

(19)



(11)

EP 3 051 140 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
03.08.2016 Patentblatt 2016/31

(51) Int Cl.:
F04D 19/04 ^(2006.01) **F04D 29/54** ^(2006.01)
B23P 15/02 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15153125.8**

(22) Anmeldetag: **29.01.2015**

(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

(72) Erfinder:
• **Antonacci, Marco**
35585 Wetzlar (DE)
• **Gilbrich, Sönke**
35753 Greifenstein (DE)
• **Schmitz, Miriam**
35398 Gießen (DE)

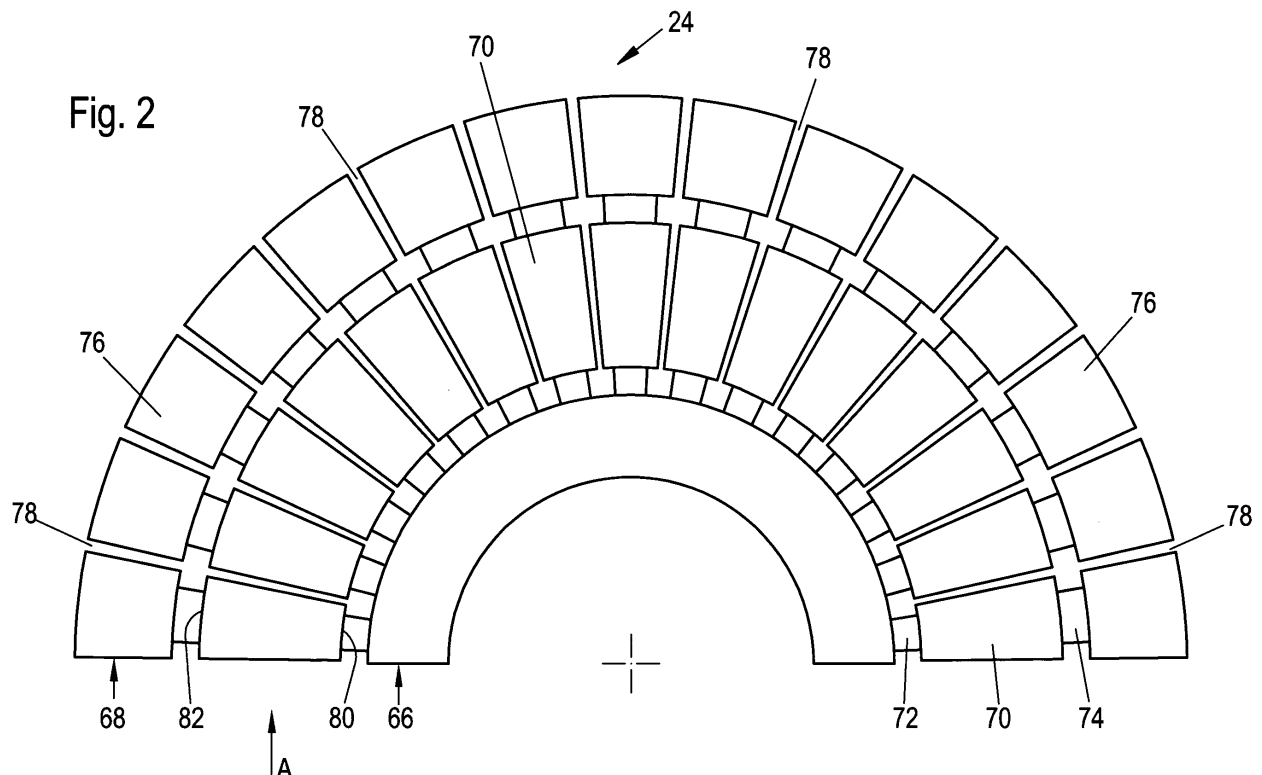
(71) Anmelder: **PFEIFFER VACUUM GMBH**
35614 Asslar (DE)

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

(54) STATORSCHIEBE FÜR EINE VAKUUMPUMPE

(57) Eine Statorscheibe (24) für eine Vakuumpumpe (10), insbesondere für eine Turbomolekularpumpe, umfasst einen Innenring (66) und einen Außenring (68) sowie zwischen diesen angeordnete Statorschaufeln (70), die jeweils über Stege (72,74) mit dem Innenring (66) und dem Außenring (68) verbunden sind. Die Statorscheibe (24) ist als geblechte Statorscheibe mit ge-

schränkten Statorschaufeln (70) und einem in Umfangsrichtung in eine, insbesondere der Anzahl der Statorschaufeln entsprechende, Anzahl von voneinander getrennten Kreisringausschnitten (76) unterteilten Außenring (68) ausgeführt. Es wird auch ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Statorscheibe (24) angegeben.

Fig. 2**EP 3 051 140 A1**

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Statorscheibe für eine Vakuumpumpe, insbesondere für eine Turbomolekularpumpe. Sie betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Statorscheibe sowie eine Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularpumpe.

[0002] Vakuumpumpen wie zum Beispiel Turbomolekularpumpen werden in unterschiedlichen Bereichen der Technik eingesetzt, um ein für einen jeweiligen Prozess notwendiges Vakuum zu schaffen. Turbomolekularpumpen umfassen einen Stator mit mehreren in Richtung einer Rotorachse aufeinanderfolgenden Statorscheiben, und einen relativ zu dem Stator um die Rotorachse drehbar gelagerten Rotor, der eine Rotorwelle und mehrere auf der Rotorwelle angeordnete, in axialer Richtung aufeinanderfolgende und zwischen den Statorscheiben angeordnete Rotorscheiben umfasst, wobei die Statorscheiben und die Rotorscheiben jeweils eine pumpaktive Struktur aufweisen.

[0003] Je größer der Rotordurchmesser von Vakuumpumpen bzw. Turbomolekularpumpen wird, desto größer werden bei plötzlichem Gaseinbruch auch die auf die Rotor- und Statorscheiben einwirkenden Druckkräfte. Diese dürfen nun aber auch in einem solchen Fall nicht so weit durchbiegen, dass es zu einem Kontakt zwischen Rotor und Stator kommt. Daher ist es erforderlich, bei aus Blech gefertigten geblechten Statorscheiben eine entsprechend große Blechdicke zu wählen, um die nötige Steifigkeit zu erhalten. Unter "geblechten" Statorscheiben sind im Rahmen dieser Offenbarung insbesondere solche Statorscheiben zu verstehen, die aus einem Blech herausgestanzt und insbesondere nicht durch Heraus-sägen aus einem Blech erhalten worden sind.

[0004] Bedingt durch die entsprechende größere Blechdicke sind die bisher üblichen Maßnahmen zur Versteifung der Statorscheiben, beispielsweise eine jeweilige Bördelung, nicht mehr realisierbar. Verzieht sich nun aber eine Statorscheibe beim erforderlichen Verschränken der Statorschaufeln, so sind die üblichen Methoden zum Richten der Schaufeln im Anschluss an das Schränken nicht mehr anwendbar.

