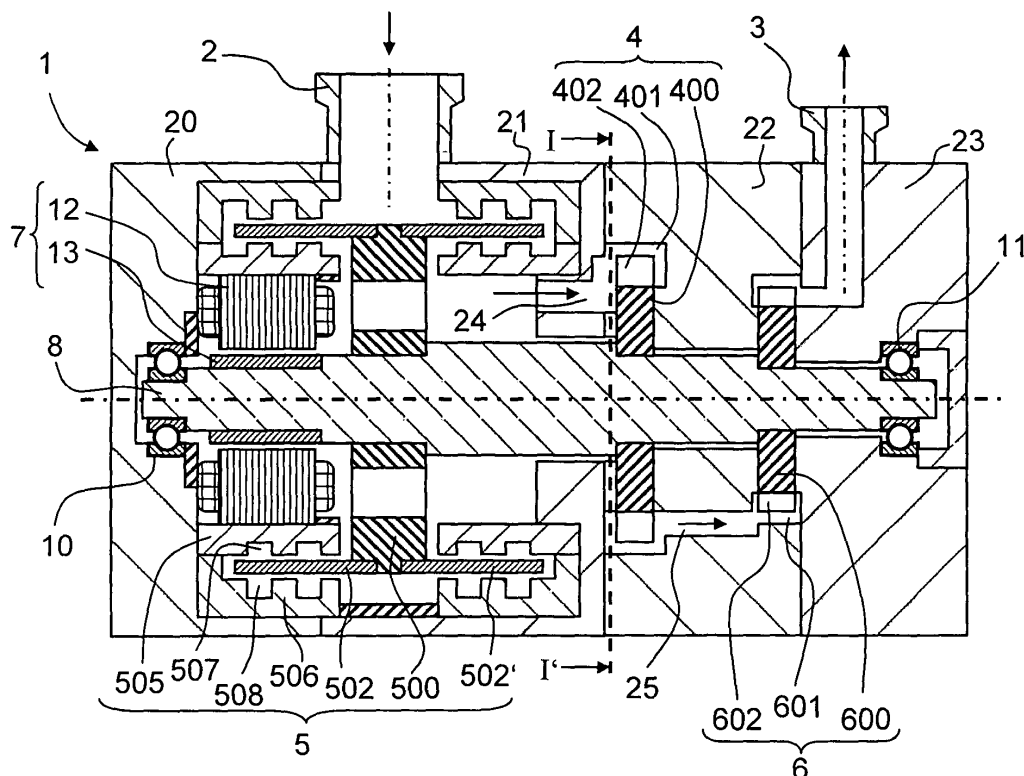
AL BA ME RS(71) Anmelder: **Pfeiffer Vacuum GmbH****35614 Asslar (DE)**

(72) Erfinder:

• **Sachs, Ronald, Dr.****44135 Dortmund (DE)**• **Shirinov, Aleksandr, Dr.****35390 Gießen (DE)**(30) Priorität: **16.05.2009 DE 102009021642**(54) **Vakuumpumpe**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe (1) mit einem Gaseinlass (2), einem Gasauslass (3), und mit einer Seitenkanalpumpstufe (4), welche ein in Drehung versetztes Laufrad (400, 400') mit einem Rand (403) und wenigstens einer Schaufel (402, 402'; 420; 450) umfasst,

wobei die Schaufel eine in Bewegungsrichtung nachteilende Rückseite (405) mit einer Außenkante (408) aufweist. Um die Vakuumkennwerte bei einfacher Herstellbarkeit zu verbessern, schlägt die Erfindung vor, dass die Schaufel an der Außenkante der Rückseite eine Fasse (406; 416; 456) aufweist.

**Fig. 1**

Beschreibung

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

[0002] Im Stand der Technik sind Vakuumpumpen mit Seitenkanalpumpstufen bekannt, beispielsweise aus der DE 19930952 A1. Die dort vorgestellte Vakuumpumpe ermöglicht es, einen Rezipienten von Atmosphärendruck bis auf weniger als 10^{-4} mbar zu evakuieren. Dies wird durch die Hintereinanderschaltung mehrerer Seitenkanalpumpstufen erreicht. Jede dieser Seitenkanalpumpstufen besitzt ein Laufrad, welches an seinem Rand in einem Kanal umlaufende Schaufeln aufweist.

