

(19)



(11)

EP 3 734 078 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
04.11.2020 Patentblatt 2020/45

(51) Int Cl.:
F04D 19/04 (2006.01) **F04D 29/02** (2006.01)
F04D 29/54 (2006.01) **F04D 29/64** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20161194.4**

(22) Anmeldetag: **05.03.2020**

(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:
KH MA MD TN

- **Hofmann, Jan**
35305 Grünberg (DE)
- **Mekota, Mirko**
35630 Ehringshausen (DE)
- **Schweighöfer, Michael**
35641 Schöffengrund (DE)
- **Bader, Florian**
35625 Hüttenberg (DE)

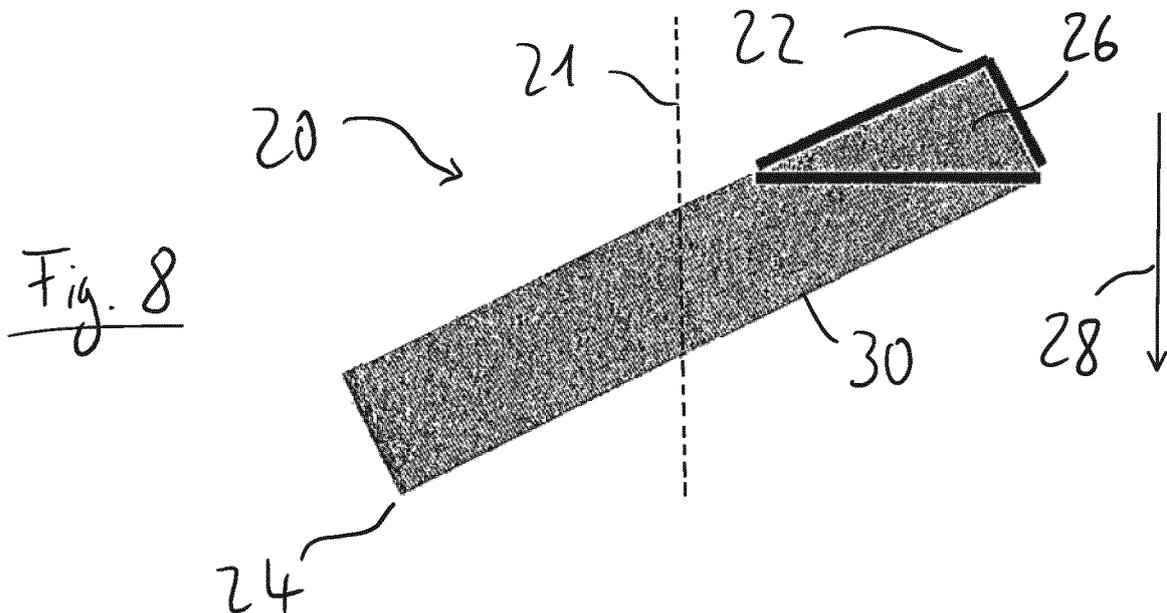
(71) Anmelder: **Pfeiffer Vacuum Technology AG**
35614 Asslar (DE)

(74) Vertreter: **Manitz Finsterwald**
Patent- und Rechtsanwaltspartnerschaft mbB
Martin-Greif-Strasse 1
80336 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Hofmann, Bernd**
35578 Wetzlar (DE)

(54) **TURBOMOLEKULARPUMPE UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER STATORSCHIEBE FÜR EINE SOLCHE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Turbomolekularpumpe umfassend: einen Rotor mit einer Mehrzahl von über seinen Umfang verteilt angeordneten Rotorschaukeln, der zu einer Rotation um eine Rotationsachse antreibbar ist, um eine Pumpwirkung zu erzeugen, und wenigstens eine Statorscheibe, welche eine Mehrzahl von über ihren Umfang verteilt angeordneten Statorschaukeln aufweist und mit welcher der Rotor zur Erzeugung der Pumpwirkung zusammenwirkt; wobei die Statorschaukeln der Statorscheibe in Bezug auf eine Scheibenebene, welche senkrecht zur Rotationsachse des Rotors verläuft, schräg ausgerichtet sind, wobei die Statorscheibe aus Blech hergestellt ist, und wobei wenigstens eine Statorschaukel an einem axialen Ende eine Abplattung aufweist.