[0005] Da beim Schränkprozess Spannungen in der Statorscheibe entstehen, ist ein anschließender Richtvorgang jedoch erforderlich. Die beim Schränken der Statorschaufeln auftretenden Spannungen sind darauf zurückzuführen, dass sich die einzelnen Statorschaufeln bei der Torsion nur elastisch verformen und die Schaufeln daher bestrebt sind, nach dem Schränkvorgang wieder in ihre Ursprungsform zurückzukehren. Der Innenring einer jeweiligen Statorscheibe wird dadurch derart verdreht, dass die Statorscheibe aufgrund der sich insgesamt einstellenden Unebenheit nicht mehr verwendbar ist. Auch ein Nachpressen oder ein Erhöhen des Drucks beim Schränkvorgang führen zu keinem besseren Ergebnis.

[0006] Die unerwünschte Verformung bzw. Unebenheit der Statorscheibe entsteht hauptsächlich dadurch,

dass den Statorschaufeln durch den Schränkvorgang eine innere Spannung durch Torsion aufgeprägt wird, die bei gleichzeitiger starrer Anbindung der Statorschaufeln über Stege an einen Innen- und Außenring zur Verformung dieser Ringe führt.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Statorscheibe für eine Vakuumpumpe, insbesondere für eine Turbomolekularpumpe, sowie ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Statorscheibe anzugeben, mit denen die zuvor genannten Probleme beseitigt sind. Dabei soll die Statorscheibe insbesondere auch dann, wenn sie als geblechte Statorscheibe aus einem dickeren Blech gefertigt wird, zumindest im Wesentlichen frei von inneren Spannungen bleiben.

[0008] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Statorscheibe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 6 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Statorscheibe sowie bevorzugte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus den Unteransprüchen, der vorliegenden Beschreibung sowie der Zeichnung.

[0009] Die erfindungsgemäße Statorscheibe für eine Vakuumpumpe, insbesondere für eine Turbomolekularpumpe, umfasst einen Innenring und einen Außenring sowie zwischen diesen angeordnete Statorschaufeln, die jeweils über Stege mit dem Innenring und dem Außenring verbunden sind. Dabei ist die Statorscheibe als geblechte Statorscheibe mit geschränkten Statorschaufeln und einem in Umfangsrichtung in eine Anzahl von voneinander getrennten Kreisringausschnitten unterteilten Außenring ausgeführt. Die Anzahl der Kreisringausschnitte entspricht insbesondere der Anzahl der Statorschaufeln, d.h. für jede Statorschaufel ist ein Kreisringausschnitt vorgesehen. Dies ist aber nicht zwingend. Eine Unterteilung des Außenrings kann im Prinzip auch nur z.B. an jeder zweiten Statorschaufel erfolgen.

[0010] Der Begriff "Kreisringausschnitt" ist breit und allgemein im Sinne von "Segment" zu verstehen, d.h. die den Außenring bildenden Segmente müssen nicht im geometrisch strengen Sinne Teile eines Kreisringes sein.

[0011] Aufgrund der erfindungsgemäßen Ausbildung kann eine jeweilige Statorscheibe nunmehr auch aus einem dickeren Blech hergestellt werden. So bleibt die Statorscheibe auch dann, wenn sie als geblechte Statorscheibe aus einem dickeren Blech gefertigt wird, zumindest im Wesentlichen frei von inneren Spannungen. Da der Außenring der Statorscheibe unterteilt ist, vorzugsweise (aber nicht zwingend) in eine der Anzahl der Statorschaufeln entsprechende Anzahl von voneinander getrennten Kreisringausschnitten oder Segmenten, können die mit dem Schränken der Statorschaufeln in die Schaufeln eingebrachten Spannungen anschließend wieder abgebaut werden. Dadurch können die Statorschaufeln jeweils wieder in ihre Ursprungsform zurückdrehen. Dabei bleiben die Winkel zwischen dem Innenring und den inneren Schaufelkanten sowie die Winkel zwischen dem Außenring und den äußeren Schaufelkan-

ten und somit die Torsion der Stege, die die Schaufeln an den Innen- und Außenring anbinden, zumindest im Wesentlichen konstant auf dem gewünschten Wert. Der sich an den Schränkprozess anschließende Richtvorgang kann sich auf die Torsion der Schaufeln begrenzen. Die Torsion der Stege bleibt dabei unberührt. Damit sind insbesondere auch dickere geblechte Statorscheiben realisierbar. Auch bei Vakuumpumpen bzw. Turbomolekularpumpen mit größerem Rotordurchmesser können somit durch den Einsatz dickerer und entsprechend steiferer geblechter Statorscheiben die Herstellungskosten minimiert werden. Da sich die elastischen Verformungen sofort nach dem Richtvorgang wieder abbauen können, ist ausgeschlossen, dass sich solche Spannungen wärmebedingt in der Pumpe während des Betriebs abbauen und zu ungewollten Verformungen der Statorscheibe führen. Eine weitere Kosteneinsparung ergibt sich dadurch, dass lediglich ein einziges Richtwerkzeug benötigt wird.

[0012] Die Dicke bzw. Blechdicke der Statorscheibe beträgt vorzugsweise mehr als 0,5mm und insbesondere mehr als 1,0mm. Bevorzugt beträgt die Dicke ungefähr 1,5mm. Die Erfindung kommt grundsätzlich aber auch für aus dünneren Blechen hergestellte Statorscheiben in Frage. Erfindungsgemäße Statorscheiben können zudem auch Dicken aufweisen, die über 1,5mm liegen.

[0013] Bevorzugt sind die voneinander getrennten Kreisringausschnitte des Außenrings jeweils über zumindest einen Steg mit einer Statorschaufel verbunden.

[0014] Von Vorteil ist insbesondere auch, wenn die voneinander getrennten Kreisringausschnitte des Außenrings jeweils radial mit einer Statorschaufel ausgerichtet sind.

[0015] Die in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Kreisringausschnitte des Außenrings sind bevorzugt durch radiale Schlitze voneinander getrennt.

[0016] Mit der üblichen Lagerung der Statorscheiben in einem Distanzringpaket der Vakuumpumpe bzw. Turbomolekularpumpe ist trotz der Unterteilung der Statorscheiben in Kreisringausschnitte nach wie vor eine flächige Anbindung der Außenringe und damit eine optimale thermische Anbindung der Statorscheiben an das Statorgehäuse sichergestellt.

[0017] Durch die Fixierung einer jeweiligen Statorscheibe durch Distanzringe an deren Außenring ergeben sich trotz des in Kreisringausschnitte unterteilen Außenrings zumindest im Wesentlichen auch keine Einbußen hinsichtlich der Steifigkeit.