[0003] Der Stand der Technik kennt zudem Turbomolekularpumpen, die zusätzlich mit einer Seitenkanalpumpstufe versehen sind, damit sie gegen einen höheren Vorvakuumdruck ausstoßen kann. Solch eine Vakuumpumpe ist beispielsweise in der EP 1 576 292 gezeigt.

[0004] Um eine hinreichend gute Pumpleistung zu erzielen, sind in der Regel mehrere Stufen und aufwändig gestaltete Laufräder der Seitenkanalpumpstufe notwendig. Der zu betreibende Aufwand wird beispielsweise an der Vielzahl von Schaufeln ersichtlich, die zumindest bei kleinen Stückzahlen aufwändig aus Vollmaterial herausgearbeitet werden müssen. Die Vakuumkennwerte wie Saugvermögen und Druckverhältnis zwischen Einlass und Auslass der Seitenkanalpumpstufe hängen von der Gestaltung der Schaufeln, des Kanals und der Spalte zwischen rotierenden und stehenden Teile ab. In der Regel führen gute Vakuumkennwerte zu steigenden Herstellkosten.

[0005] Andererseits besteht die Notwendigkeit, die Kosten für die Herstellung der pumpaktiven Teile der Seitenkanalpumpe gering zu halten.

[0006] Es ist daher Aufgabe, eine Vakuumpumpe zu schaffen, deren Seitenkanalpumpstufe verbesserte Vakuumkennwerte und gleichzeitig eine einfach herzustellende Geometrie der pumpaktiven Bauteile besitzt.

[0007] Die Aufgabe wird gelöst durch eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Die abhängigen Ansprüche 2 bis 9 geben vorteilhafte Weiterbildungen an.

[0008] Eine Fase an der Außenkante der in Bezug zur Bewegungsrichtung nacheilenden Rückseite verbessert die Vakuumkennwerte, insbesondere das Druckverhältnis, und ist kostengünstig in vielen Bearbeitungsverfahren herzustellen. Das verbesserte Druckverhältnis ermöglicht es, mit wenigen Seitenkanalpumpstufen zu arbeiten, um einen weiten Druckbereich in einer Vakuumpumpe überdecken zu können. Hierdurch werden Kosten gesenkt. Zudem ist die Fase auch in Bearbeitungsverfahren kostengünstig herstellbar, die bei kleinen und mittleren Serien zum Einsatz kommen, beispielsweise Fräsen und Sägen. Die Fertigung wird noch weiter erleichtert, wenn es sich bei Rückseite und Fase um ebene Flächen handelt.

[0009] Weitere Verbesserungen der Vakuumkennwerte lassen sich durch die Maßnahmen der abhängigen

Ansprüche erzielen. Auch diese Gestaltungen sind kostengünstig in Fräs- und Sägebearbeitung herstellbar. Es wurde beobachtet, dass sich die gezeigten Geometrien besonders vorteilhaft in der Kombination mit einer Molekularpumpstufe, beispielsweise einer Holweckstufe, auswirken. Die Arbeitsbereiche der erfindungsgemäßen Seitenkanalpumpstufe und der Molekularpumpstufe berühren sich in vorteilhafter Weise, so dass insgesamt eine gut abgestufte Vakuumpumpe entsteht.

[0010] An Hand eines Ausführungsbeispiels seiner Weiterbildungen soll die Erfindung näher erläutert und die Darstellung ihrer Vorteile vertieft werden.

[0011] Es zeigen:

- 15 Fig. 1: Schnitt in Wellenrichtung durch eine Vakuumpumpe mit einer Seitenkanalpumpstufe
- Fig. 2: Schnitt quer zur Wellenachse durch die Seitenkanalpumpstufe entlang I-I'
- Fig. 3: Schnitt durch die Seitenkanalpumpstufe mit einer alternativen Gestaltung des Laufrades
- 20 Fig. 4: Schnitt entlang II-II' durch die Seitenkanalpumpe mit alternativ gestaltetem Laufrad
- Fig. 5: Perspektivische Darstellung einer Schaufel mit einer Fase
- 25 Fig. 6: Blick auf ein Laufrad mit erster und zweiter Schaufel
- Fig. 7: Schnitt durch das Laufrad mit erster und zweiter Schaufel entlang der Linie III-III'
- Fig. 8: Sicht auf einen Abschnitt mit einigen Schaufeln in einer Weiterbildung der Erfindung
- 30

