



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
15.06.2016 Patentblatt 2016/24

(51) Int Cl.:
F04D 19/04 (2006.01) **F04D 29/32** (2006.01)
F04D 29/54 (2006.01) **F04D 29/64** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15191438.9**

(22) Anmeldetag: **26.10.2015**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL 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 RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA

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

(72) Erfinder:
• **Bader, Florian**
35625 Hüttenberg (DE)
• **Hofmann, Jan**
35305 Grünberg (DE)

(30) Priorität: **08.12.2014 DE 102014118083**

(74) Vertreter: **Manitz, Finsterwald & Partner GbR**
Martin-Greif-Strasse 1
80336 München (DE)

(54) **TURBOMOLEKULARPUMPE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Turbomolekularpumpe mit wenigstens einer Turbomolekularpumpstufe, die zumindest einen um eine Achse (34) drehbar gelagerten Schaufelrotor (12) umfasst, wobei eine den Schaufelrotor (12) zumindest teilweise umgebende Wand (16) auf wenigstens einem pumpwirksamen Teilbereich ihrer dem Schaufelrotor (12) zugewandten Seite mit zumin-

dest einer Vertiefung versehen ist. Ferner betrifft die Erfindung eine Turbomolekularpumpe mit wenigstens einer Turbomolekularpumpstufe, die zumindest in einem Teilaxialbereich von einem Holweckstator umgeben ist, dessen pumpwirksame Seite dem Schaufelrotor (12) der Turbomolekularpumpstufe zugewandt ist.

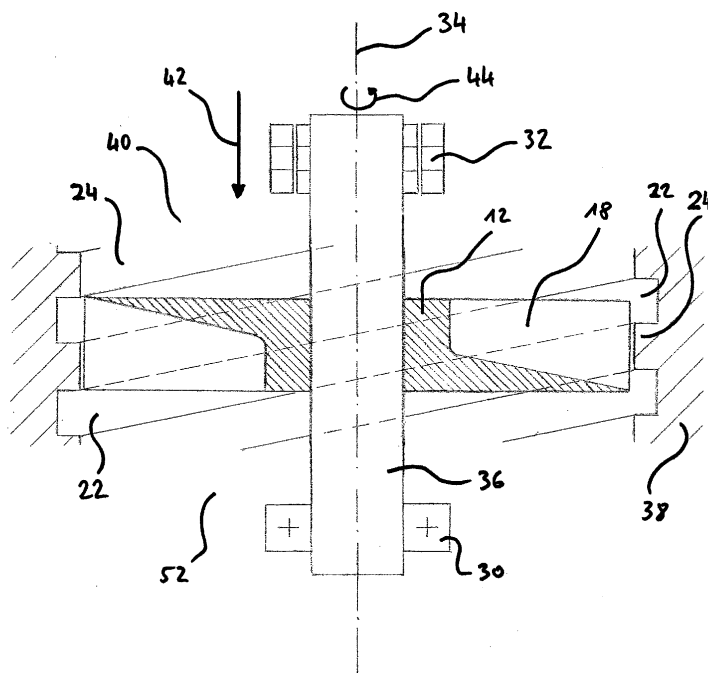


Fig. 5

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Turbomolekularpumpe mit wenigstens einer Turbomolekularpumpstufe, die zumindest einen um eine Achse drehbar gelagerten Schaufelrotor umfasst.

[0002] Derartige Turbomolekularpumpen sind grundsätzlich bekannt und werden z.B. in der Halbleiterindustrie und in der physikalischen Forschung eingesetzt, um ein dort benötigtes Hochvakuum zu erzeugen. Die Turbomolekularpumpe zeichnet sich durch einen nachstehend auch als Rotor bezeichneten Schaufelrotor aus, dessen Aufbau an den Rotor einer Turbine erinnert. Der Schaufelrotor wirkt mit einem im Folgenden auch als Stator bezeichneten Schaufelstator zusammen und rotiert üblicherweise mit einer derart hohen Geschwindigkeit, dass die Tangentialgeschwindigkeit der einzelnen Rotorschaukeln in ähnlicher Größenordnung zu der mittleren thermischen Geschwindigkeit von zu fördernden Teilchen liegt. Bei einer senkrechten Pumprichtung von oben nach unten kollidiert die Mehrzahl der Teilchen mit einer Unterseite einer winklig angestellten Rotorschaukel. Durch eine Vorzugsrichtung der Unterseite der Rotorschaukel in Pumprichtung entsteht eine Pumpwirkung.

[0003] Der Rotor muss außerdem von einer Wand umgeben sein, um einen Rückfluss der Teilchen außerhalb des Rotorbereiches zu verhindern. Eine solche Wand wird z.B. von der Innenseite eines die Turbomolekularpumpstufe enthaltenden Gehäuses oder von den Innenseiten von zwischen einzelnen Statorscheiben angeordneten Statordistanzringen gebildet. Diese Wand weist eine zylindrische Innenfläche auf, die konzentrisch zu dem Rotor angeordnet ist und deren Vorzugsrichtung nach radial innen und somit in Pumprichtung zeigt. Teilchen, die von selbst oder nach Kollision mit einer Rotorschaukel auf die zylindrische Innenfläche der Wand treffen, erfahren dort keine Pumpwirkung mehr.

[0004] Vor diesem Hintergrund ist es die Aufgabe der Erfindung, die Leistung von Turbomolekularpumpen zu verbessern.

[0005] Diese Aufgabe wird durch eine Turbomolekularpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, und insbesondere dadurch, dass eine den Schaufelrotor zumindest teilweise umgebende Wand auf wenigstens einem pumpwirksamen Teilbereich ihrer dem Schaufelrotor zugewandten Seite mit zumindest einer Vertiefung versehen ist.

[0006] Von Molekularpumpen z.B. nach Gaede oder Holweck ist bekannt, dass eine solche Vertiefung den zu fördernden Teilchen selbst eine weitere Vorzugsrichtung geben kann. Vorteilhaft dafür ist, wenn die Teilchen bereits eine Vorzugsrichtung besitzen, bevor sie in die Vertiefung eintreten, so dass die Mehrheit der Teilchen auf eine mit ihrer Normalen in Pumprichtung zeigende Fläche der Vertiefung trifft. Dies ist bei einem Schaufelrotor einer Turbomolekularpumpe, der gegenüber einer Vertiefung angeordnet ist, im Allgemeinen gegeben, da durch die Rotation der Rotorschaukeln eine tangentiale

Geschwindigkeitskomponente der Teilchen im Allgemeinen nicht Null ist, sondern mit einem Betrag größer Null in Drehrichtung zeigt. Dadurch kann die Wand gewissermaßen selbst zu einem pumpaktiven Teilbereich werden.

[0007] Die Leistung der Turbomolekularpumpe kann dadurch verbessert werden, dass Teilchen, die auf die Wand treffen, eine Vorzugsrichtung in Pumprichtung erhalten.

[0008] Es ist erfindungsgemäß besonders einfach und kostengünstig, eine solche Vertiefung in die dem Schaufelrotor zugewandte Seite der Wand einzubringen. Eine solche Vertiefung kann beispielsweise einfach mit einem gewöhnlichen Fräswerkzeug eingebracht werden.

