

(19)



(11)

EP 1 626 179 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
23.10.2013 Patentblatt 2013/43

(51) Int Cl.:
F04D 19/04 ^(2006.01) **F04D 25/16** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05016491.2**

(22) Anmeldetag: **29.07.2005**

(54) **Vakuumpumpe**

Vacuum pump

Pompe à vide

(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**

(30) Priorität: **10.08.2004 DE 102004038677**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.02.2006 Patentblatt 2006/07

(73) Patentinhaber: **Pfeiffer Vacuum GmbH
35614 Asslar (DE)**

(72) Erfinder: **Jung, Jürgen
35745 Herborn (DE)**

(74) Vertreter: **Knefel, Cordula
Patentanwälte Knefel & Knefel
Postfach 19 24
35529 Wetzlar (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 3 713 534 US-A- 5 352 097

EP 1 626 179 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Seit vielen Jahrzehnten werden Turbomolekularpumpen bei der Erzeugung von Hochvakuum eingesetzt. Die Pumpwirkung wird in diesen Pumpen durch Scheiben mit Flügeln erzeugt, die abwechselnd auf Rotor und Stator angebracht sind. Das Saugvermögen ist eine maßgebliche Kenngröße dieser Pumpen und hängt unter anderem von dem Durchmesser der Rotorscheiben und der Drehzahl des Rotors ab. Einige Anwendungen erfordern ein sehr hohes Saugvermögen. Beispielsweise werden große Volumina an Teilchenbeschleunigern evakuiert. Hier finden sehr große Turbomolekularpumpen Anwendung, das Saugvermögen kann bei 5000 Litern pro Minute liegen.

[0002] Diese Turbomolekularpumpen sind technisch nicht einfach. Ein Problem ist beispielsweise, dass in dem Rotor mit dem großen Durchmesser eine sehr hohe kinetische Energie gespeichert wird, die in ungünstigen Fällen bei einer Fehlfunktion freigesetzt werden kann. Ein anderes Problem ist die schwierige Rotordynamik, denn die Massenverteilung bei einem kurzen Rotor mit großem Scheibendurchmesser sorgt dafür, dass die Trägheitsmomente für die Rotation um verschiedene Achsen ähnlich werden. Damit wird das rotierende System instabiler.

[0003] Zum Stand der Technik (US 5,352,097 A) gehört eine Vakuumpumpe, die zwei Rotoren aufweist. Diese zum Stand der Technik gehörende Vakuumpumpe besteht im Prinzip aus zwei nebeneinander angeordneten Vakuumpumpen mit jeweils einem eigenständigen Einlass.

[0004] Diese zum Stand der Technik gehörende Vakuumpumpe weist nach Nachteil auf, dass die Montage an einer Vakuumvorrichtung aufwendig ist.

[0005] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist die Aufgabe, eine Vakuumpumpe zu entwickeln, die die vorgenannten Nachteile überwindet. Die Lösung soll zudem kostengünstig sein.

[0006] Diese Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale des ersten Anspruchs. Die weiteren Ansprüche stellen Ausgestaltungen der Erfindung dar.

[0007] Gemäß der Erfindung besitzt die Vakuumpumpe einen Flansch, mehrere Gaseintrittsöffnungen innerhalb dieses Flansches und mehrere Rotorwellen, die rotierende pumpaktive Bauteile tragen, welche zusammen mit stehenden pumpaktiven Bauteilen die Pumpwirkung erzielen.

[0008] Durch diese Maßnahme wird es möglich, ein hohes Saugvermögen zu realisieren und gleichzeitig den Durchmesser der Rotorscheiben im Vergleich zur Rotorlänge so zu gestalten, dass die Trägheitsmomente eine stabile Rotation um die Rotorwellenachse begünstigen. Da für die einzelnen Rotorwellen, deren Lager- und Antriebsmittel und den pumpaktiven Bauteilen auf Standardkomponenten zurückgegriffen werden kann und nur ein gemeinsames Pumpenoberteil als neues Bauteil hinzukommt, ist die Vakuumpumpe sehr kostengünstig zu

realisieren. So können zur Montage zunächst die Standardkomponenten vormontiert und anschließend in das gemeinsame Pumpenoberteil geschoben werden. Eine runde Flanschgeometrie erlaubt es, die Vakuumpumpe als Ersatz für bestehende Vakuumpumpen mit großem Saugvermögen zu verwenden. Denkbar ist natürlich, den Flansch an beliebige durch die Vakuumkammer vorgegebene Geometrien anzupassen.