[0012] Die Vakuumpumpe 1 des Ausführungsbeispiels besitzt einen Gaseinlass 2 und Gasauslass 3 und ein Gehäuse. Das Gehäuse ist mit vier Gehäuseteilen 20, 21, 22 und 23 aufgebaut, welche die Komponenten der Vakuumpumpe beherbergen. Diese Komponenten werden nachfolgend erläutert.

[0013] Durch den Gaseinlass in die Vakuumpumpe eintretendes Gas gelangt zunächst in die Molekularstufe 5. Diese besitzt einen Innenstator 505, der mit einer inneren Gewindenut 507 versehen ist, und einen Außenstator 506, der mit einer äußeren Gewindenut 508 versehen ist. Zwischen Innenstator und Außenstator ist ein Zylinder 502 mit glatter Oberfläche vorgesehen, der mit dem Rotor 500 verbunden ist. Die Molekularstufe ist somit als Holweckstufe gestaltet. Die in Fig. 1 dargestellte Holweckstufe ist symmetrisch mit einem von Statorbauteilen umgebenen zweiten Zylinder 502' aufgebaut und arbeitet daher zweiflutig.

[0014] Der Rotor ist mit der Welle 8 verbunden, die in Wälzlager 10 und 11 drehbar gelagert ist. Anstelle der Wälzlager können auch passive und aktive Magnetlager zum Einsatz kommen. An der Welle ist wenigstens ein Permanentmagnet 13 angeordnet, der mit einer stehenden Spule 12 zusammenwirkt und zusammen mit dieser den Antrieb 7 bildet. Wälzlager 10, Antrieb 7 und Molekularstufe 5 sind in den Gehäuseteilen 20 und 21 angeordnet.

[0015] Die Welle durchsetzt den Gehäuseteil 22, welches die Seitenkanalpumpstufe 4 beinhaltet. Die Seitenkanalpumpstufe wird von einem Seitenkanal 401 und einem Laufrad 400 gebildet, wobei am Laufrad wenigstens eine Schaufel 402 angeordnet ist, die in dem Seitenkanal durch die Drehung der Welle umläuft und so die Pumpwirkung erzeugt. Gas gelangt durch einen Übergabekanal 24 aus der Molekularstufe 5 in die Seitenkanalstufe hinein und wird durch einen weiteren Übergabekanal 25 ausgestoßen.

[0016] Von der Seitenkanalpumpstufe gelangt das Gas durch den Übergabekanal 25 in die Vorvakuumstufe 6. Diese ist ebenfalls als Seitenkanalpumpe gestaltet, wobei hier die Geometrie der am Laufrad 600 angeordneten und im Seitenkanal 601 umlaufenden Schaufel 602 von der Geometrie der Schaufel 402 abweicht. Aus dieser Pumpstufe wird das Gas durch den Gasauslass aus der Vakuumpumpe ausgestoßen.

[0017] Zwischen den Laufrädern 400 und 600 und den Gehäuseteilen 21, 22 und 23 befinden sich enge Spalte. Diese erlauben ein freies Drehen des betreffenden Laufrads, sind jedoch so eng gestaltet, dass keine störenden Gasströmungen auftreten.

[0018] Die Fig. 2 zeigt einen Schnitt durch Gehäuseteil 22 entlang der Linie I-I'. Auf der Welle 8 sitzt das Laufrad 400. Diese besitzt einen Rand 403, an dem entlang des Umfangs gleichmäßig verteilt Schaufeln 402 angeordnet sind. Der Seitenkanal 401 umgibt das Laufrad, wobei dieser im wesentlichen ringförmig den Schaufelbereich des Laufrades umgibt. Nur über einen Teil des Umfangs grenzt das Gehäuse dicht an das Laufrad. Dieser Abschnitt bildet den Unterbrecher 404, der Ansaug- und Ausstoßseite voneinander trennt, und an dem das Gasstrom, der sich im Seitenkanal ausbildet und der Drehung des Laufrades folgt, von diesem abgelöst und an den Übergabekanal 25 übergeben wird.