[0018] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung einer Statorscheibe für eine Vakuumpumpe, insbesondere für eine Turbomolekularpumpe, zeichnet sich dadurch aus, dass die Statorscheibe aus einem durch ein Blech gebildeten Grundkörper als geblechte Statorscheibe mit einem Innenring, einem Außenring sowie zwischen diesen angeordneten Statorschaufeln gefertigt wird, die jeweils über Stege mit dem Innenring und dem Außenring verbunden sind, wobei der Außenring der Statorscheibe in Umfangsrichtung in eine, insbesondere der

Anzahl der Statorschaufeln entsprechende, Anzahl von voneinander getrennten Kreisringausschnitten unterteilt wird, die Statorschaufeln geschränkt werden und die Statorschaufeln anschließend gerichtet werden, um den gewünschten Schränkwinkel der Statorschaufeln einzustellen und die voneinander getrennten Kreisringabschnitte des Außenrings in deren Ausgangslage zurückzuführen, in der sie zumindest im Wesentlichen wieder zueinander parallel in einer gemeinsamen Ebene liegen.

[0019] Insbesondere kann durch die Schränkung der Statorschaufeln auch die Schaufelhöhe auf einen jeweils gewünschten Wert eingestellt werden.

[0020] Indem die starre Anbindung der Statorschaufeln an den Außenring aufgehoben wird, können sich die tordierten Statorschaufeln nach dem Schränken entspannen, womit die gewünschte Ebenheit der Statorscheibe erreicht wird. Die einzelnen Kreisringabschnitte des Außenrings können wieder in ihre Ursprungsform zurückdrehen. Dabei bleiben der Winkel zwischen dem Innenring und der inneren Schaufelkante und der Winkel zwischen dem Außenring und der äußeren Schaufelkante und damit die Torsion der Stege, die die Statorschaufeln an den Innen- und Außenring anbinden, zumindest im Wesentlichen konstant auf dem gewünschten Wert. Der darauffolgende Richtvorgang kann sich auf die Torsion der Statorschaufeln beschränken, wodurch die jeweils gewünschten Winkel erhalten werden. Die Statorscheiben können somit auch aus relativ dicken Blechen mit einer Dicke von z.B. 1 mm oder 1,5mm gefertigt werden, so dass auch bei Vakuumpumpen bzw. Turbomolekularpumpen mit größeren Rotordurchmessern die Herstellungskosten durch den Einsatz geblechter Statorscheiben minimiert werden. Da sich alle elastischen Verformungen sofort nach dem Richtvorgang wieder abbauen können, sind die Statorscheiben schließlich frei von Spannungen. Damit ist ausgeschlossen, dass sich wärmebedingt in der Pumpe im Betrieb Spannungen abbauen können und zu ungewollten Verformungen der Statorscheibe führen. Zudem wird lediglich ein Richtwerkzeug benötigt, was zu einer weiteren Minimierung der Kosten beiträgt.

[0021] Mit der aufgehobenen starren Anbindung der Statorschaufeln an den Außenring und der damit einhergehenden Entspannung der tordierten Statorschaufeln entsteht nach dem Richtvorgang die gewünschte Ebenheit der Statorscheibe. Mit der üblichen Fixierung einer jeweiligen Statorscheibe durch Distanzringe an deren Außenring ergibt sich trotz des unterteilten Außenrings weiterhin eine flächige Anbindung des Außenrings im jeweiligen Distanzringpaket der Vakuumpumpe bzw. Turbomolekularpumpe, womit insbesondere auch eine optimale thermische Anbindung gewährleistet wird.

[0022] Der Außenring der Statorscheibe kann sowohl vor als auch nach dem Schränken der Statorschaufeln in die voneinander getrennten Kreisringausschnitte unterteilt werden.

[0023] Das Richten der Statorschaufeln erfolgt vorteilhafterweise unter Aufrechterhaltung der mit dem Schrän-

ken der Statorschaufeln bewirkten Torsion der Stege.

[0024] Gemäß einer bevorzugten praktischen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden zum Richten der Statorschaufeln die dem Innenring benachbarten Kanten der Statorschaufeln jeweils durch insbesondere zwei punktförmige Elemente eines Richtwerkzeugs fixiert und an den dem Außenring benachbarten Kanten der Statorschaufeln jeweils insbesondere zwei punktförmige Elemente des Richtwerkzeugs positioniert, über die durch axialen Druck die erforderliche Torsion der Statorschaufeln herbeigeführt wird.

[0025] Dabei werden zur Einstellung des gewünschten Schräkwinkels der Statorschaufeln sowie zum Zurückführen der voneinander getrennten Kreisringabschnitte des Außenrings in deren Ausgangslage die Statorschaufeln beim Richten bevorzugt leicht überdreht.

[0026] Die Statorscheibe kann insbesondere durch Stanzen, Schneiden, Lasern, Fräsen oder Sägen in die voneinander getrennten Kreisringausschnitte unterteilt werden.

[0027] Bevorzugt wird der Außenring der Statorscheibe durch Ausbilden von schlitzartigen radialen Aussparungen in die in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Kreisringausschnitte unterteilt.

[0028] Mit der üblichen Fixierung einer jeweiligen Statorscheibe durch Distanzringe ergeben sich auch durch die Unterteilung des Außenrings praktisch keine Einbußen hinsichtlich der Steifigkeit der Statorscheibe gegen ein Durchbiegen. Zur Stabilisierung der Statorscheibe können die in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Kreisringausschnitte der Statorscheibe jedoch nach dem Richten der Statorschaufeln beispielsweise durch Nieten, Schweißen, Umspritzen mit Kunststoff oder dergleichen behandelt bzw. bearbeitet werden. Dabei können die Segmente auch wieder miteinander verbunden werden, wobei aber eine derartige Wiedervereinigung nicht zwingend ist.

[0029] Die erfindungsgemäße Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularpumpe, umfasst einen Stator mit mehreren in Richtung einer Rotorachse aufeinanderfolgenden Statorscheiben und einen relativ zum Rotor um die Rotorachse drehbar gelagerten Rotor, der eine Rotorwelle und mehrere auf der Rotorwelle angeordnete, in axialer Richtung aufeinanderfolgende und zwischen Statorscheiben angeordnete Rotorscheiben umfasst, wobei die Statorscheiben und die Rotorscheiben jeweils eine pumpaktive Struktur aufweisen und als Statorscheiben erfindungsgemäße Statorscheiben vorgesehen sind.

[0030] Die Statorscheiben können insbesondere jeweils aus teilkreisförmigen Teilen bestehen, wobei sie bevorzugt jeweils aus zwei halbkreisförmigen Teilen bestehen.