[0009] Ferner können dadurch an einem bestehenden Flansch mit einer bestehenden Pumpe das Saugvermögen und die Kompression erhöht werden. Außerdem ermöglicht die Erfindung die technische Anpassung eines statischen Bauteils der Turbomolekularpumpe. Statische Bauteile sind nicht wie Rotorbauteile so hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt. Sie können daher ohne Qualifizierung verändert und eingebaut werden. Deshalb sind Weiterentwicklungen von Turbomolekularpumpen technologisch besonders vorteilhaft, wenn sie lediglich - wie hier erfindungsgemäß möglich - statische Bauteile betreffen.

[0010] Die Pumpwirkung wird weiter verbessert, wenn die Vertiefung einen Verlauf mit einer axialen Komponente und/oder mit einer von Null verschiedenen Steigung aufweist. Dadurch erhalten die Teilchen eine Vorzugsrichtung mit ebenfalls einer axialen Komponente. Die Pumpwirkung in axialer Richtung wird also verbessert.

[0011] Vorteilhaft kann die Vertiefung einen spiral- oder schraubenförmigen Verlauf aufweisen. Die Vertiefung kann also einen Gewindevverlauf besitzen, der dem Vertiefungsverlauf bei Gaede'schen Gewindepumpen oder Molekularpumpen nach Holweck entspricht. Die Vertiefung kann als Helix ausgebildet sein. Dadurch wird den Teilchen noch gleichmäßiger die gewünschte Vorzugsrichtung beigebracht. Der spiral- oder schraubenförmige Verlauf der Vertiefung besitzt vorteilhaft den gleichen Drehsinn wie der Schaufelrotor.

[0012] Die Vertiefung kann ferner nut- oder kanalartig ausgebildet sein. Die Führung der Teilchen in ihrer Vorzugsrichtung wird dadurch weiter verbessert. Eine derartige Nut oder ein derartiger Kanal lässt sich besonders einfach in eine Wandinnenseite einbringen.

[0013] Vorteilhaft ist ferner der pumpwirksame Teilbereich mit einer Mehrzahl von, insbesondere unzusammenhängenden, Vertiefungen versehen. Dabei können die Vertiefungen vorteilhaft parallel zueinander verlaufen. Durch das Vorsehen mehrerer erfindungsgemäßer Vertiefungen kann die Pumpwirkung der Wandinnenseite insbesondere proportional zur Zahl der Vertiefungen verstärkt werden. Unzusammenhängende und/oder parallele Vertiefungen lassen sich ferner besonders einfach einbringen und verhindern ein Rückströmen zwischen

den Vertiefungen.

[0014] Vorteilhaft ist der pumpwirksame Teilbereich der Wand als Holweckstator ausgebildet. So kann mit wenigen konstruktiven Maßnahmen der für sich bekannte Holweckstator auf eine Turbomolekularpumpstufe angewendet werden.

[0015] Die Wand kann vorteilhaft von einem den Schaufelrotor umgebenden Gehäuse gebildet sein. Der pumpwirksame Teilbereich ist dabei auf der Innenseite des Gehäuses ausgebildet. Dadurch braucht nicht eine zusätzliche Wand in das Pumpengehäuse eingebracht zu werden. Die Vertiefung lässt sich außerdem beim Gehäuseguss oder durch Einfräsung herstellen. Insbesondere kann das Gehäuse das Außengehäuse der Pumpe darstellen. Dadurch werden noch weniger Einzelteile benötigt.

[0016] Die Wand kann aber z.B. auch von einem den Schaufelrotor umgebenden Ringelement gebildet und der pumpwirksame Teilbereich auf der Innenseite des Ringelements ausgebildet sein. Das Ringelement ist einfach zu bearbeiten und zu montieren, stellt jedoch ein zusätzliches Teil der Vakuumpumpe dar. Das Ringelement kann dazu ausgebildet sein, zwischen zwei Statorscheiben angeordnet zu sein und so deren axialen Abstand zwischen einander festzulegen. Das Ringelement kann insbesondere ein Distanzring, ein Abstandsring, eine Distanzhülse und/oder eine Abstandshülse sein.

[0017] Es kann also erfindungsgemäß vorgesehen sein, ohnehin vorhandene Elemente wie Ring- oder Hülselemente zwischen aufeinander folgenden Statorscheiben dazu zu nutzen, pumpwirksame Teilbereiche zu bilden, die auf ihrer dem Schaufelrotor zugewandten Seite mit zumindest einer Vertiefung versehen sind.

[0018] In einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst der Schaufelrotor eine Mehrzahl von axial aufeinanderfolgend angeordneten, einstückig miteinander verbundenen oder separaten Rotorscheiben. Die Pumpleistung der Turbomolekularpumpe kann durch mehrere Rotorscheiben weiter verbessert werden.

[0019] Vorteilhaft kann vorgesehen sein, dass der pumpwirksame Teilbereich sich in axialer Richtung lediglich über eine, bevorzugt die der Ansaugseite der Pumpe am nächsten gelegene Rotorscheibe umfassende, Teilmenge von Rotorscheiben erstreckt, insbesondere über genau eine Rotorscheibe. An der in Pumprichtung ersten Rotorscheibe kann die Pumpwirkung durch die erfindungsgemäße Vertiefung besonders wirksam verbessert werden.

[0020] Es können zumindest einige Schaufeln eines mit dem Schaufelrotor zusammenwirkenden Schaufelstators mit der Wand verbunden sein. Daraus ergibt sich ein einfacherer Aufbau der Turbomolekularpumpe.

[0021] Der pumpwirksame Teilbereich kann sich vorteilhaft axial außerhalb von Schaufeln eines mit dem Schaufelrotor zusammenwirkenden Schaufelstators befinden. Der pumpwirksame Teilbereich ist dann nur gegenüber den Schaufeln des Schaufelrotors, also nicht auf der Höhe des Stators, angeordnet.

[0022] Alternativ kann sich ein pumpwirksamer Bereich der Wand zumindest im Wesentlichen über die gesamte axiale Länge der Turbomolekularpumpe erstrecken. Vorteilhaft kann weiter vorgesehen sein, dass ein mit dem Schaufelrotor zusammenwirkender Schaufelstator eine Mehrzahl axial aufeinander folgend angeordneter Statorscheiben umfasst, wobei der pumpwirksame Teilbereich sich lediglich axial zwischen den Statorscheiben und/oder axial benachbart zu wenigstens einer der Statorscheiben befindet. Beispielsweise kann der pumpwirksame Teilbereich von den Innenseiten von jeweils zwischen Statorscheiben und somit auf der Höhe einer Rotorscheibe gelegenen Statorstanzringen gebildet sein. Dies erleichtert die Einbringung der Vertiefung.

[0023] Vorteilhaft kann ferner vorgesehen sein, dass Schaufeln eines mit dem Schaufelrotor zusammenwirkenden Schaufelstators in einem radial äußeren Endbereich jeweils einen Anstellwinkel aufweisen, der zumindest näherungsweise gleich einer Steigung der Vertiefung ist. Die Vertiefung erstreckt sich dabei zumindest im Wesentlichen parallel zur Ausrichtung bzw. zu dem Anstellwinkel der Statorschaufeln. Dadurch wird die Weiterleitung der Teilchen weiter verbessert.