[0009] Die erfindungsgemäße Gestaltung einer Vakuumpumpe soll anhand der Figuren näher erläutert werden.

Fig.1: Schnitt durch die erfindungsgemäße Vakuumpumpe.

Fig.2: Verschiedene Flanschgeometrien in der Draufsicht von oben.

Fig.3: Zwei Flanschformen im Querschnitt.

[0010] Figur 1 zeigt eine erfindungsgemäße Vakuumpumpe im Schnitt. Die Vakuumpumpe 1 besitzt einen Flansch 2. Innerhalb dieses Flansches befinden sich mehrere Gaseintrittsöffnungen 4. Eine oder mehrere Gasaustrittsöffnungen 5 erlauben den Ausstoß des abzupumpenden Gases. Mehrere Rotorwellen 6 tragen jeweils rotierende pumpaktive Bauteile 7. Zusammen mit den stehenden pumpaktiven Bauteilen 8 erzielen diese die Pumpwirkung, sobald die Rotorwellen in Drehung versetzt werden. Der Flansch 2 ist an einem gemeinsamen Gehäuseoberteil 10 angeordnet. Komplettiert wird das Gehäuse durch wenigstens ein Gehäuseunterteil 9. Antriebsmittel 11 dienen dazu, die Rotorwellen in Drehung zu versetzen. Hierbei kann es sich um einen elektrischen Motor handeln, dessen Stator im Gehäuse angebracht ist und dessen Rotorelemente auf der jeweiligen Rotorwelle sitzt. Die dazu notwendige elektrische Versorgung erfolgt durch die Steuerung 12. Um die Drehung der Wellen zu unterstützen, dienen Lagermittel 13. Dies können beispielsweise öl- oder fettgeschmierte Kugellager sein. Ebenso sind Gaslager denkbar. Bis auf das spezielle geformte Gehäuseoberteil 10 können die anderen genannten Komponenten aus der Serienfertigung von Pumpen mit kleinerem Saugvermögen und nur einem Rotor stammen.

[0011] Die zweite Figur zeigt einige denkbare Flanschgeometrien. In Teil a) sind mehrere Gaseintrittsöffnungen 4 mit gleichem Durchmesser in einem gemeinsamen runden Flansch angeordnet. In diesem Fall ist der Durchmesser der pumpaktiven rotierenden Bauteile, die auf den verschiedenen Rotorwellen sitzen, gleich.

[0012] Eine weitere Ausführungsform zeigt Figur 2b, in der im gemeinsamen runden Flansch mehrere runde Gaseintrittsöffnungen 4 mit unterschiedlichem Durchmesser angeordnet sind.

[0013] Eine weitere Ausführungsform ist in Figur 2c dargestellt, bei der der gemeinsame Flansch nicht mehr rund sondern viereckig ist. Durch diese Maßnahme kann die Vakuumpumpe optimal an die auszupumpende Kammer angepasst werden.

Weitere, hier nicht gezeigte Flanschgeometrien sind denkbar.

[0014] Figur 3 zeigt zwei verschiedene Flanschformen im Querschnitt. In der Variante a) ist der Steg 14 zwischen den Gaseintrittsöffnungen 4 zurückgezogen ausgebildet, wodurch ein Gaseinlass 3 entsteht, mit dem die Gaseintrittsöffnungen 4 direkt verbunden sind. In der Variante b) ist der Steg 14 bis auf Flanschhöhe hochgezogen und schließt bündig mit diesem ab.