[0019] In dem Beispiel nach den Figuren 1 und 2 ist die Schaufel in radialer Richtung am Rand des Laufrades angeordnet. Eine Alternative zu dieser Anordnung zeigen die Figuren 3 und 4.

[0020] Die Figur 3 zeigt daher einen alternativ gestalteten Gehäuseabschnitt 22', der die Seitenkanalpumpstufe aufnimmt und von der Welle 8' durchsetzt ist. Der Seitenkanal 401' ist hier nicht in der Ebene des Laufrades 400' sondern axial in Wellenrichtung versetzt neben dem Laufrad angeordnet. Die Schaufel 402' steht nicht in radialer Richtung vom im wesentlichen scheibenförmigen Laufrad ab, sondern steht vom Laufrad in Richtung der Flächennormalen ab.

[0021] In Figur 4 ist ein Schnitt entlang der Linie II-II' durch die Anordnung mit dem Gehäuseteil 22' und der Welle 8' nach Figur 3 gezeigt. Die Schaufeln 402' stehen auf dem Laufrad und ragen durch eine ringförmige Freiraum 409 in den in Seitenkanal 401'. Der Seitenkanal bildet im Gegensatz zum ringförmigen Freiraum 409 keinen geschlossenen Ring sondern wird von dem Abstreifer 404' unterbrochen. Gas, welches durch den Übergabekanal 24' in den Seitenkanal hineingelangt und durch

die Schaufeln entlang der Seitenkanals bewegt wird, wird am Abstreifer in Richtung des Übergabekanal zur nächsten Pumpstufe gelenkt.

[0022] Zur übersichtlicheren Darstellung wurden in Figur 1 und 3 die in die Seitenkanalpumpstufe hinein und aus hier herausführenden Übergabekäle in Bezug auf den Umfang des Laufrades gegenüberliegend dargestellt. Günstig ist es jedoch, diese in einem kleinen Winkelabstand voneinander anzuordnen, so dass sie nur durch den Abstreifer 404 und 404' getrennt sind.

[0023] Eine einzelne Schaufel 402 ist in Figur 5 gezeigt. Diese kann sowohl in der Anordnung nach Figur 1 und 2 als auch in der Anordnung nach Figur 3 und 4 und damit als Schaufel 402' eingesetzt werden. Die Schaufel weist eine in Bezug zur Bewegungsrichtung 407 nach-eilende Rückseite 405 mit einer Außenkante 408 auf. An dieser Außenkante ist eine Fase 406 angeordnet. Durch diese Fase werden die Vakuumkennwerte, insbesondere das mit dem Laufrad erzielbare Druckverhältnis, entscheidend verbessert.

[0024] In einer Weiterbildung umfassen die Rückseite 405 und die Fase 406 jeweils eine ebene Fläche. Solche ebene Flächen sind kostengünstig durch Sägen herstellbar.

[0025] Dies lässt sich vorteilhaft weiterbilden, indem alle Oberflächen der Schaufel als ebene Flächen gestaltet sind, so dass die Herstellung möglichst einfach wird.

[0026] Eine Weiterbildung der Schaufel und des Laufrades ist in Figur 6 gezeigt. Eine erste Schaufel 420 und eine zweite Schaufel 412 sind in Bewegungsrichtung 407 voneinander beabstandet angeordnet. Zwischen ihnen ist ein Mittelsteg 430 ausgebildet. Erste und zweite Schaufel sind gleichförmig gestaltet. Sie weisen zwei Schaufelabschnitte 421 und 422 auf, welche ihrerseits jeweils eine Abschnittsrückseite 425 und 426 besitzen. Jeder Abschnitt ist an seiner Abschnittsrückseite mit einer Fase 406 versehen. Die Schaufelabschnitte bilden mit der Bewegungsrichtung 407 einen Winkel von weniger als 90°, gemessen in Bewegungsrichtung. Durch diesen Winkel ergibt sich eine V-förmige Stellung der Schaufelabschnitte zueinander, wobei das V in Bewegungsrichtung geöffnet ist. Diese Stellung der Schaufelabschnitte wirkt mit der Fase zusammen und verbessert das mit dem Laufrad erzielbare Druckverhältnis. Wie in den Figuren 2 und 4 angedeutet, ist eine Mehrzahl von Schaufeln in regelmäßigem Abstand über den Umfang des Laufrades verteilt vorgesehen.