[0024] In einer weiteren Ausführungsform weisen die Schaufeln des Schaufelrotors in einem radial äußeren Endbereich jeweils einen Anstellwinkel auf, der zwischen 45° und 90° von einer Steigung der Vertiefung verschieden ist. Die Vertiefung ist hierbei senkrecht oder in einem spitzen Winkel zu den Rotorscheiben angeordnet.

[0025] Es kann vorteilhaft auch vorgesehen sein, dass der pumpwirksame Teilbereich eine Mehrzahl parallel verlaufender Vertiefungen aufweist, die durch Stege voneinander getrennt sind, wobei die Anzahl der Stege zumindest näherungsweise gleich der Anzahl von Schaufeln pro Statorscheibe eines mit dem Schaufelrotor zusammenwirkenden Schaufelstators ist. Es kann vorteilhaft sein, genauso viele Vertiefungen bzw. genauso viele Stege wie Statorschaufeln vorzusehen. Ferner kann auch die Anzahl der Rotorscheiben gleich der Anzahl der Statorschaufeln sein. Dadurch kann die Durchtrittswahrscheinlichkeit der einzelnen Teilchen weiter verbessert werden.

[0026] Die Statorschaufeln können mit den Stegen der Wandinnenseite fest verbunden, insbesondere materialschlüssig ausgeführt, sein. Die Statorschaufeln können also den Stegen zwischen den Vertiefungen entspringen. Die Vertiefungen können sich außerdem zwischen den Statorschaufeln hindurch erstrecken. Die Vertiefungen können sich auch kontinuierlich über mehrere Turbomolekularpumpstufen oder über mehrere abwechselnd angeordnete Rotor- und Statorscheiben hinweg erstrecken. Die Vertiefungen können als mehrgängiges Innengewinde ausgeführt sein. So lässt sich eine verbesserte kontinuierliche Teilchenströmung in dem pumpwirksamen Teilbereich erreichen.

[0027] Eine erfindungsgemäße Vertiefung kann ferner auch auf der Innenseite eines Statorstanzrings angeordnet sein. Dies erleichtert die Fertigung besonders von

Turbomolekularpumpen mit mehreren Turbomolekularpumpstufen oder mit mehreren abwechselnd angeordneten Rotor- und Statorscheiben.

[0028] Die Aufgabe der Erfindung löst ferner eine Turbomolekularpumpe mit wenigstens einer Turbomolekularpumpstufe, die zumindest in einem Teilaxialbereich von einem Holweckstator umgeben ist, dessen pumpwirksame Seite dem Schaufelrotor der Turbomolekularpumpstufe zugewandt ist.

[0029] Die Erfindung kombiniert hierdurch eine Turbomolekularpumpstufe mit einer Holweckpumpstufe bzw. schafft eine Hybridpumpstufe aus diesen beiden Pumpentypen.

[0030] Mögliche konkrete Ausgestaltungen auch dieser Pumpe sind vorstehend und in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0031] Weitere Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung sowie den Zeichnungen angegeben.

[0032] Die Erfindung wird nachfolgend lediglich beispielhaft unter Bezugnahme auf die Zeichnungen erläutert.

Fig. 1 zeigt eine Schnittansicht einer erfindungsgemäßen Turbomolekularpumpe.

Fig. 2 zeigt in Perspektivansicht eine erfindungsgemäße Pumpstufe einer Turbomolekularpumpe.

Fig. 3 zeigt in einer anderen Perspektivansicht einen Teil der Pumpstufe von Fig. 2.

Fig. 4 zeigt eine Prinzipdarstellung einer erfindungsgemäßen Vertiefungsanordnung.

Fig. 5 zeigt in einer Prinzipdarstellung den Schaufelrotor einer erfindungsgemäßen Turbomolekularpumpstufe im Querschnitt längs der Drehachse des Rotors.

[0033] Fig. 1 zeigt rein beispielhaft einen typischen Grundaufbau aufweisende Turbomolekularpumpe mit einem Turbomolekular-Pumpabschnitt 56 und einem Holweck-Pumpabschnitt 58. Die Turbomolekularpumpe umfasst eine Rotorwelle 36, die in einem Gehäuse 38 drehbar durch ein Kugel- oder allgemein ein Wälzlager 30 auf der Ausstoßseite und durch ein als Permanentmagnetlager ausgeführtes Radiallager 32 auf der Ansaugseite 40 der Turbomolekularpumpe gelagert ist. Auf der Rotorwelle 36 sitzen mehrere Rotorscheiben 12, die im Betrieb gemeinsam mit der Rotorwelle 36 rotieren. Zwischen den Rotorscheiben 12 sind Statorscheiben 14 axial alternierend mit den Rotorscheiben 12 angeordnet. Die Statorscheiben 14 sind in ihrem gegenseitigen axialen Abstand durch Distanz- oder Abstandsringe 54 festgelegt. Die Distanzringe 54 weisen auf ihrer den Rotorscheiben 12 zugewandten Seite jeweils eine Wand auf, die erfindungsgemäße jeweils mit einer oder mehreren

Vertiefungen, z.B. nach der Ausführungsform der Fig. 5, versehen sind.

[0034] Die Fig. 2 zeigt einen Schaufelrotor 12 und einen Schaufelstator 14 einer Turbomolekularpumpstufe. Der Schaufelrotor ist in radialer Richtung von einer Wand 16 umgeben. Der Schaufelrotor 12 rotiert um eine nicht dargestellte, konzentrische Achse mit der Drehrichtung 44. Von radial innen nach radial außen erstrecken sich Rotorscheaufeln 18, die in sich verwunden sind. Das heißt der Anstellwinkel, der sich auf die radial äußeren Enden der Statorschaufeln bezieht, ist steiler als der Winkel des Ursprungs der Rotorscheaufeln. Der Schaufelrotor ist außerdem im Wesentlichen als Scheibe ausgeführt, d.h. er erstreckt sich im Wesentlichen in radialer Richtung und besitzt eine Dicke in axialer Richtung.

[0035] Der Schaufelstator 14 der Fig. 2 ist im Wesentlichen gleich dem Schaufelrotor 12, jedoch gewissermaßen spiegelverkehrt ausgeführt. Die Statorschaufeln 20 entspringen ebenfalls radial innen am Schaufelstator 14. Sie können jedoch auch radial außen, z.B. an der Wand 16, entspringen.

[0036] Die Wand 16 umschließt den Schaufelrotor 12 in radialer Richtung. Auf der Innenseite, also auf der dem Schaufelrotor zugewandten Seite, weist die Wand 16 Vertiefungen 22 auf. Die Vertiefungen 22 sind jeweils als Nut ausgeführt und erstrecken sich schraubenförmig in axialer Richtung. Zwischen den Vertiefungen 22 sind Stege 24 ausgebildet. Zwischen den Stegen 24 besteht also eine Art Kanal in einem pumpwirksamen Teilbereich. Die Anzahl der Vertiefungen 22 und die Anzahl der Stege 24 sind jeweils gleich der Anzahl der Statorschaufeln 20 und gleich der Anzahl der Rotorscheaufeln 18. Die Vertiefungen 22 sind parallel zueinander und parallel zu den äußeren Enden der Statorschaufeln 20 angeordnet. Die Pumprichtung richtet sich in Fig. 2 von oben nach unten, also axial nach unten. Die Fig. 3 zeigt eine alternative Ansicht der Turbomolekularpumpstufe von Fig. 2. Axial benachbart sind der Schaufelrotor 12 und der Schaufelstator 14 angeordnet. Der Schaufelrotor ist von der Wand 16 radial umschlossen. Die Wand 16 weist auf ihrer Innenseite die Vertiefungen 22 und die dazwischen angeordneten Stege 24 auf. Der Schaufelrotor 12 rotiert mit seinen Rotorscheaufeln 18 innerhalb der Wand 16. Die Statorschaufeln 20 des Schaufelstators 14 sind statisch angeordnet. Der pumpwirksame Teilbereich, also die Axialerstreckung der Vertiefungen 22, erstreckt sich nur über die axiale Breite der Rotorscheaufeln 18.