[0015] In einer weiteren Ausführungsform befinden sich die Rotorwellen 6 zumindest mit einem Teil ihrer axialen Länge in dem gemeinsamen Gehäuseoberteil 10, das den Flansch 2 trägt.

[0016] In einer weiteren Ausführungsform sind mehrere Steuerungen 12 vorgesehen, die miteinander in Kontakt stehen. Dieser Kontakt kann beispielsweise über elektrische Leitungen erfolgen. Der Kontakt dient beispielsweise dazu, Betriebsparameter wie Drehfrequenz der Rotorwellen u.ä. auszutauschen.

[0017] Die einzige Steuerung oder die Mehrzahl von Steuerungen ist in einer weiteren Ausführungsform so ausgestaltet, dass sie zur Regelung des Vorvakuum-pumpsystems dient. Das Vorvakuum-pumpsystem besteht aus einer oder mehreren Vakuumpumpen, von denen mindestens eine das Gas bis auf Atmosphärendruck verdichtet. Die Regelung umfasst beispielsweise die Einstellung des Saugvermögens der einzelnen oder Mehrzahl der Vorpumpen.

[0018] In einer weiteren Ausführungsform werden die Rotorwellen frequenzversetzt in Drehung versetzt. Das heißt zu Beginn, wenn die Rotorwellen noch nicht die endgültige Drehfrequenz erreicht haben, drehen sich die Rotorwellen jeweils mit unterschiedlichen Frequenzen. Zwischen dem Start der Vakuumpumpe mit stillstehenden Rotorwellen und dem Erreichen der Betriebsdrehzahl laufen die Rotorwellen zu jedem Zeitpunkt mit voneinander verschiedenen Drehfrequenzen. Hierdurch kann vermieden werden, dass sich alle Rotorwellen gleichzeitig mit einer Frequenz drehen, die in einem Resonanzbereich liegt. Belastungen durch ein gegenseitiges Aufschaukeln der durch die Resonanzen entstehenden Schwingungen können somit vermieden werden.

[0019] In einer weiteren Ausführungsform sind die Rotorwellen zumindest teilweise parallel angeordnet. Dies erlaubt eine sehr kostengünstige und einfache Montage, da die unteren Gehäuseteile und die Pakete aus rotierenden und stehenden pumpaktiven Bauteilen als Baugruppen vormontiert werden können. Auf diese bereits montierten Baugruppen wird dann nur noch das obere Gehäuseteil 10 mit seinem Flansch 2 gesetzt.

[0020] Diese Ausführungsform kann dadurch weitergedacht werden, dass nicht nur die Achsen der einzelnen Rotorwellen parallel zueinander sind. Der Flansch definiert eine Fläche und damit eine auf ihr senkrecht stehende Flächennormale. Die weitergedachte Ausführungsform entsteht, wenn diese Flächennormale und mindestens ein Teil der Rotorwellen parallel zueinander sind.

[0021] In einer weiteren Ausführungsform ist wenigstens eines der Lagermittel ein Magnetlager. Dabei kann es sich um ein passives oder ein aktives Magnetlager handeln, welches die Drehung in radialer oder axialer Richtung unterstützt.

[0022] In einer weiteren Ausführungsform sind die rotierenden 7 und stehenden 8 pumpaktiven Bauteile als Flügel derart ausgebildet, dass es sich um eine Turbomolekularvakuum-pumpe handelt.