[0031] Mit der erfindungsgemäßen Lösung können nunmehr problemlos auch aus dickerem Blech gefertigte Statorscheiben eingesetzt werden, womit dem Umstand Rechnung getragen werden kann, dass mit wachsendem Durchmesser der Statorscheiben von Vakuumpumpen

und insbesondere Turbomolekularpumpen bei gleichem Druck die auf die Statorscheiben wirkenden Druckkräfte stark ansteigen, was zur Folge hat, dass bei größeren Pumpen dickeres Material verwendet werden muss, als dies bisher bei kleineren Pumpen der Fall war. Aufgrund der erfindungsgemäßen Lösung müssen anders als bisher keine relativ teuren Statorscheiben mehr eingesetzt werden. Diese können nunmehr durch geblechte Statorscheiben ersetzt werden, womit die Kosten deutlich minimiert werden. Die geblechten Statorscheiben können nunmehr eine entsprechende Stärke, beispielsweise auch eine Stärke im Bereich von 1,5 mm, aufweisen, die den höheren Druckkräften bei unvorhergesehenen Flutvorgängen Stand halten können.

[0032] Die geblechten Statorscheiben werden hergestellt, indem zunächst das Profil gestanzt und anschließend die einzelnen Schaufeln geschränkt werden. Während bei den bisherigen Statorscheiben mit durchgehendem Außenring beim Schränken so große Eigenspannungen durch elastische Verformungen in den Schaufeln auftraten, dass diese zum Teil nur elastisch verformt wurden, so dass die Scheiben anschließend nicht mehr verwendet werden konnten, wird durch das erfindungsgemäße Durchtrennen des Außenrings Abhilfe geschaffen. Indem der Außenring zwischen jeder Schaufel erfindungsgemäß durchtrennt wird, können sich die Spannungen abbauen. Die einzelnen Außenringelemente oder Kreisringausschnitte stehen nach dem Schränkvorgang zwar zunächst schief, sie können anschließend jedoch gerichtet werden. Durch den betreffenden Richtvorgang kann im Nachhinein die gewünschte Torsion mittels plastischer Verformung durch leichtes Überbiegen erzielt werden, was bisher angesichts des durchgehenden Außenrings nicht möglich war. Mit dem Durchtrennen des Außenrings wird die Stabilität der Statorscheiben allenfalls geringfügig beeinflusst. Bei der üblichen Fixierung der Statorscheiben durch Distanzringe am Außenring ergibt sich jedoch praktisch keine höhere Gefahr eines Durchbiegens der Statorscheiben. Dennoch ist grundsätzlich auch denkbar, zur weiteren Stabilisierung der Statorscheiben die zunächst voneinander getrennten Kreisringausschnitte des Außenrings nach dem Richtvorgang beispielsweise durch Nieten, Schweißen oder Umspritzen mit Kunststoff wieder zu verbinden.

[0033] Durch das erfindungsgemäße Durchtrennen des Außenrings der Statorscheiben können auch stärkere Bleche zu Statorscheiben verarbeitet werden, da diese durch das Durchtrennen richtbar werden. Dies ermöglicht es, den bestmöglichen Kompromiss zwischen Durchbiegung und Saugvermögen zu finden, und zwar auch bei größeren Statorscheibendurchmessern. Damit kann auch bei größeren Vakuumpumpen bzw. größeren Turbomolekularpumpen der Kostenvorteil geblechter Statorscheiben genutzt werden.

[0034] Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert; in dieser zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer beispielhaften Ausführungsform einer Vakuumpumpe, bei der erfindungsgemäße Statorscheiben einsetzbar sind,
- Fig. 2 eine schematische Draufsicht eines halbkreisförmigen Teils einer aus zwei solchen halbkreisförmigen Teilen bestehenden beispielhaften Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Statorscheibe, und
- Fig. 3 eine schematische Ansicht des halbkreisförmigen Statorscheibenteils gemäß Fig. 2 in Richtung des Pfeils A der Fig. 2.

[0035] Die in Fig. 1 gezeigte Vakuumpumpe 10 umfasst einen von einem Einlassflansch 12 umgebenen Pumpeneinlass 14 sowie mehrere Pumpstufen zur Förderung des an dem Pumpeneinlass 14 anstehenden Gases zu einem in Fig. 1 nicht dargestellten Pumpenauslass. Die Vakuumpumpe 10 umfasst einen Stator mit einem statischen Gehäuse 16 und einen in dem Gehäuse 16 angeordneten Rotor mit einer um eine Rotationsachse 18 drehbar gelagerten Rotorwelle 20.

[0036] Die Vakuumpumpe 10 ist als Turbomolekularpumpe ausgebildet und umfasst mehrere pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete turbomolekulare Pumpstufen mit mehreren mit der Rotorwelle 20 verbundenen turbomolekularen Rotorscheiben 22 und mehreren in axialer Richtung zwischen den Rotorscheiben 22 angeordneten und in dem Gehäuse 16 festgelegten turbomolekularen Statorscheiben 24, die durch Distanzringe 26 in einem gewünschten axialen Abstand zueinander gehalten sind. Die Rotorscheiben 22 und Statorscheiben 24 stellen in einem Schöpfbereich 28 eine in Richtung des Pfeils 30 gerichtete axiale Pumpwirkung bereit.

[0037] Die Vakuumpumpe 10 umfasst zudem drei in radialer Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. Der rotorseitige Teil der Holweck-Pumpstufen umfasst eine mit der Rotorwelle 20 verbundene Rotornabe 32 und zwei an der Rotornabe 32 befestigte und von dieser getragene zylindermantelförmige Holweck-Rotorhülsen 34, 36, die coaxial zu der Rotorachse 18 orientiert und in radialer Richtung ineinander geschachtelt sind. Ferner sind zwei zylindermantelförmige Holweck-Statorhülsen 38, 40 vorgesehen, die ebenfalls coaxial zu der Rotationsachse 18 orientiert und in radialer Richtung ineinander geschachtelt sind. Die pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Pumpstufen sind jeweils durch die einander unter Ausbildung eines engen radialen Holweck-Spalts gegenüberliegenden radialen Mantelflächen jeweils einer Holweck-Rotorhülse 34, 36 und einer Holweck-Statorhülse 38, 40 gebildet. Dabei ist jeweils eine der pumpaktiven Oberflächen glatt ausgebildet, im vorliegenden Fall die der Holweck-Rotorhülse 34 bzw. 36, und die gegenüberliegende pumpaktive Oberfläche der Holweck-Statorhülse 38, 40 weist eine Strukturierung

mit schraubenlinienförmig um die Rotationsachse 18 herum in axialer Richtung verlaufenden Nuten auf, in denen durch die Rotation des Rotors das Gas vorangetrieben und dadurch gepumpt wird.

[0038] Die drehbare Lagerung der Rotorwelle 20 wird durch ein Wälzlager 42 im Bereich des Pumpenauslasses und ein Permanentmagnetlager 44 im Bereich des Pumpeneinlasses 14 bewirkt.

[0039] Das Permanentmagnetlager 44 umfasst eine rotorseitige Lagerhälfte 46 und eine statorseitige Lagerhälfte 48, die jeweils einen Ringstapel aus mehreren in axialer Richtung aufeinandergestapelten permanentmagnetischen Ringen 50, 52 umfassen, wobei die Magnetringe 50, 52 unter Ausbildung eines radialen Lagespalts 54 einander gegenüberliegen.