EP 3 734 078 A2

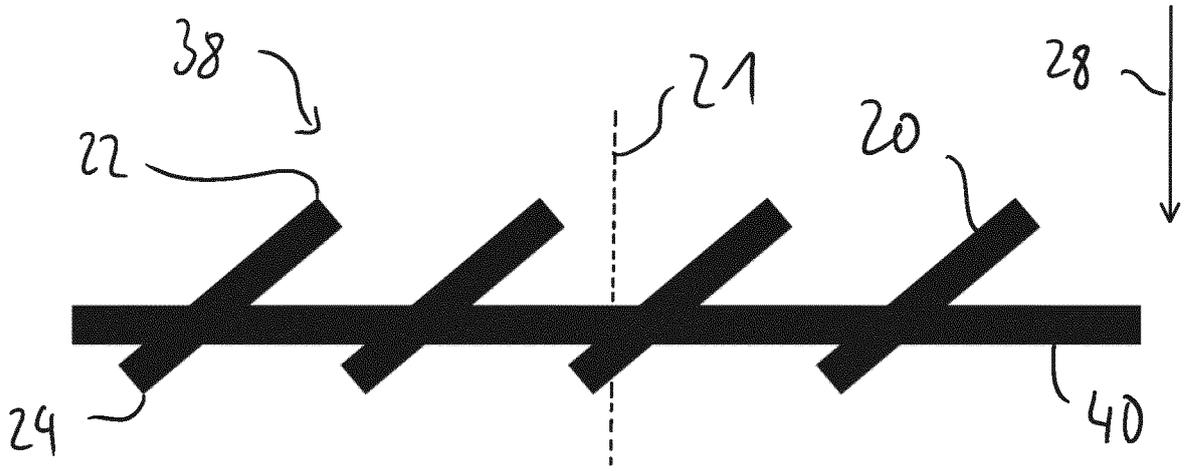


Fig. 11

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Turbomolekularpumpe umfassend: einen Rotor mit einer Mehrzahl von über seinen Umfang verteilt angeordneten Rotorscheaufeln, der zu einer Rotation um eine Rotationsachse antreibbar ist, um eine Pumpwirkung zu erzeugen, und wenigstens eine Statorscheibe, welche eine Mehrzahl von über ihren Umfang verteilt angeordneten Statorschaufeln aufweist und mit welcher der Rotor zur Erzeugung der Pumpwirkung zusammenwirkt, wobei die Statorschaufeln der Statorscheibe in Bezug auf eine Scheibenebene, welche senkrecht zur Rotationsachse des Rotors verläuft, schräg ausgerichtet sind.

[0002] Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung einer Statorscheibe mit einer Mehrzahl von über ihren Umfang verteilt angeordneten Statorschaufeln für eine Turbomolekularpumpe.

[0003] Statorscheiben für Turbomolekularpumpen werden üblicherweise entweder spanend aus einem Vollmaterial hergestellt, z.B. gefräst oder gesägt, oder aus Blech hergestellt. Bei der Herstellung aus Blech werden die Statorschaufeln typischerweise ausgestanzt und anschließend durch Biegen schräg in Bezug auf eine Scheibenebene ausgerichtet. Die Scheibenebene ist eine solche, die bei zusammengebauter Pumpe senkrecht zur Rotationsachse des Rotors verläuft, und ist z.B. durch wenigstens einen Bund der Statorscheibe definiert.

[0004] Die Herstellung von Statorscheiben aus Blech ist besonders kostengünstig, weist aber den Nachteil auf, dass bei vergleichbarer Performance mehr axialer Bauraum für aus Blech hergestellte Statorscheiben nötig ist als für spanend hergestellte Statorscheiben. Der Grund hierfür ist, dass die unterschiedlichen Herstellungsverfahren zu unterschiedlichen Geometrien der Statorschaufeln führen.