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe (1) mit einem Flansch (2), mindestens zwei Gaseintrittsöffnungen (4), mindestens einer Gasaustrittsöffnung (5), mindestens zwei Rotorwellen (6), die jeweils rotierende pumpaktive Bauteile (7) tragen, welche jeweils stehenden pumpaktiven Bauteilen (8) gegenüberstehen, mit mindestens einem unteren Gehäuseteil (9), einem den Flansch tragenden Gehäuseteil (10), mit Antriebsmitteln (11), welche die Rotorwellen (6) in Rotation versetzen, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich alle Gaseintrittsöffnungen (4) innerhalb des Flansches (2) befinden und dass der Flansch (2) an einem gemeinsamen Gehäuseteil (10) angeordnet ist.
2. Vakuumpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle Rotorwellen (6) wenigstens über einem Teil ihrer axialen Länge in dem gemeinsamen Gehäuseteil (10) angeordnet sind.
3. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Steuerung (12) zur elektrischen Ansteuerung der Antriebsmittel (11) vorhanden ist.
4. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Steuerungen (12) zur elektrischen Ansteuerung der Antriebsmittel (11) vorhanden sind und miteinander in Kontakt stehen.
5. Vakuumpumpe nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerung (12) zur elektrischen Ansteuerung eines Vorvakuum-systems dient.
6. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Durchmesser der rotierenden pumpaktiven Bauteile (7) und die Durchmesser der stehenden pumpaktiven Bauteile (8) der verschiedenen Rotorwellen (6) gleich sind.
7. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rotorwellen (6) frequenzversetzt in Rotation versetzt werden.

8. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Teil der Achsen der Vakuumpumpe, die durch eine Flächennormale und durch die Rotorwellen gegeben sind, parallel angeordnet sind. 5
9. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vakuumpumpe weiterhin Lagermittel (13) umfasst, wobei mindestens eines der Lagermittel (13) ein Magnetlager ist. 10
10. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Flansch (2) kreisförmig ist. 15
11. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Molekularvakuumpumpe ist. 20
12. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Turbomolekularvakuumpumpe ist. 25

Claims

1. Vacuum pump (1) with a flange (2), at least two gas inlet openings (4), at least one gas outlet opening (5), at least two rotor shafts (6), which carry respective rotating active pump components (7), which oppose respective stationary active pump parts (8), with at least one lower housing part (9), a housing upper part (10) carrying the flange, with drive means (11), which cause the rotor shafts (6) to rotate, **characterised in that** all gas inlet openings (4) are located within the flange (2) and **in that** the flange (2) is arranged on a common housing upper part (10). 30
2. Vacuum pump according to claim 1, **characterised in that** all rotor shafts (6) are arranged, at least over a part of their axial length, in the common housing upper part (10). 40
3. Vacuum pump according to claim 1 or 2, **characterised in that** a controller (12) is provided to electrically control the drive means (11). 45
4. Vacuum pump according to claim 1 or 2, **characterised in that** a plurality of controllers (12) are provided to electrically control the drive means (11) and are in contact with one another. 50
5. Vacuum pump according to claim 3, **characterised in that** the controller (12) is used to electrically control a pre-vacuum system. 55
6. Vacuum pump according to any one of the preceding

claims, **characterised in that** the diameters of the rotating active pump components (7) and the diameters of the stationary active pump components (8) of the various rotor shafts (6) are the same.

7. Vacuum pump according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the rotor shafts (6) are caused to rotate in a frequency-offset manner.
8. Vacuum pump according to any one of the preceding claims, **characterised in that** at least some of the axes of the vacuum pump, which are defined by a surface normal and by the rotor shafts, are arranged in parallel.
9. Vacuum pump according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the vacuum pump furthermore comprises bearing means (13), at least one of the bearing means (13) being a magnetic bearing.
10. Vacuum pump according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the flange (2) is circular.
11. Vacuum pump according to any one of the preceding claims, **characterised in that** it is a molecular vacuum pump.
12. Vacuum pump according to any one of the preceding claims, **characterised in that** it is a turbomolecular vacuum pump.

Revendications

1. Pompe à vide (1) avec une bride (2), au moins deux ouvertures d'entrée de gaz (4), au moins une ouverture de sortie de gaz (5), au moins deux arbres de rotor (6), qui portent respectivement des composants de pompe actifs tournants (7), qui font face respectivement à des composants de pompe actifs stationnaires (8), avec au moins une partie de boîtier inférieure (9), une partie de boîtier supérieure (10) portant la bride, avec des moyens d'entraînement (11), qui mettent les arbres de rotor (6) en rotation, **caractérisée en ce que** toutes les ouvertures d'entrée de gaz (4) se trouvent à l'intérieur de la bride (2) et **en ce que** la bride (2) est disposée sur une partie supérieure de boîtier commune (10).
2. Pompe à vide selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** tous les arbres de rotor (6) sont disposés dans la partie supérieure de boîtier commune (10) au moins sur une partie de leur longueur.
3. Pompe à vide selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce qu'il** se trouve une commande (12) pour la commande électrique des moyens d'entraî-

nement (11).