[0040] Innerhalb des Permanentmagnetlagers 44 ist ein Not- oder Fanglager 56 vorgesehen, das als ungeschmiertes Wälzlager ausgebildet ist und im normalen Betrieb der Vakuumpumpe ohne Berührung leer läuft und erst bei einer übermäßigen radialen Auslenkung des Rotors gegenüber dem Stator in Eingriff gelangt, um einen radialen Anschlag für den Rotor zu bilden, der eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen verhindert.

[0041] In Bereich des Wälzlagers 42 ist an der Rotorwelle 20 eine konische Spritzmutter 58 mit einem zu dem Wälzlager 42 hin zunehmenden Außendurchmesser vorgesehen, die mit einem Abstreifer eines mehrere mit einem Betriebsmittel, wie zum Beispiel einem Schmiermittel, getränkte saugfähige Scheiben 60 umfassenden Betriebsmittelspeichers in gleitendem Kontakt steht. Im Betrieb wird das Betriebsmittel durch kapillare Wirkung von dem Betriebsmittelspeicher über den Abstreifer auf die rotierende Spritzmutter 58 übertragen und infolge der Zentrifugalkraft entlang der Spritzmutter 58 in Richtung des größer werdenden Außendurchmessers der Spritzmutter 58 zu dem Wälzlager 42 hin gefördert, wo es zum Beispiel eine schmierende Funktion erfüllt.

[0042] Die Vakuumpumpe umfasst einen Antriebsmotor 62 zum drehenden Antreiben des Rotors, dessen Läufer durch die Rotorwelle 20 gebildet ist. Eine Steuereinheit 64 steuert den Antriebsmotor 62 an.

[0043] Die turbomolekularen Pumpstufen stellen in dem Schöpfbereich 28 eine Pumpwirkung in Richtung des Pfeils 30 bereit.

[0044] Fig. 2 zeigt in schematischer Draufsicht einen halbkreisförmigen Teil einer aus zwei solchen halbkreisförmigen Teilen bestehenden beispielhaften Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Statorscheibe 24 für eine Vakuumpumpe. Eine solche Statorscheibe 24 kann beispielsweise in einer Vakuumpumpe 10 bzw. Turbomolekularpumpe eingesetzt werden, wie sie im Zusammenhang mit der Fig. 1 beschrieben wurde. In Fig. 3 ist der halbkreisförmige Statorscheibenteil gemäß Fig. 2 nochmals in einer schematischen Ansicht in Richtung des Pfeils A wiedergegeben.

[0045] Die Statorscheibe 24 umfasst einen Innenring 66 und einen Außenring 68 sowie zwischen diesen an-

geordnete Statorschaufeln 70, die jeweils über innere Stege 72 und äußere Stege 74 mit dem Innenring 66 bzw. dem Außenring 68 verbunden sind.

[0046] Dabei ist die Statorscheibe 24 aus einem durch ein Blech gebildeten Grundkörper als geblechte Statorscheibe mit geschränkten Statorschaufeln 70 und einem in Umfangsrichtung in eine der Anzahl der Statorschaufeln 70 entsprechende Anzahl von voneinander getrennten Kreisringausschnitten 76 unterteilten Außenring 68 ausgeführt.

[0047] Wie anhand der Fig. 2 zu erkennen ist, sind die voneinander getrennten Kreisringausschnitte 76 des Außenrings 68 jeweils über einen einzigen äußeren Steg 74 mit einer jeweiligen Statorschaufel 70 verbunden. Die voneinander getrennten Kreisringausschnitte 76 des Außenrings 68 sind hierbei jeweils radial mit der betreffenden Statorschaufel 70 ausgerichtet.

[0048] Im vorliegenden Fall sind die in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Kreisringausschnitte 76 des Außenrings 68 durch radiale Schlitze 78 voneinander getrennt.

[0049] Die voneinander getrennten Kreisringausschnitte 76 des Außenrings 68 der fertiggestellten Statorscheibe 24 sind zueinander parallel in einer gemeinsamen Ebene angeordnet

[0050] Zur Herstellung einer entsprechenden Statorscheibe 24 wird gemäß einer beispielhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens die Statorscheibe 24 aus einem durch ein Blech gebildeten Grundkörper als geblechte Statorscheibe mit einem Innenring 66, einem Außenring 68 sowie zwischen diesen angeordneten Statorschaufeln 70 gefertigt, die jeweils über innere Stege 72 und äußere Stege 74 mit dem Innenring 66 bzw. dem Außenring 68 verbunden sind.

[0051] Der Außenring 68 der Statorscheibe 24 wird in Umfangsrichtung in eine der Anzahl der Statorschaufeln 70 entsprechende Anzahl von voneinander getrennten Kreisringausschnitten 76 unterteilt. Die Statorschaufeln 70 werden geschränkt und anschließend gerichtet, um den gewünschten Schrägswinkel der Statorschaufeln 70 einzustellen und die voneinander getrennten Kreisringausschnitte 76 des Außenrings 68 in deren Ausgangslage zurückzuführen, in der sie zumindest im Wesentlichen wieder zueinander parallel in einer gemeinsamen Ebene liegen.

[0052] Dabei kann der Außenring 68 der Statorscheibe 24 vor oder nach dem Schränken der Statorschaufeln 70 in eine der Anzahl der Statorschaufeln 70 entsprechende Anzahl von voneinander getrennten Kreisringausschnitten 76 unterteilt werden.

[0053] Das Richten der Statorschaufeln 70 erfolgt unter Aufrechterhaltung der mit dem Schränken der Statorschaufeln 70 bewirkten Torsion der Stege 72, 74.

[0054] Dazu können zum Richten der Statorschaufeln 70 die dem Innenring 66 benachbarten Kanten 80 der Statorschaufeln 70 jeweils durch insbesondere zwei punktförmige Elemente eines Richtwerkzeugs (nicht dargestellt) fixiert und an den dem Außenring 68 benach-

barten Kanten 62 der Statorschaufeln 70 jeweils insbesondere zwei punktförmige Elemente des Richtwerkzeugs positioniert werden, über die durch axialen Druck die erforderliche Torsion der Statorschaufeln 70 herbeigeführt wird.

[0055] Zur Einstellung des gewünschten Schrägswinkels der Statorschaufeln 70 sowie zum Zurückführen der voneinander getrennten Kreisringausschnitte 76 des Außenrings 68 in deren Ausgangslage können die Statorschaufeln 70 beim Richten leicht überdreht werden.

[0056] Die Statorscheibe 24 kann insbesondere durch Stanzen, Schneiden, Lasern oder Fräsen in eine der Anzahl der Statorschaufeln 70 entsprechende Anzahl von voneinander getrennten Kreisringausschnitten 76 unterteilt werden. Dabei kann die Unterteilung des Außenrings 68 der Statorscheibe 24 in die in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Kreisringausschnitte 76 insbesondere durch schlitzartige radiale Aussparungen bzw. radiale Schlitze 78 erfolgen.