[0027] In einer Weiterbildung ist diese Geometrie besonders kostengünstig herstellbar, wenn wenigstens die Fase und die Abschnittsrückseite als ebene Flächen gestaltet und die Schaufeln derart am Rand des Laufrades angeordnet sind, dass sie sich in der Laufradebene liegend radial von diesem erheben. Der Mittelsteg ist dann am Rand um das Laufrad umlaufend orientiert. Das gemäß Weiterbildung gestaltete Laufrad lässt sich kostengünstig durch Sägen aus einer Vollscheibe herstellen.

[0028] Die Fig. 7 zeigt die Anordnung aus Fig. 6 im Schnitt entlang der Linie III-III'. In dieser Ansicht ist der

zwischen den Schaufeln 420 und 412 vorgesehene Mittelsteg 430 im Querschnitt zu sehen. Der Mittelsteg weist wenigstens abschnittsweise eine Mittelsteghöhe 431 auf, die geringer als die Schaufelhöhe 432 ist. Hierdurch werden die Räume zwischen den Schaufeln beidseits des Mittelsteges miteinander verbunden. Dies resultiert ebenfalls in einer Verbesserung des erzielbaren Druckverhältnisses.

[0029] Ein weiteres vorteilhaftes Gestaltungsmerkmal soll anhand von Fig. 8 verdeutlicht werden. Diese Abbildung zeigt den Blick auf den Rand des Laufrades. Die Schaufel 450 weist zwei Schaufelabschnitte 451 und 452 mit jeweils einer Abschnittsrückseite 453 und 454 auf. An den Abschnittsrückseiten ist jeweils am Außenrand eine Fase 456 angeordnet. Die Schaufelabschnitte sind in Bewegungsrichtung um einen Versatz 461 zueinander versetzt. Die Abschnittsrückseiten der Schaufelabschnitte erstrecken sich bis über die Mitte 460 des Laufradrandes. Zudem bildet wenigstens ein Schaufelabschnitt einen Winkel 451' von weniger als 90° mit der Bewegungsrichtung. Diese Schaufelgestaltung und Kombination von Gestaltungselementen weist ebenfalls verbesserte Vakuumkennwerte auf.

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe (1) mit einem Gaseinlass (2), einem Gasauslass (3), und mit einer Seitenkanalpumpstufe (4), welche ein in Drehung versetztes Laufrad (400, 400') mit einem Rand (403) und wenigstens einer Schaufel (402, 402'; 420; 450) umfasst, wobei die Schaufel eine in Bewegungsrichtung (407) nacheilende Rückseite (405) mit einer Außenkante (408) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufel an der Außenkante der Rückseite eine Fase (406; 416; 456) aufweist. 30
2. Vakuumpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rückseite (405) und die Fase (406; 416; 456) je eine ebene Fläche umfassen. 40
3. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufel (402, 402'; 420; 450) zwei Schaufelabschnitte (421, 422; 451, 452) mit jeweils einer Abschnittsrückseite (425, 426; 453, 454) umfasst und wenigstens ein Schaufelabschnitt einen Winkel (415; 415') von weniger als 90° mit der Bewegungsrichtung (407) bildet. 45
4. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Laufrad (400, 400') eine zweite Schaufel (412) umfasst und zwischen Schaufel (402; 402'; 420) und zweiter Schaufel ein Mittelsteg (430) vorgesehen ist. 50
5. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufel

(402, 402'; 420; 450) zwei Schaufelabschnitte (451, 452) umfasst, welche in Bewegungsrichtung (407) versetzt zueinander angeordnet sind.

6. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Abschnittsrückseiten (453, 454) der Schaufelabschnitte (451, 452) bis über eine Mitte (460) des Laufrades (400, 400') erstrecken. 10
7. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Mittelsteg (430) zwischen zwei aufeinanderfolgenden Schaufeln (420, 412) wenigstens abschnittsweise eine Mittelsteghöhe (431) aufweist, die geringer als eine Schaufelhöhe (432) ist. 15
8. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufel (402; 402'; 420; 450; 412) in radialer Richtung am Rand (403) des Laufrades (400, 400') angeordnet ist. 20
9. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine für den molekularen Druckbereich angepasste Pumpstufe (5) aufweist, welche zwischen Seitenkanalpumpstufe (4) und Gaseinlass (2) angeordnet ist. 25

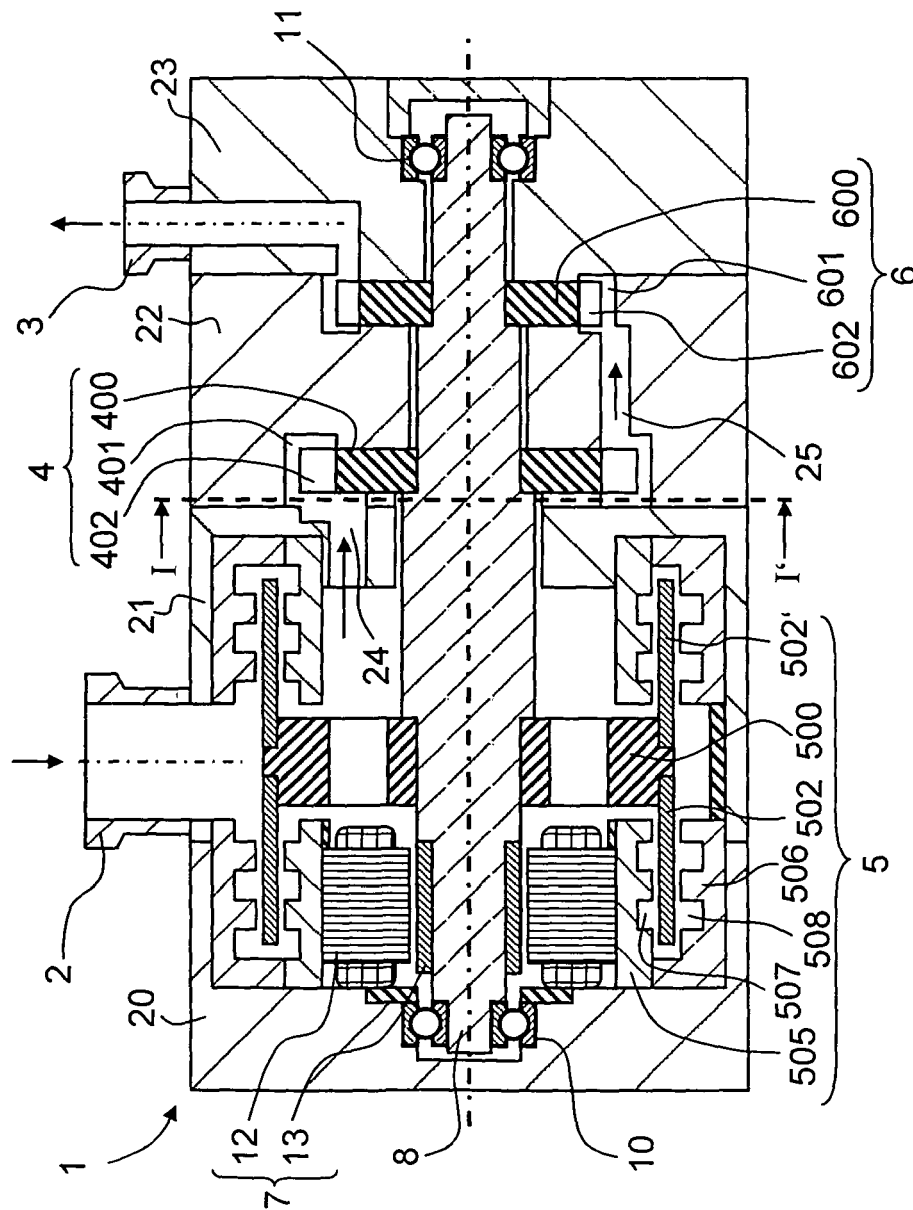


Fig. 1