[0037] Die Stege 24 zwischen den Vertiefungen 22 verlaufen parallel zu den Vertiefungen 22. Dabei sind sie schmaler als die Vertiefungen 22 ausgeführt. Die Vertiefungen 22 sind als kanalartige, rechtwinklige Nuten auf der Innenseite der Wand 16 ausgeführt. Entsprechend sind die Stege 24 ebenfalls rechtwinklig ausgebildet. Die Stege 24 und die Vertiefungen 22 erstrecken sich parallel zu den radial äußeren Enden der Statorschaufeln 20. Die Stege 24 sind dabei jeweils in Umfangsrichtung an der gleichen Stelle wie die Statorschaufeln 20 angeordnet. Die axial unteren, also in der Fig. 3 die hinteren Enden

der Vertiefungen 22 sind in Umfangsrichtung zwischen den Statorschaufeln 20 angeordnet. Ein Teilchenstrom in einer Vertiefung 22 kann dadurch ungehindert zwischen den Statorschaufeln 20 hindurchströmen. Die axial unteren Enden der Vertiefungen 22 sind dem Schaufelstator zugewandt.

[0038] Die Fig. 4 zeigt in einer Prinzipdarstellung zwei Turbomolekularpumpstufen. Axial benachbart sind ein Rotorbereich 26, ein Statorbereich 28, ein weiterer Rotorbereich 26 und ein weiterer Statorbereich 28 angeordnet. Jeweils ein Rotorbereich 26 und ein benachbarter, axial unterhalb angeordneter Statorbereich 28 bilden eine Turbomolekularpumpstufe. Es sind also in Fig. 3 zwei Turbomolekularpumpstufen dargestellt.

[0039] Anstatt von "Stufen" kann auch von "Scheiben" gesprochen werden, d.h. diese exemplarisch dargestellte Turbomolekularpumpe umfasst zwei Rotor- und zwei Statorscheiben, die gemeinsam auch als Turbomolekularpumpstufe bezeichnet werden können.

[0040] Die Pumprichtung verläuft von oben nach unten. In den Rotorbereichen 26 bewegen sich die Rotor-schaufeln 18 von links nach rechts. In den Statorbereichen sind die Statorschaufeln 20 statisch angeordnet.

[0041] Innen an einer nicht dargestellten Wand 16 (z. B. nach Fig. 2 oder 3) sind Vertiefungen 22 angeordnet. Zwischen den Vertiefungen 22 sind Stege 24 angeordnet. In dieser Ausführungsform sind die Stege 24 breiter als die Vertiefungen 22 ausgeführt. Die Vertiefungen 22 wie auch die Stege 24 sind parallel zu den Statorschaufeln 20 angeordnet. Der Anstellwinkel 46 der Statorschaufeln 20 ist also an ihren radial äußeren Enden gleich der Steigung 48 der Vertiefungen 22. Die Vertiefungen 22 sind außerdem in Umfangsrichtung mittig zwischen den Statorschaufeln 20 gelegen. Die Vertiefungen 22 erstrecken sich also in Pumprichtung von einer oberen Ansaugseite hin zu einer unteren Ausstoßseite durchgehend über beide dargestellte Turbomolekularpumpstufen hinweg.

[0042] Der Anstellwinkel 50 der Rotorschaufeln 18 ist um 90° größer als der Anstellwinkel 46 der Statorschaufeln 20. Die Rotorschaufeln 18 und die Statorschaufeln 20 sind also an ihren radial äußeren Enden senkrecht zueinander ausgerichtet. Die radial äußeren Enden der Rotorschaufeln 18 sind daher auch senkrecht zur Steigung 48 der Vertiefungen 22 angeordnet.

[0043] Die Fig. 5 zeigt schematisch einige Komponenten einer erfindungsgemäßen Turbomolekularpumpe, und zwar in einer Prinzipdarstellung einen auch als Rotorscheibe bezeichneten Schaufelrotor 12 mit Schaufeln 18, der auf einer Rotorwelle 36 drehfest gelagert und von dem nur eine Rotorscheibe 12 dargestellt ist. Der Schaufelrotor 12 rotiert mit der Rotorwelle 36 in der Rotordrehrichtung 44. Dadurch bewirkt er einen Pumpvorgang in der Pumprichtung 42 von einer Ansaugseite 40 hin zu einer Ausstoßseite 52. Die Rotorscheibe 12 ist geschnitten dargestellt. Die sichtbare Rotorschaufel 18 rechts der Rotationsachse 34 erstreckt sich nach axial oben vom Betrachter weg, während sich die sichtbare Rotorschau-

fel links der Rotationsachse 34 nach axial oben zum Betrachter hin erstreckt. Die Rotorwelle 36 und die Rotorscheibe 12 rotieren um ihre Rotationsachse 34.

[0044] In Fig. 5 ist ferner die Rotorwelle 36 auf der Ausstoßseite 52 mit einem Wälzlager 30 radial und bevorzugt auch axial gelagert. Das Wälzlager 30 kann beispielsweise als Kugellager oder als Zylinderrollenlager ausgeführt sein. Auf der Ansaugseite 40 ist die Rotorwelle 36 mit einem berührungslosen und schmierungsfreien Radiallager 32, bevorzugt mit einem Magnetlager, gelagert.

[0045] Der Schaufelrotor 12 der Fig. 5 ist von einem Gehäuse 38 umgeben. Das Gehäuse 38 weist auf seiner dem Schaufelrotor 12 zugewandten Innenseite Vertiefungen 22 auf. Anstelle des Gehäuses 38 kann z.B. auch ein Ringelement, wie z.B. ein Distanzring 54 (vgl. Fig. 1), mit erfindungsgemäßen Vertiefungen 22 vorgesehen sein, d.h. die Komponente 38 in Fig. 5 stellt dann einen derartigen Distanzring dar, der in der erfindungsgemäßen Weise mit der Rotorscheibe 12 zusammenwirkt.

[0046] Die Vertiefungen 22 sind in Form von Nuten schraubenförmig um den Schaufelrotor 12 herum angeordnet. Der Drehsinn der schraubenförmigen Vertiefungen 22 entspricht der Rotordrehrichtung 44 des Schaufelrotors 12. In den Fig. 2, 3 und 5 entspricht der Drehsinn dem eines linksgängigen Gewindes. Zwischen den Vertiefungen 22 sind Stege 24 ausgebildet. Die Stege 24 sind hier genauso breit ausgeführt wie die Vertiefungen 22. Der pumpaktive Teilbereich der Innenwand des Gehäuses 38 geht in Fig. 5 axial in beide Richtungen über den Schaufelrotor 12 hinaus. In Fig. 5 besitzen die Vertiefungen 22 eine Steigung, die geringer ist als 45°. Die Vertiefungen 22 sind als senkrecht eingefräste Nuten ausgeführt.