[0057] Die Zwischenräume oder Unterbrechungen zwischen den Segmenten des Außenrings müssen aber nicht schlitzartig sein. Auch ist keine oder zumindest keine durchgehend radiale Erstreckung dieser Zwischenräume bzw. Unterbrechungen zwingend. Ausgestaltung und Form der Zwischenräume bzw. Unterbrechungen sind grundsätzlich beliebig und insbesondere in Abhängigkeit von der Dicke des verwendeten Bleches und den Abmessungen der Statorscheibe zu wählen.

[0058] Bei einer üblichen Fixierung der Statorscheibe 24 durch Distanzringe am Außenring 68 ergeben sich praktisch keine wesentlichen Einbußen hinsichtlich der Steifigkeit der Statorscheibe 24 und entsprechend praktisch keine Erhöhung der Gefahr eines Durchbiegens der Statorscheibe. Zur Erhöhung der Stabilität der Statorscheibe 24 ist jedoch grundsätzlich auch denkbar, dass die in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Kreisringausschnitte 76 der Statorscheibe 24 nach dem Richten der Statorschaufeln 70 beispielsweise durch Nieten, Schweißen, Umspritzen mit Kunststoff oder dergleichen bearbeitet und/oder auch wieder miteinander verbunden werden.

Bezugszeichenliste

[0059]

10	Vakuumpumpe
12	Einlassflansch
14	Pumpeneinlass
16	Gehäuse
18	Rotationsachse
20	Rotorwelle
22	Rotorscheibe
24	Statorscheibe
26	Distanzring
28	Schöpfbereich
30	Pfeil
32	Rotornabe

34 Holweck-Rotorhülse
 36 Holweck-Rotorhülse
 38 Holweck-Statorhülse
 40 Holweck-Statorhülse
 42 Wälzlager
 44 Permanentmagnetlager
 46 rotorseitige Lagerhälfte
 48 statorseitige Lagerhälfte
 50 permanentmagnetischer Ring
 52 permanentmagnetischer Ring
 54 radialer Lagerspalt
 56 Not- oder Fanglager
 58 konische Spritzmutter
 60 saugfähige Scheibe
 62 Antriebsmotor
 64 Steuereinheit
 66 Innenring
 68 Außenring
 70 Statorschaufel
 72 innerer Steg
 74 äußerer Steg
 76 Kreisringausschnitt
 78 radialer Schlitz, radiale Aussparung
 80 innere Kante
 82 äußere Kante

Patentansprüche

1. Statorscheibe (24) für eine Vakuumpumpe (10), insbesondere für eine Turbomolekularpumpe, mit einem Innenring (66) und einem Außenring (68) sowie zwischen diesen angeordneten Statorschaufeln (70), die jeweils über Stege (72, 74) mit dem Innenring (66) und dem Außenring (68) verbunden sind, wobei die Statorscheibe (24) als gebleckte Statorscheibe mit geschränkten Statorschaufeln (70) und einem in Umfangsrichtung in eine, insbesondere der Anzahl der Statorschaufeln (70) entsprechende, Anzahl von voneinander getrennten Kreisringabschnitten (76) unterteilten Außenring (68) ausgeführt ist.
2. Statorscheibe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die voneinander getrennten Kreisringabschnitte (76) des Außenrings (68) jeweils über zumindest einen Steg (74) mit einer Statorschaufel (70) verbunden sind.
3. Statorscheibe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die voneinander getrennten Kreisringabschnitte (76) des Außenrings (68) jeweils radial mit einer Statorschaufel (70) ausgerichtet sind.
4. Statorscheibe nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die in Umfangs-

richtung aufeinander folgenden Kreisringabschnitte (76) des Außenrings (68) durch radiale Schlitze (78) voneinander getrennt sind.