4. Pompe à vide selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce qu'il** se trouve plusieurs commandes (12) pour la commande électrique des moyens d'entraînement (11) et celles-ci sont en contact l'une avec l'autre. 5
5. Pompe à vide selon la revendication 3, **caractérisée en ce que** la commande (12) sert pour la commande électrique d'un système de vide préalable. 10
6. Pompe à vide selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les diamètres des composants de pompe actifs tournants (7) et les diamètres des composants de pompe actifs stationnaires (8) des différents arbres de rotor (6) sont égaux. 15
7. Pompe à vide selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les arbres de rotor (6) sont mis en rotation avec un décalage de fréquence. 20
8. Pompe à vide selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'au** moins une partie des axes de la pompe à vide, qui sont déterminés par une normale à la surface et par les arbres de rotor, sont disposées parallèlement. 25
30
9. Pompe à vide selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la pompe à vide comprend en outre des moyens de palier (13), dans laquelle au moins un des moyens de palier (13) est un palier magnétique. 35
10. Pompe à vide selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la bride (2) est circulaire. 40
11. Pompe à vide selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'elle** est une pompe à vide moléculaire.
12. Pompe à vide selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'elle** est une pompe à vide turbomoléculaire. 45

50

55

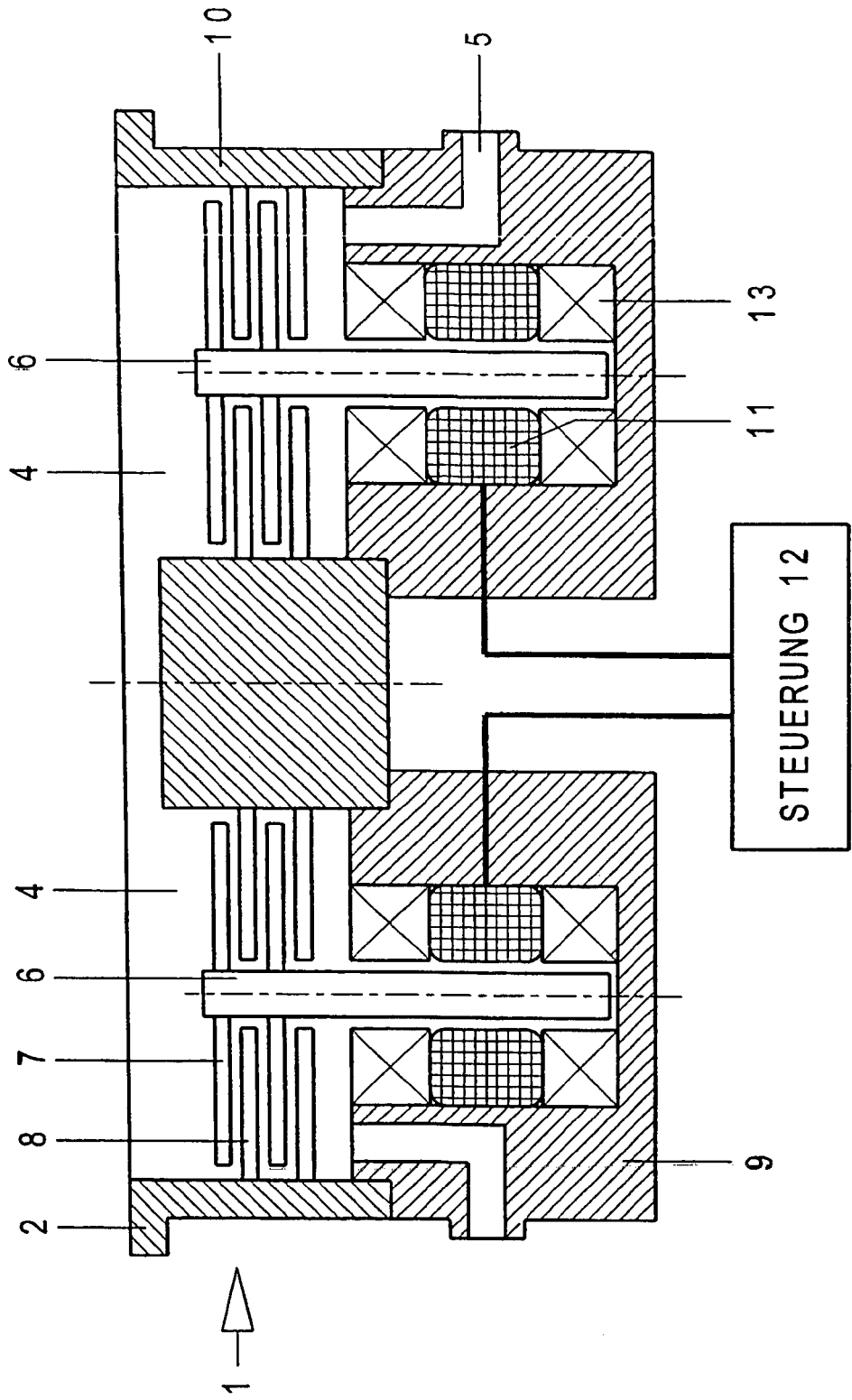


Fig. 1

Fig. 2a

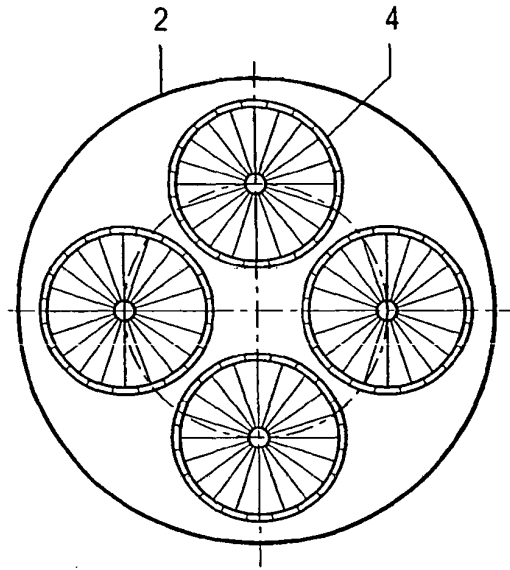


Fig. 2b

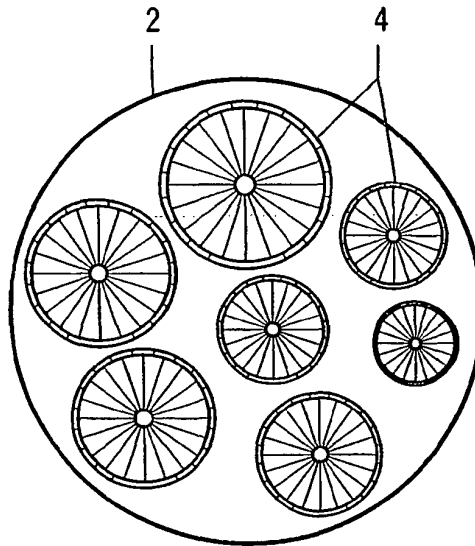
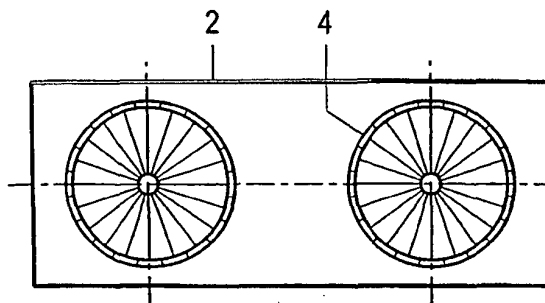