[0047] Axial unterhalb und/oder oberhalb des Schaufelrotors 12 kann ein auch als Statorscheibe bezeichneter Schaufelstator benachbart angeordnet sein. Axial oberhalb und unterhalb des Schaufelrotors 12 können ferner weitere Turbomolekularpumpstufen angeordnet sein. Der Aufbau kann also z.B. entsprechend dem Turbomolekular-Pumpabschnitt gemäß Fig. 1 gewählt sein.

[0048] Es ist alternativ auch möglich, keine zur Rotorscheibe 12 benachbarte Statorscheibe vorzusehen. Beispielsweise können zwei oder mehr Rotorscheiben axial unmittelbar aufeinander folgend angeordnet sein, bevor wieder eine Statorscheibe folgt, d.h. es sind dann wenigstens ein Paar von unmittelbar aufeinander folgenden Rotorscheiben vorhanden, zwischen denen jeweils keine Statorscheibe angeordnet ist. Es können auch ausschließlich Rotorscheiben vorgesehen sein, d.h. auf Statorscheiben kann auch ganz verzichtet werden, zumindest für einen Turbomolekular-Pumpabschnitt der Turbomolekularpumpe. Für einen derartigen Aufbau eines oder mehrerer Turbomolekular-Pumpabschnitte einer Turbomolekularpumpe und für eine derartige Turbomolekularpumpe insgesamt, die ansonsten einen typischen Aufbau wie z.B. in Fig. 1 gezeigt aufweisen kann, wird hiermit auch separat Schutz beansprucht. Axiale Bereiche eines solchen Pumpabschnitts, in denen sich keine

Statorscheibe befindet, können dann gemäß der vorliegenden Erfindung ein oder mehrere ring- oder hülsenförmige Elemente aufweisen, die jeweils eine die Rotorscheiben umgebende Wand bilden, die auf wenigstens einem pumpwirksamen Teilbereich ihrer den Rotorscheiben zugewandten Seite mit zumindest einer Vertiefung versehen ist, wobei dies aber nicht zwingend ist.

[0049] Wie sich aus den Ausführungsbeispielen ergibt, kann also gemäß der Erfindung ein Holweckstator um den Schaufelrotor einer Turbomolekularpumpstufe herum angeordnet sein. Dadurch werden Gasteilchen, die vom Rotor nach außen gegen die Gehäuseinnenwand beschleunigt werden, durch ein Holweckstatorgewinde in eine axiale Richtung umgelenkt. Dadurch wird wiederum die Durchtrittswahrscheinlichkeit in Förderrichtung erhöht und somit die Leistungsdichte einer Turbomolekularpumpe verbessert.

[0050] Bei aus dem Stand der Technik bekannten Anordnungen stießen die zu fördernden Teilchen in dem Radialspalt zwischen dem radial äußeren Ende der Rotorschaukeln und der Gehäuseinnenwand bzw. der Statorstatorringinnenseite gegen eine glatte Fläche. Dort blieben die Teilchen kurz haften und verließen diese Oberfläche wieder mit einer Kosinusverteilung, wobei sie keine weitere Vorzugsrichtung erfuhren. Durch die Erfindung und insbesondere das erfindungsgemäße Holweggewinde können nun mehr Teilchen die Gehäuseinnenwand bzw. die dem Schaufelrotor zugewandte Innenseite einer Wand mit einer axialen Komponente verlassen, die in Richtung Pumpenauslass, also in Pumprichtung zeigt. Simulationsergebnisse für eine einstufige Turbomolekularpumpe mit zu förderndem Stickstoff haben folgendes ergeben: Ausgegangen wurde von einer Gehäuseinnenwand ohne Vertiefungen, einem Kompressionsverhältnis von $K_0 = 8,1$ und einem Saugvermögen $S_0 = 2262$ L/s. Mit Holweggewinde verbesserte sich das Kompressionsverhältnis auf $K_0 = 8,8$ und das Saugvermögen auf $S_0 = 2304$ L/s.

Bezugszeichenliste

[0051]

- | | |
|----|------------------------------------|
| 12 | Schaufelrotor, Rotorscheibe |
| 14 | Schaufelstator, Statorscheibe |
| 16 | Wand |
| 18 | Schaufel |
| 20 | Schaufel |
| 22 | Vertiefung |
| 24 | Steg |
| 26 | Rotorbereich |
| 28 | Statorbereich |
| 30 | Wälzlager |
| 32 | Radiallager (Permanentmagnetlager) |
| 34 | Rotationsachse |
| 36 | Rotorwelle |
| 38 | Gehäuse |
| 40 | Ansaugeite |

- | | |
|----|-----------------------------------|
| 42 | Pumprichtung |
| 44 | Rotordrehrichtung |
| 46 | Anstellwinkel der Statorschaufeln |
| 48 | Steigung der Vertiefung |
| 50 | Anstellwinkel der Rotorscheaufeln |
| 52 | Ausstoßseite |
| 54 | Distanzring |
| 56 | Turbomolekular-Pumpabschnitt |
| 58 | Holweck-Pumpabschnitt |

Patentansprüche

1. Turbomolekularpumpe mit
 15 wenigstens einer Turbomolekularpumpstufe, die zu-
 mindest einen um eine Achse (34) drehbar gelager-
 ten Schaufelrotor (12) umfasst,
 wobei eine den Schaufelrotor (12) zumindest teilwei-
 20 se umgebende Wand (16) auf wenigstens einem
 pumpwirksamen Teilbereich ihrer dem Schaufelro-
 tor (12) zugewandten Seite mit zumindest einer Ver-
 tiefung (22) versehen ist.
2. Turbomolekularpumpe nach Anspruch 1,
 25 **dadurch gekennzeichnet, dass**
 die Vertiefung (22) einen Verlauf mit einer axialen
 Komponente und/oder mit einer von Null verschie-
 denen Steigung aufweist.
3. Turbomolekularpumpe nach Anspruch 1 oder 2,
 30 **dadurch gekennzeichnet, dass**
 die Vertiefung (22) einen spiral- oder schraubenför-
 migen Verlauf aufweist.
4. Turbomolekularpumpe nach einem der vorherge-
 35 henden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Vertiefung (22) nut- oder kanalartig ausgebildet
 ist.
5. Turbomolekularpumpe nach einem der vorherge-
 40 henden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der pumpwirksame Teilbereich mit einer Mehrzahl
 45 von, insbesondere unzusammenhängenden, Vertie-
 fungen (22) versehen ist, wobei insbesondere die
 Vertiefungen (22) parallel zueinander verlaufen.
6. Turbomolekularpumpe nach einem der vorherge-
 50 henden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der pumpwirksame Teilbereich als Holweckstator
 ausgebildet ist.
7. Turbomolekularpumpe nach einem der vorherge-
 55 henden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Wand (16) von einem den Schaufelrotor (12) um-

gebenden Gehäuse (38) gebildet und der pumpwirksame Teilbereich auf der Innenseite des Gehäuses (38) ausgebildet ist, wobei insbesondere das Gehäuse (38) das Außengehäuse der Pumpe ist.

8. Turbomolekularpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Wand (16) von wenigstens einem den Schaufelrotor (12) umgebenden, insbesondere als separater Einsatz ausgebildeten, Ringelement gebildet und der pumpwirksame Teilbereich auf der Innenseite des Ringelements ausgebildet ist, wobei insbesondere das Ringelement ein Distanzring (54), ein Abstandsring, eine Distanzhülse und/oder eine Abstandshülse ist, die zwischen zwei in axialer Richtung aufeinanderfolgenden Statorscheiben (14) angeordnet ist.

9. Turbomolekularpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Schaufelrotor (12) eine Mehrzahl von axial aufeinanderfolgend angeordneten, einstückig miteinander verbundenen oder separaten Rotorscheiben umfasst, und/oder dass der pumpwirksame Teilbereich sich in axialer Richtung lediglich über eine, bevorzugt die der Ansaugseite (40) der Pumpe am nächsten gelegene Rotorscheibe umfassende, Teilmenge von Rotorscheiben erstreckt, insbesondere über genau eine Rotorscheibe.

10. Turbomolekularpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

zumindest einige Schaufeln (20) eines mit dem Schaufelrotor (12) zusammenwirkenden Schaufelstators (14) mit der Wand (16) verbunden sind, und/oder dass

sich der pumpwirksame Teilbereich axial außerhalb von Schaufeln (20) eines mit dem Schaufelrotor (12) zusammenwirkenden Schaufelstators (14) befindet.

11. Turbomolekularpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

ein mit dem Schaufelrotor (12) zusammenwirkender Schaufelstator (14) eine Mehrzahl axial aufeinanderfolgend angeordneter Statorscheiben (14) umfasst, wobei der pumpwirksame Teilbereich sich lediglich axial zwischen den Statorscheiben (14) und/oder axial benachbart zu wenigstens einer der Statorscheiben (14) befindet.

12. Turbomolekularpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

Schaufeln (20) eines mit dem Schaufelrotor (12) zusammenwirkenden Schaufelstators (14) in einem radial äußeren Endbereich jeweils einen Anstellwinkel (46) aufweisen, der zumindest näherungsweise gleich einer Steigung (48) der Vertiefung (22) ist.

13. Turbomolekularpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

Schaufeln (18) des Schaufelrotors (12) in einem radial äußeren Endbereich jeweils einen Anstellwinkel (48) aufweisen, der zwischen 45° und 90° von einer Steigung (48) der Vertiefung (22) verschieden ist.

14. Turbomolekularpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

der pumpwirksame Teilbereich eine Mehrzahl parallel verlaufender Vertiefungen (22) aufweist, die durch Stege (24) voneinander getrennt sind, wobei die Anzahl der Stege (24) zumindest näherungsweise gleich der Anzahl von Schaufeln (20) pro Statorscheibe (14) eines mit dem Schaufelrotor zusammenwirkenden Schaufelstators (14) ist.

15. Turbomolekularpumpe mit

wenigstens einer Turbomolekularpumpstufe, die zumindest in einem Teilaxialbereich von einem Holweckstator umgeben ist, dessen pumpwirksame Seite dem Schaufelrotor (12) der Turbomolekularpumpstufe zugewandt ist.