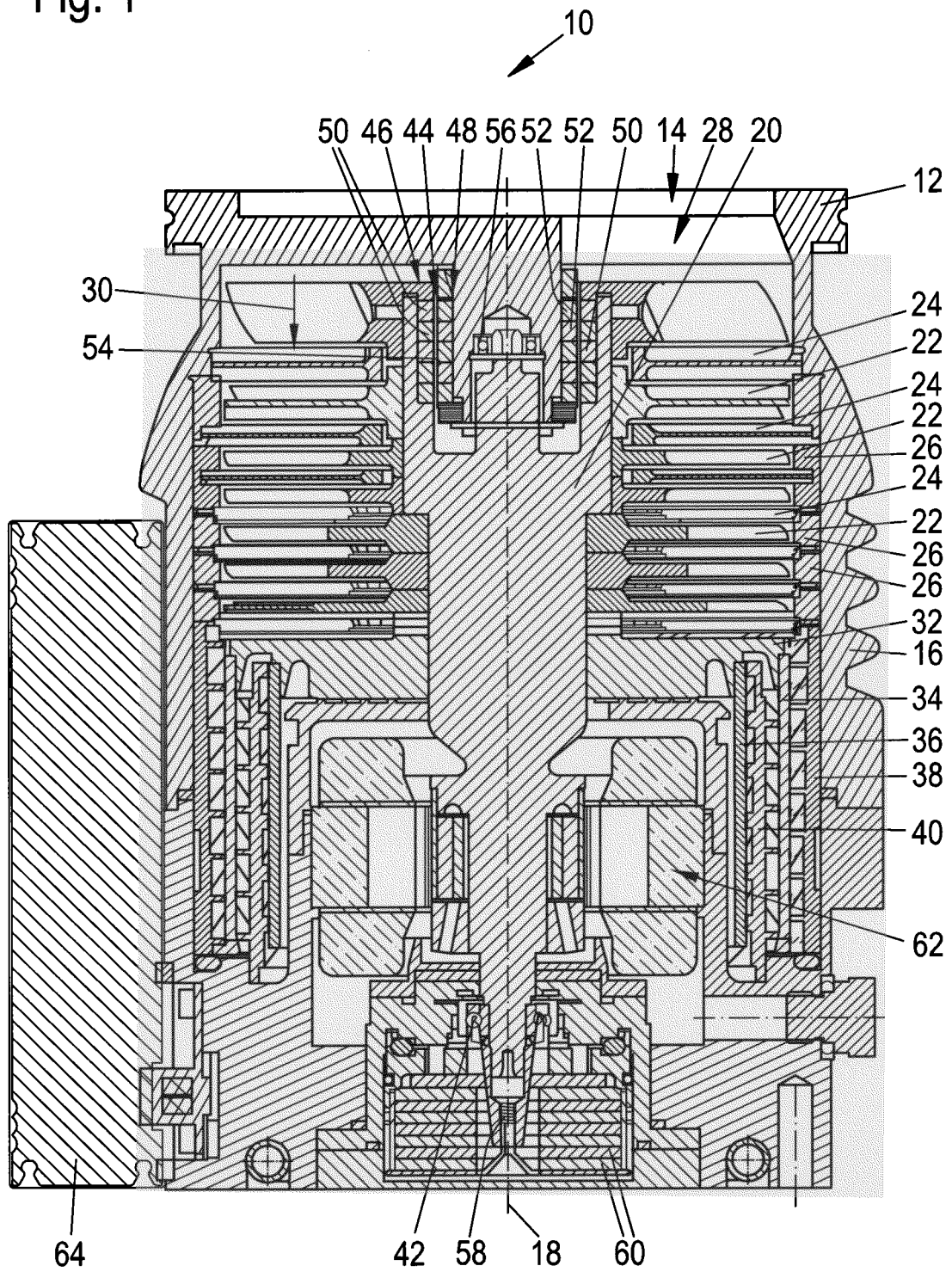
5. 5. Statorscheibe nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die voneinander getrennten Kreisringabschnitte (76) des Außenrings (68) zueinander parallel in einer gemeinsamen Ebene angeordnet sind.
6. 6. Verfahren zur Herstellung einer Statorscheibe (24) für eine Vakuumpumpe, insbesondere für eine Turbomolekularpumpe, bei dem die Statorscheibe (24) aus einem durch ein Blech gebildeten Grundkörper als gebleckte Statorscheibe mit einem Innenring (66), einem Außenring (68) sowie zwischen diesen angeordneten Statorschaufeln (70) gefertigt wird, die jeweils über Stege (72, 74) mit dem Innenring (66) und dem Außenring (68) verbunden sind, wobei der Außenring (68) der Statorscheibe (24) in Umfangsrichtung in eine, insbesondere der Anzahl der Statorschaufeln (70) entsprechende, Anzahl von voneinander getrennten Kreisringabschnitten (76) unterteilt wird, die Statorschaufeln (70) geschränkt werden und die Statorschaufeln (70) anschließend gerichtet werden, um den gewünschten Schrägwinkel der Statorschaufeln (70) einzustellen und die voneinander getrennten Kreisringabschnitte (76) des Außenrings (68) in deren Ausgangslage zurückzuführen, in der sie zumindest im Wesentlichen wieder zueinander parallel in einer gemeinsamen Ebene liegen.
7. 7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Außenring (68) der Statorscheibe (24) vor dem Schränken der Statorschaufeln (70) in die voneinander getrennten Kreisringabschnitte (76) unterteilt wird.
8. 8. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Außenring (68) der Statorscheibe (24) nach dem Schränken der Statorschaufeln (70) in die voneinander getrennten Kreisringabschnitte (76) unterteilt wird.
9. 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Richten der Statorschaufeln (70) unter Aufrechterhaltung der mit dem Schränken der Statorschaufeln (70) bewirkten Torsion der Stege (72, 74) erfolgt.
10. 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Richten der Statorschaufeln (70) die dem Innenring (66) benachbarten Kanten (80) der Statorschaufeln (70) jeweils durch insbesondere zwei punktförmige Elemente eines Richtwerkzeugs fixiert und an den dem Außen-

ring (68) benachbarten Kanten (82) der Statorschaufeln (70) jeweils insbesondere zwei punktförmige Elemente des Richtwerkzeugs positioniert werden, über die durch axialen Druck die erforderliche Torsion der Statorschaufeln (70) herbeigeführt wird. 5

11. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass zur Einstellung des gewünschten Schrägswinkels der Statorschaufeln (70) sowie zum Zurückführen der voneinander getrennten Kreisringabschnitte (76) des Außenrings (68) in deren Ausgangslage die Statorschaufeln (70) beim Richten leicht überdreht werden. 10
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass die Statorscheibe (24) durch Stanzen, Schneiden, Lasern oder Fräsen in die voneinander getrennten Kreisringausschnitte (76) unterteilt wird. 15
20
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass der Außenring (68) der Statorscheibe (24) durch Ausbilden von schlitzartigen radialen Aussparungen (78) in die in Umfangsrichtung aufeinanderfolgenden Kreisringausschnitte (76) unterteilt wird. 25
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass die in Umfangsrichtung aufeinander folgenden Kreisringausschnitte (76) der Statorscheibe (24) nach dem Richten der Statorschaufeln (70) durch Nieten, Schweißen, Umspritzen mit Kunststoff oder dergleichen stabilisiert und/oder wieder miteinander verbunden werden. 30
35
15. Vakuumpumpe (10), insbesondere Turbomolekularpumpe, mit einem mehrere in Richtung einer Rotorachse (18) aufeinanderfolgende Statorscheiben (24) umfassenden Stator und einem relativ zum Stator um die Rotorachse (18) drehbar gelagerten Rotor, der eine Rotorwelle (20) und mehrere auf der Rotorwelle (20) angeordnete, in axialer Richtung aufeinanderfolgende und zwischen den Statorscheiben (24) angeordnete Rotorscheiben (22) umfasst, wobei die Statorscheiben (24) und die Rotorscheiben (22) jeweils eine pumpaktive Struktur aufweisen und die Statorscheiben (24) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5 ausgeführt und/oder durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 13 hergestellt sind. 40
45
50