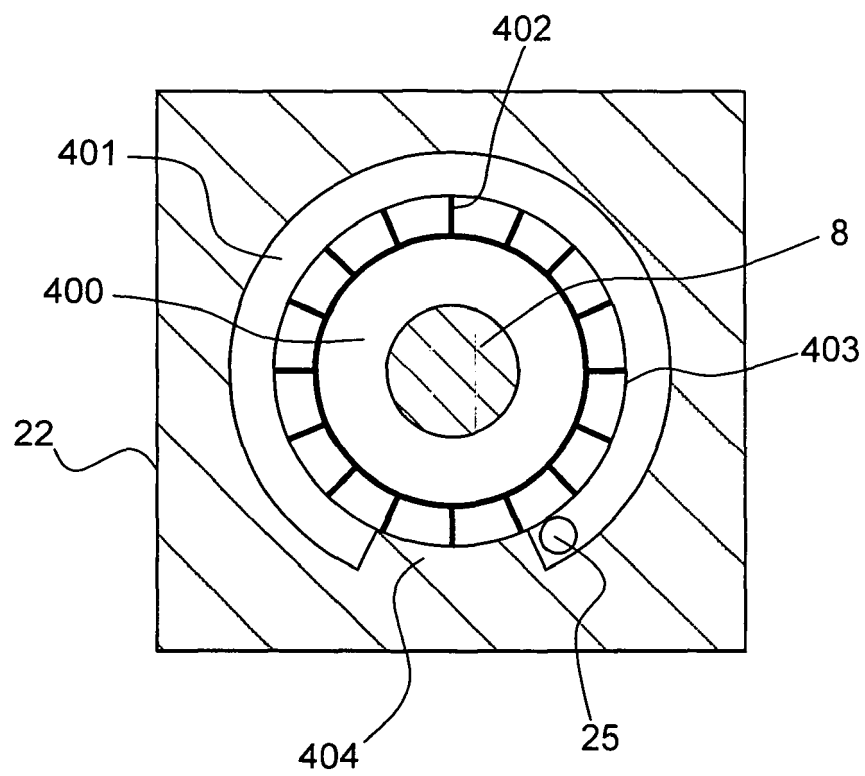


Fig. 2

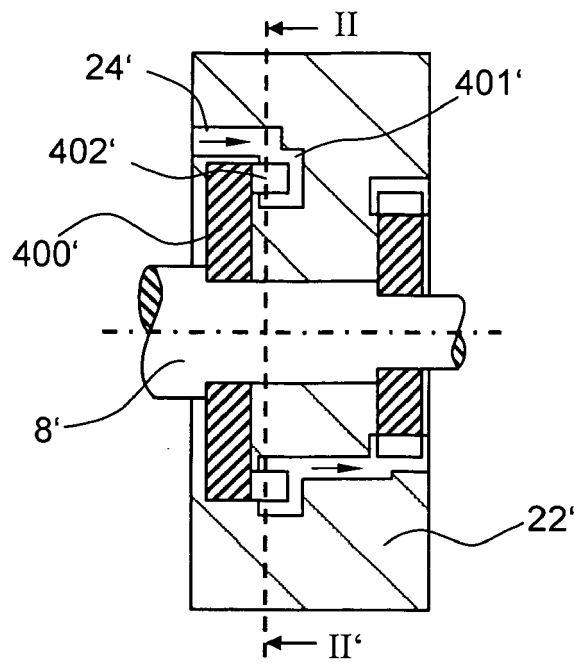


Fig. 3

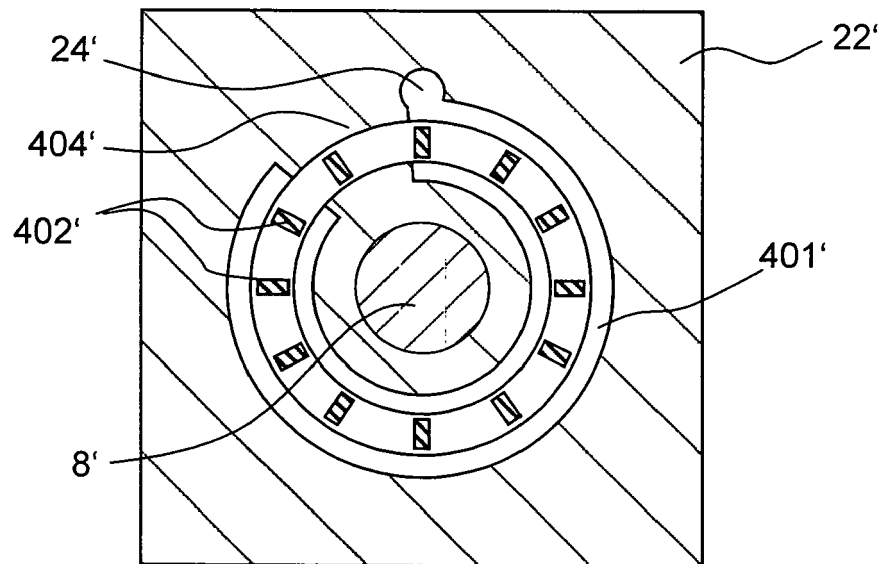


Fig. 4

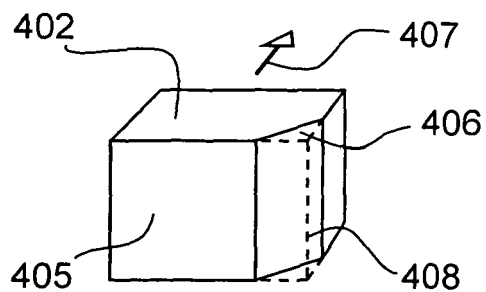


Fig. 5

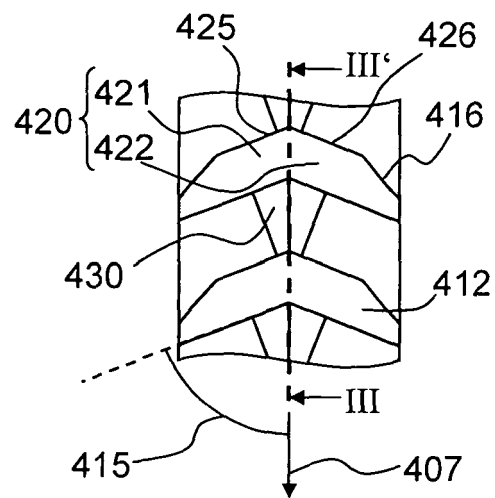


Fig. 6

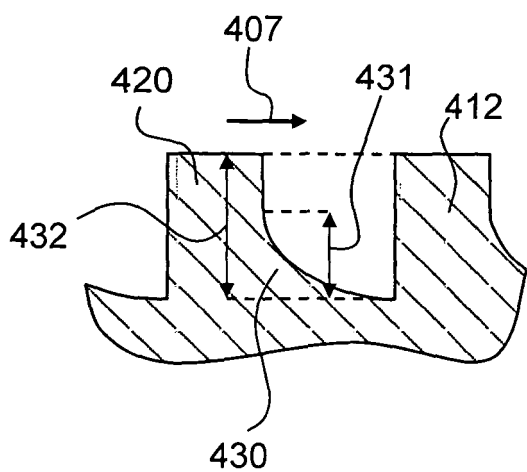


Fig. 7

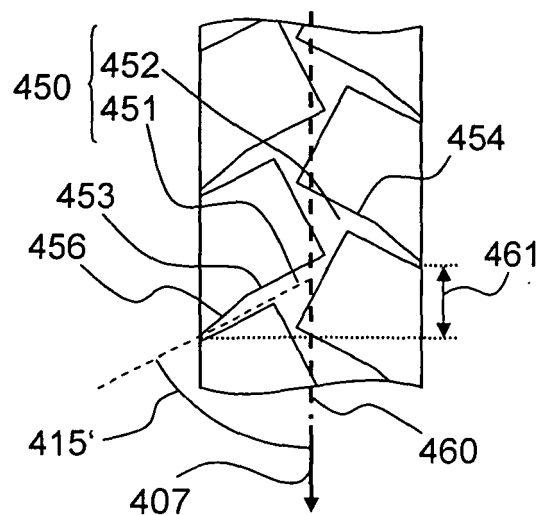


Fig. 8

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]
- EP 1576292 A [0003]