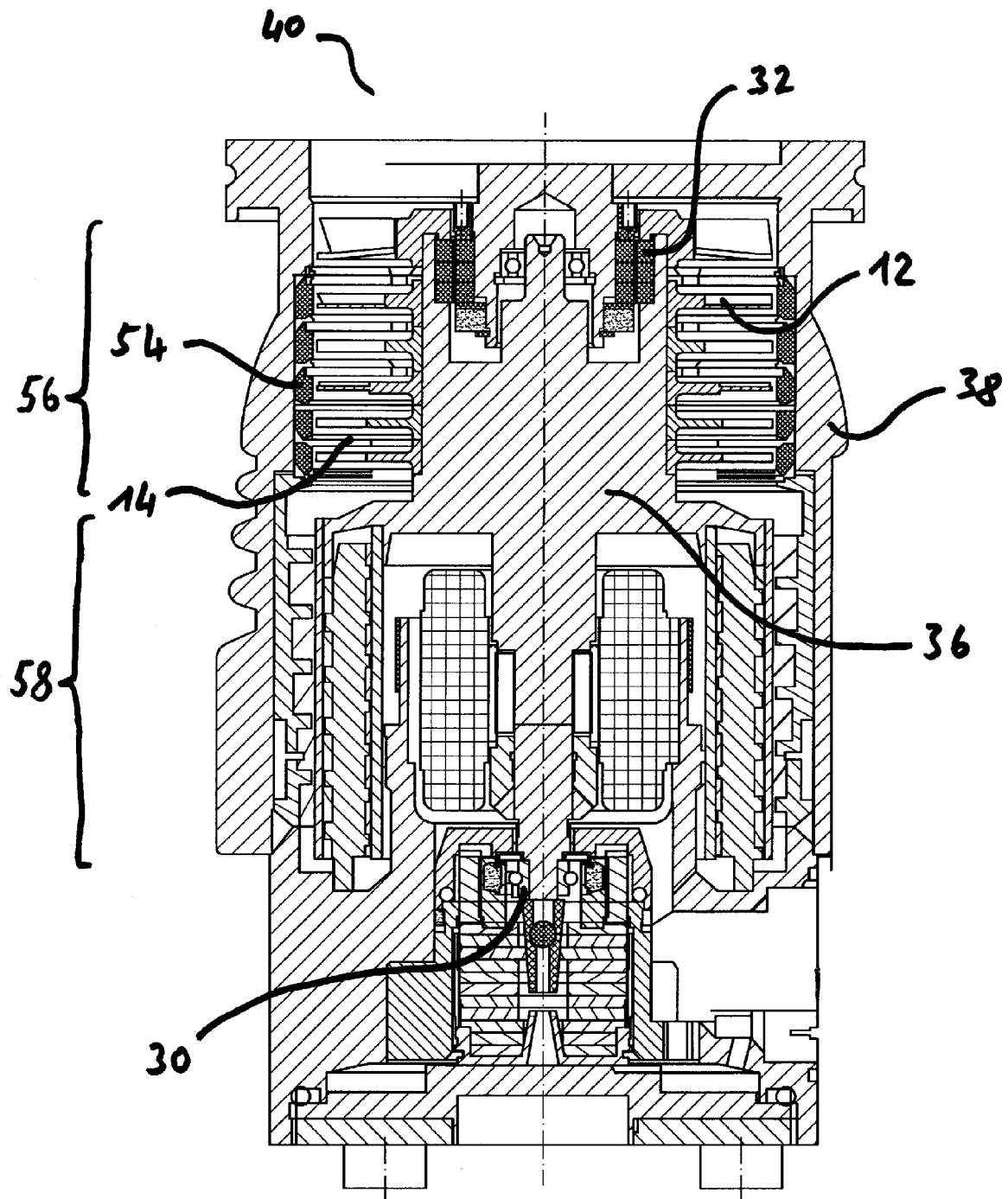


Fig. 1

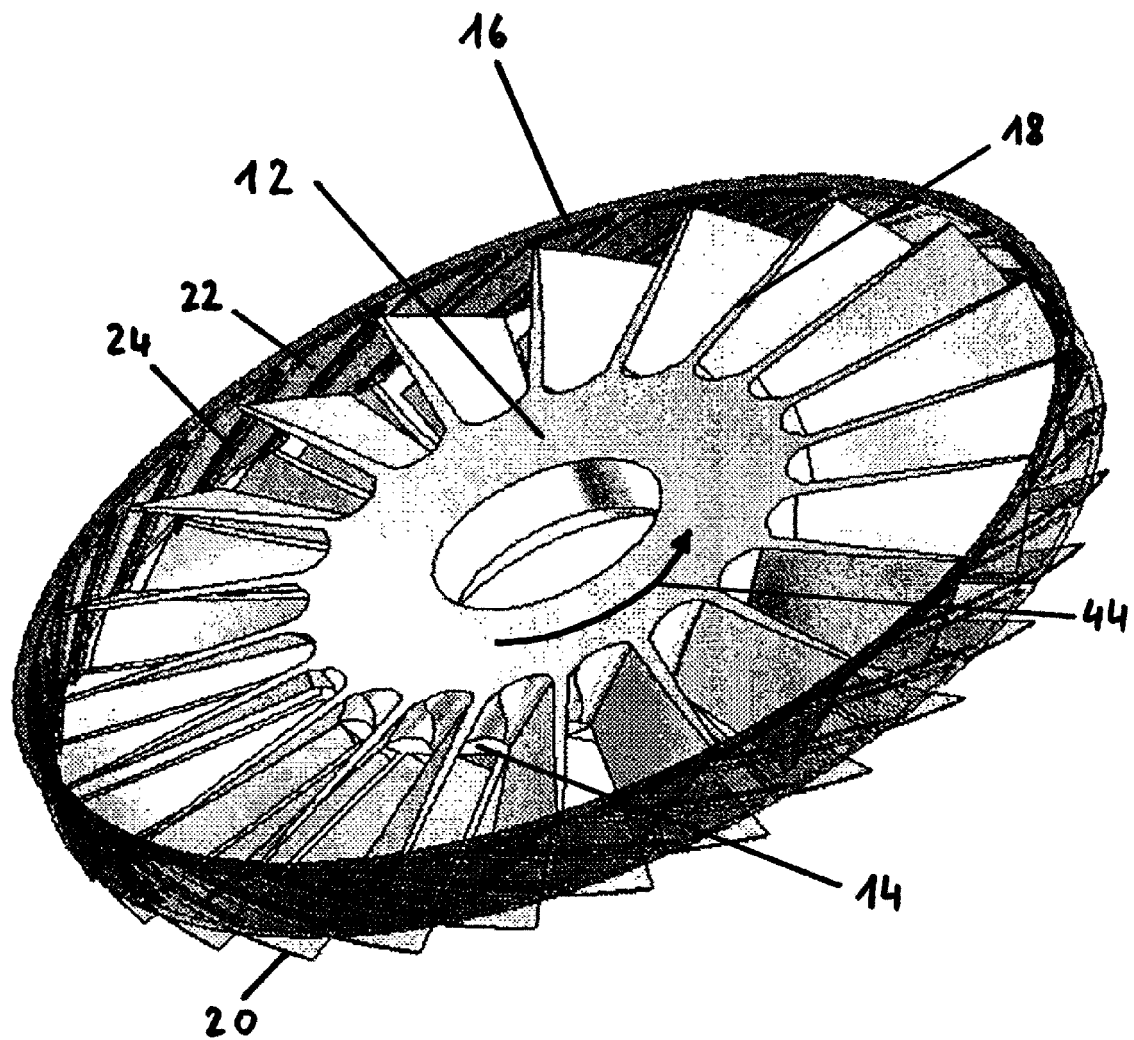


Fig. 2

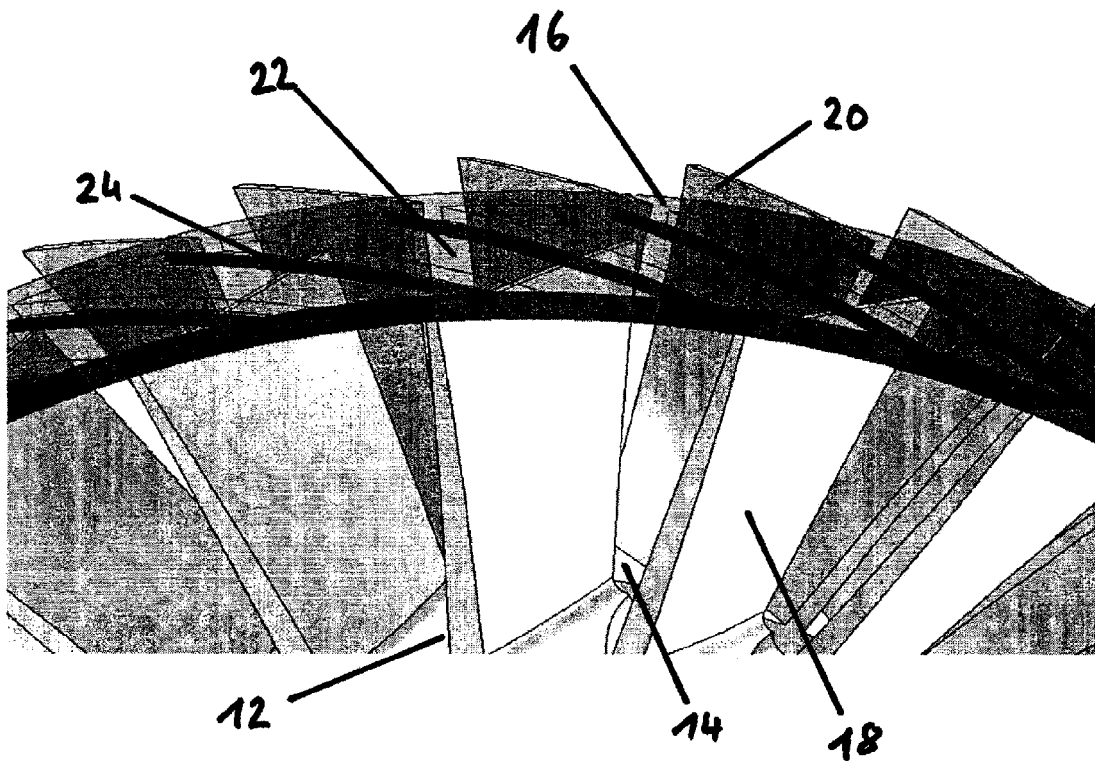