55

Fig. 1



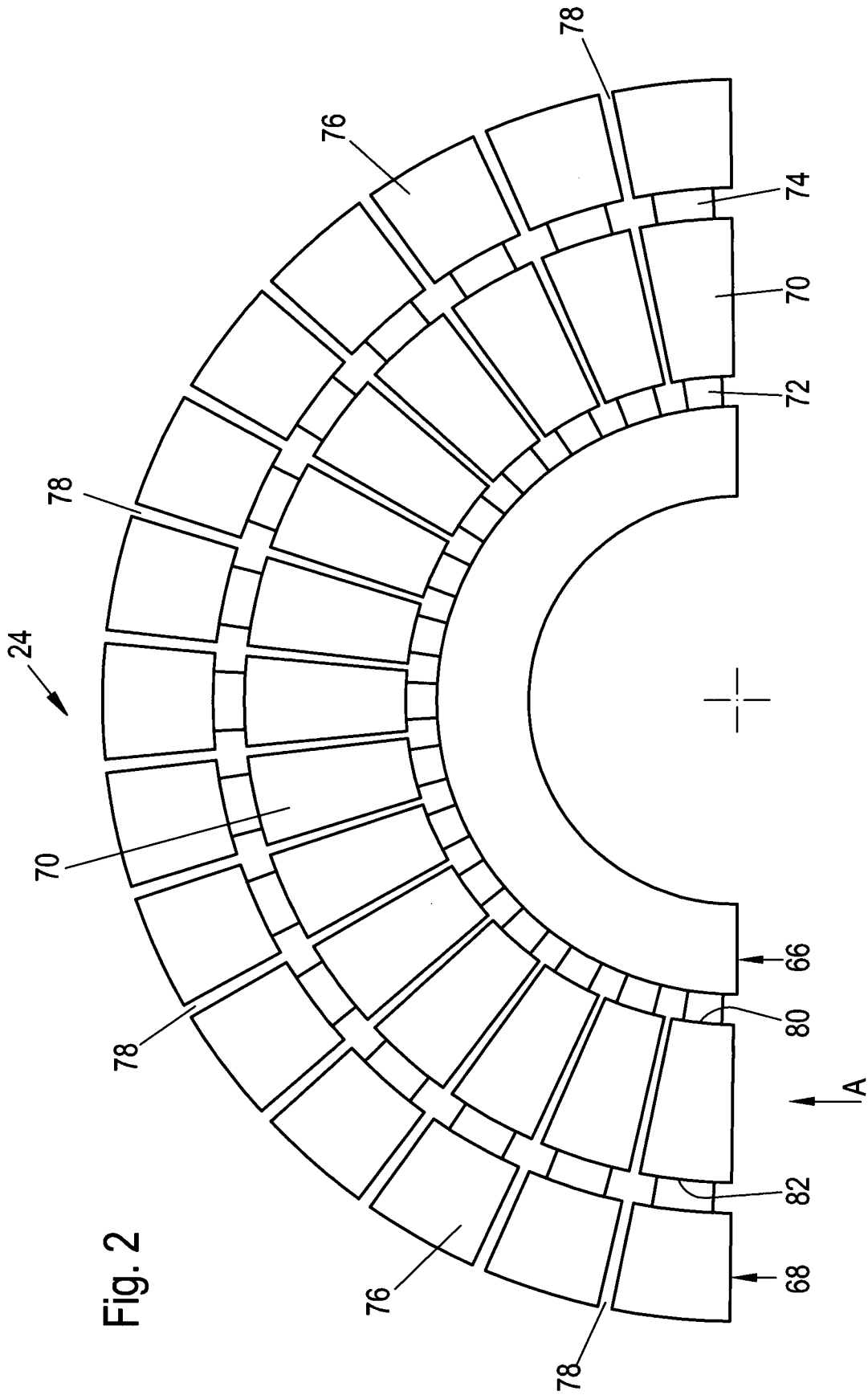
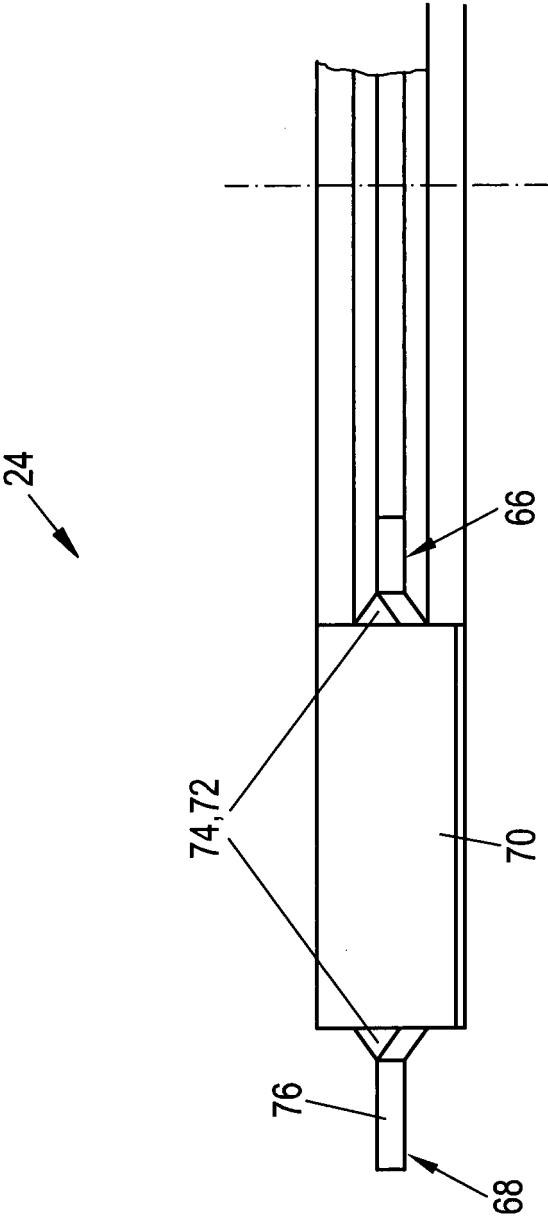


Fig. 2

Fig. 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 15 15 3125

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 731 766 A2 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 13. Dezember 2006 (2006-12-13) * Absätze [0001] - [0002] * * Absätze [0015] - [0018] * * Ansprüche 1,5-7; Abbildungen 1-3 * -----	1-15	INV. F04D19/04 F04D29/54 B23P15/02
X	EP 1 918 588 A2 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 7. Mai 2008 (2008-05-07) * Absatz [0001] * * Absätze [0015] - [0018] * * Absatz [0022] * * Absätze [0025] - [0026] * * Ansprüche 1-2,7; Abbildungen 1,4 * -----	1-15	
X	EP 1 600 639 A2 (LEYBOLD VAKUUM GMBH [DE]) 30. November 2005 (2005-11-30) * Absatz [0001] * * Absätze [0006] - [0009] * * Absätze [0026] - [0031] * * Ansprüche 1-2,8; Abbildungen 5-6 * -----	1-15	
X	EP 2 458 222 A2 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 30. Mai 2012 (2012-05-30) * Absätze [0001] - [0003] * * Absätze [0011] - [0019] * * Anspruch 1; Abbildungen 1-3 * -----	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F04D B23P
A	DE 691 01 455 T2 (VARIAN SPA [IT]) 14. Juli 1994 (1994-07-14) * Seite 4 * * Anspruch 1; Abbildungen 1-2 * -----	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 25. August 2015	Prüfer Nicolai, Sébastien
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 15 15 3125

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

25-08-2015

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	EP 1731766	A2	13-12-2006	AT 551533 T DE 102005027097 A1 EP 1731766 A2 JP 2006348935 A US 2006280595 A1	15-04-2012 14-12-2006 13-12-2006 28-12-2006 14-12-2006
20	EP 1918588	A2	07-05-2008	DE 102006050565 A1 EP 1918588 A2	30-04-2008 07-05-2008
25	EP 1600639	A2	30-11-2005	DE 102004023961 A1 EP 1600639 A2	01-12-2005 30-11-2005
30	EP 2458222	A2	30-05-2012	DE 102010052660 A1 EP 2458222 A2	31-05-2012 30-05-2012
35	DE 69101455	T2	14-07-1994	DE 69101455 D1 DE 69101455 T2 EP 0442556 A1 ES 2050498 T3 IT 1241177 B JP H0826876 B2 JP H04219495 A US 5158426 A	28-04-1994 14-07-1994 21-08-1991 16-05-1994 29-12-1993 21-03-1996 10-08-1992 27-10-1992
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82