[0005] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, den axialen Bauraum einer aus Blech hergestellten Statorscheibe zu verringern, insbesondere ohne Einschränkung der Vakuumperformance.

[0006] Ein in diesem Zusammenhang offensichtlicher Ansatz bestünde darin, die Statorschaufeln einfach "weniger schräg" auszurichten, also ihren Winkel in Bezug auf die Scheibenebene zu verringern. Dies hat allerdings erhebliche Auswirkungen auf die Pumpwirkung der Statorscheibe und somit auf die Vakuumperformance.

[0007] Die Aufgabe wird vielmehr durch eine Turbomolekularpumpe mit den Merkmalen nach Anspruch 1 gelöst, und insbesondere dadurch, dass wenigstens eine Statorschaufel an wenigstens einem axialen Ende eine Abplattung aufweist.

[0008] Hierdurch ist das Material der Statorschaufel insbesondere genau dort abgeplattet, wo es einerseits den axialen Bauraum der Statorschaufel definiert und andererseits eine in Bezug auf die Pumpperformance relativ geringe Rolle spielt, insbesondere zumindest im Wesentlichen keine pumpaktive Wirkung aufweist. Zudem lässt sich eine solche Abplattung mit einfachen Mit-

teln erzeugen, sodass die Erfindung die Bauraumoptimierung bei zumindest im Wesentlichen gleichbleibender Pumpperformance mit konstruktiv besonders einfachen Mitteln ermöglicht.

5 **[0009]** Die Abplattung kann durch Materialwegnahme oder durch Materialverdrängung erzeugt werden. Hierauf wird an anderer Stelle näher eingegangen.

[0010] Der Begriff "axial" bezieht sich allgemein auf die Rotationsachse des Rotors bzw. eine hierzu parallele Richtung. Das axiale Ende befindet sich somit axial am höchsten oder am niedrigsten Punkt der Statorschaufel in einer aufrechtstehenden Pumpe. Zur Rotationsachse ist typischerweise auch eine Pumprichtung zumindest im Wesentlichen parallel, sodass die axialen Enden der Statorscheibe insbesondere ein stromaufwärtsseitiges und ein stromabwärtsseitiges Ende bilden.

[0011] Die wenigstens eine Statorschaufel kann z.B. nur an einem axialen Ende eine Abplattung aufweisen oder es kann z.B. an zwei gegenüberliegenden axialen Enden jeweils eine Abplattung vorgesehen sein.

[0012] Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Abplattung eine zumindest im Wesentlichen ebene Fläche umfasst. Eine solche Fläche lässt sich mit einfachen Mitteln herstellen und ermöglicht somit auf einfache Weise eine relativ große Bauraumeinsparung.

[0013] Die Fläche kann bevorzugt zumindest im Wesentlichen parallel zur Scheibenebene verlaufen. Dies ermöglicht eine besonders große Bauraumeinsparung.

[0014] Weiter bevorzugt kann sich die Abplattung über die gesamte Länge der Statorschaufel erstrecken. Die Länge der Statorschaufel entspricht ihrer Erstreckung in zumindest im Wesentlichen radialer Richtung, wobei sich die Angabe "radial" auf die Rotationsachse des Rotors bezieht.

[0015] Generell kann das axiale Ende ein stromaufwärtsseitiges Ende oder ein stromabwärtsseitiges Ende der Statorschaufel sein. Es ist aber auch möglich, dass sowohl ein stromaufwärtsseitiges Ende als auch ein stromabwärtsseitiges Ende der Statorschaufel eine Abplattung aufweisen. In diesem Fall kann die Bauraumeinsparung gleich doppelt erzielt werden.