Fig. 3

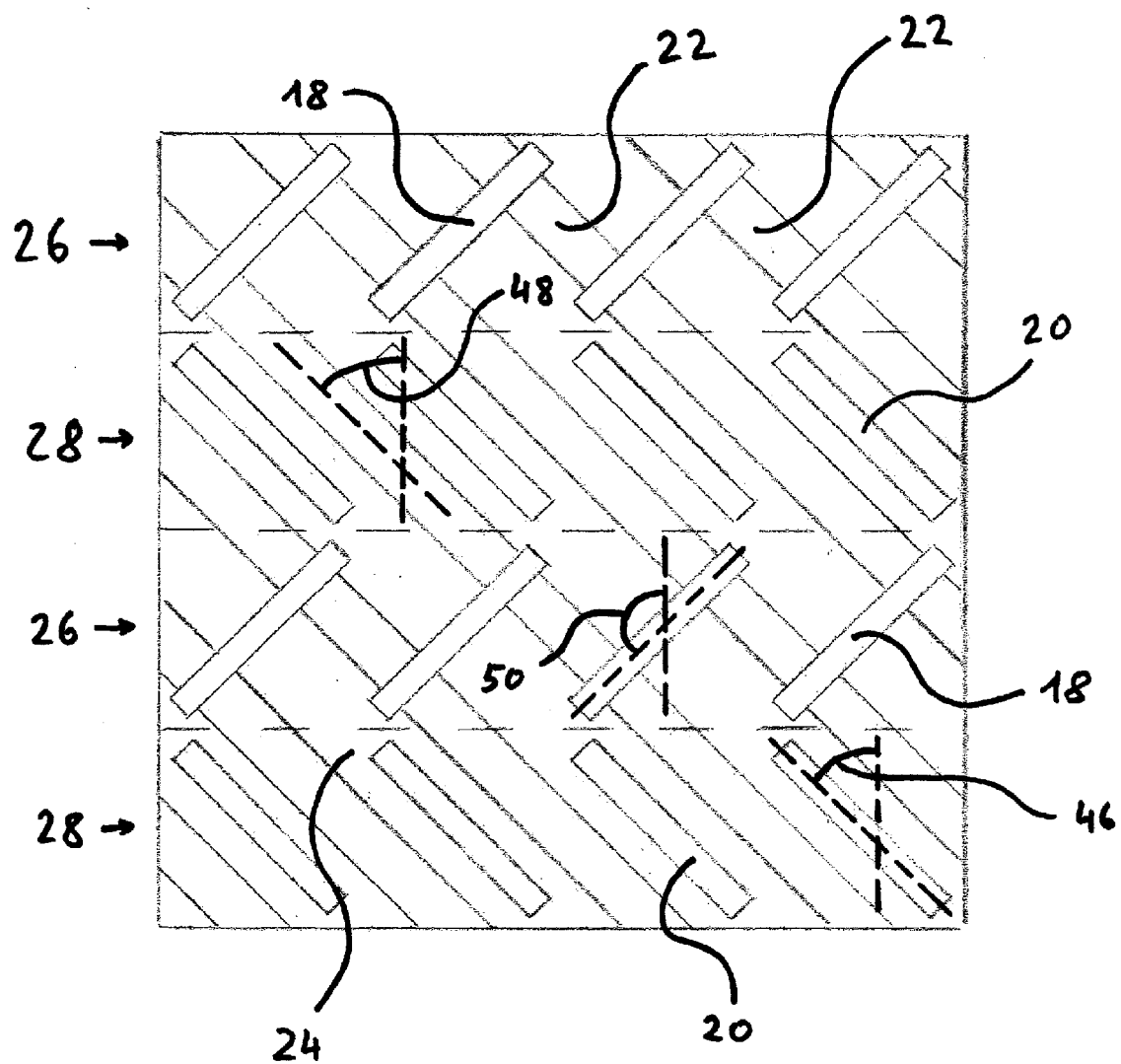


Fig. 4

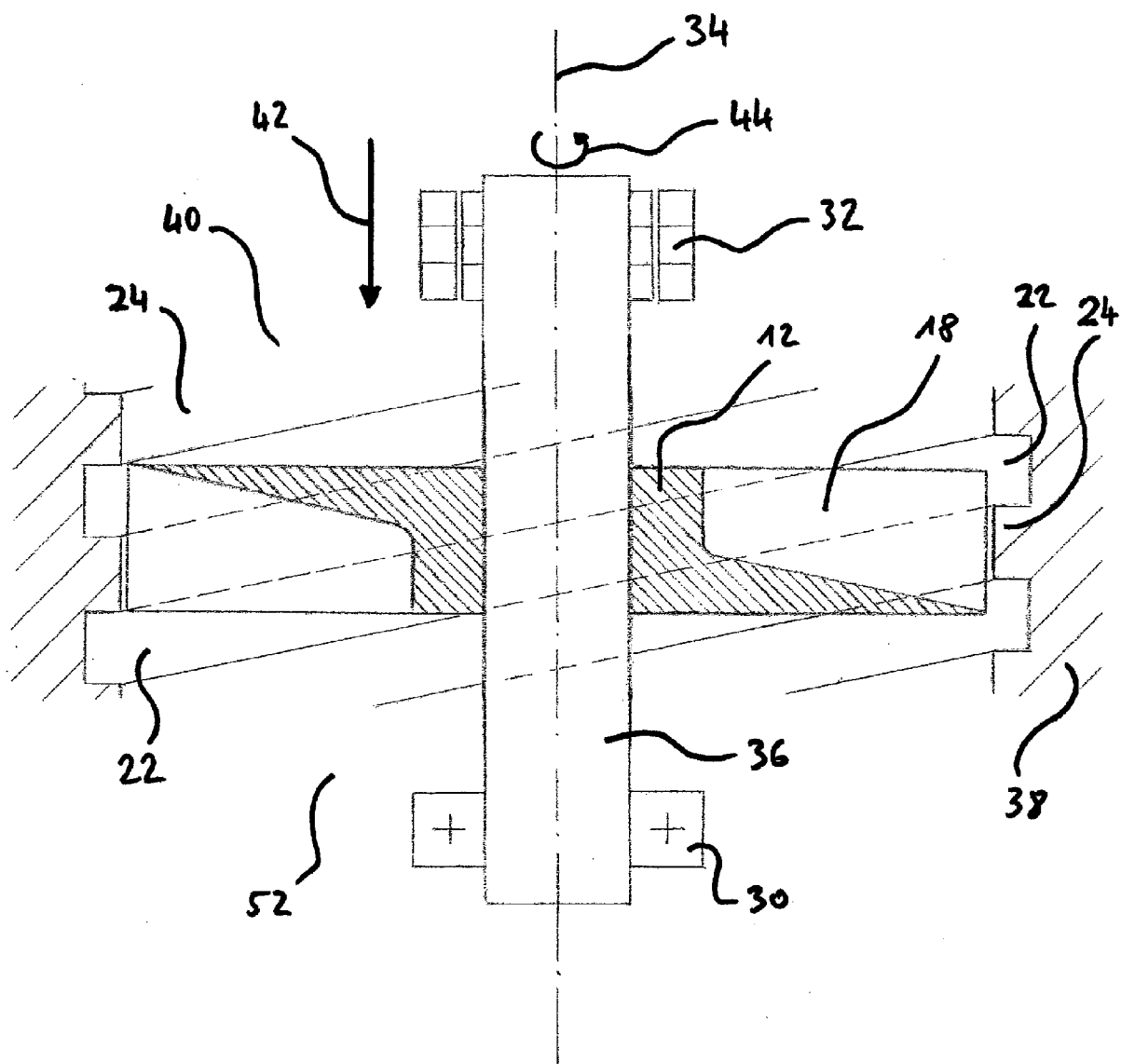


Fig. 5