Fig. 2c



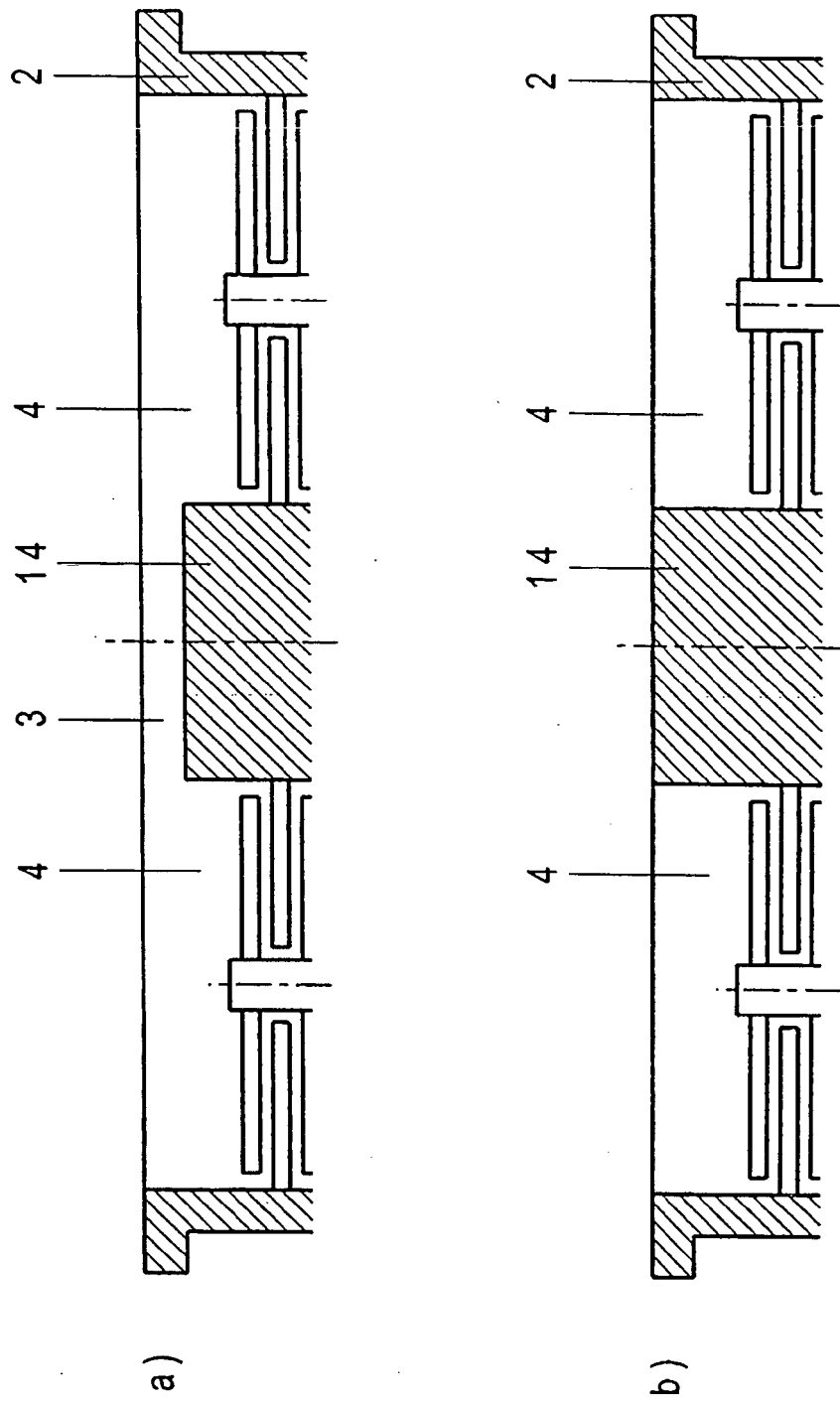


Fig. 3

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

- US 5352097 A [0003]