[0016] Bevorzugt können mehrere oder alle Statorschaufeln der Statorscheibe eine Abplattung aufweisen, insbesondere am entsprechenden axialen Ende, also alle am stromaufwärtsseitigen und/oder am stromabwärtsseitigen Ende. Eine Turbomolekularpumpe weist häufig mehrere Statorscheiben auf. Hier ist es besonders vorteilhaft, wenn mehrere oder alle Statorscheiben Statorschaufeln mit Abplattung aufweisen.

50 **[0017]** Die Aufgabe der Erfindung wird auch durch ein Verfahren zur Herstellung einer Statorscheibe nach dem hierauf gerichteten, unabhängigen Anspruch gelöst. Dieses dient der Herstellung einer Statorscheibe mit einer Mehrzahl von über ihren Umfang verteilt angeordneten Statorschaufeln für eine Turbomolekularpumpe, insbesondere eine solche nach vorstehend beschriebener Art, und umfasst, dass die Statorscheibe aus Blech hergestellt wird, die Statorschaufeln der Statorscheibe in Be-

zug auf eine Erstreckungsebene des Blechs schräg ausgerichtet werden, und dass wenigstens eine Statorschaufel an wenigstens einem Ende in Bezug auf eine Normale zur Erstreckungsebene des Blechs abgeplattet wird. Allgemein umfasst die Erfindung auch ein entsprechendes Herstellungsverfahren für eine Turbomolekularpumpe mit derart hergestellter Statorscheibe.

[0018] Die Erstreckungsebene des Blechs entspricht bevorzugt einer Scheibenebene, die insbesondere bei zusammengebauter Pumpe senkrecht zur Rotationsachse ist. Insbesondere verbleibt beim Ausrichten der Statorschaufel ein Bund, der die Statorschaufel trägt, in der Erstreckungsebene des Blechs. In diesem Fall kann sich auf die Erstreckungsebene des Bundes bezogen werden. Die Normale ist insbesondere parallel zur Rotationsachse des Rotors bei zusammengebauter Pumpe ausgerichtet.

[0019] Gemäß einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass das Abplatten ein Umformen, insbesondere Kaltumformen und/oder Pressen, umfasst. Insbesondere wird die Statorschaufel dabei nicht flächig verbogen, sondern im Wesentlichen im Querschnitt der Statorscheibe gestaucht. Generell insbesondere wird das Material fließend und/oder durch Fließpressen verformt. Allgemein bevorzugt wird das Material der Statorschaufel aufgeschoben, insbesondere sodass es sich in einem zu dem axialen Ende benachbarten Bereich aufwirft. Grundsätzlich kann zum Abplatten beispielsweise eine Umform- und/oder Presskraft zumindest im Wesentlichen parallel zur Normalen bzw. Rotationsachse des Rotors auf die Statorschaufel bzw. auf das Ende aufgebracht werden. Während des Abplattens kann die Statorschaufel bevorzugt auf einer der Abplattung abgewandten Flachseite, bevorzugt flächig, abgestützt sein.

[0020] Alternativ oder zusätzlich ist es z.B. auch möglich, die Abplattung spanend zu bearbeiten oder herzustellen, beispielsweise durch Schleifen.

[0021] Generell kann das Abplatten insbesondere an einer Ecke eines Querschnitts der Statorschaufel erfolgen. Allgemein wird bevorzugt an der betreffenden Ecke ein Materialabschnitt von seiner Position entfernt, entweder durch Umformen verschoben oder, beispielsweise spanend, von der Statorschaufel getrennt. Der zu entfernende Materialabschnitt ist bevorzugt im Querschnitt zumindest im Wesentlichen dreieckig. Die oben erwähnte Fläche der Abplattung definiert insbesondere eine Seite dieses Dreiecks, nämlich insbesondere eine solche, die bezogen auf den Querschnitt der Statorschaufel einem Flächenschwerpunkt derselben zugewandt ist.

[0022] Allgemein kann die Statorschaufel insbesondere eine erste Flachseite, die in die gleiche Richtung in Bezug auf die Normale weist wie das abgeplattete Ende, und/oder eine zweite Flachseite aufweisen, die entgegen dieser Richtung weist. In Bezug auf die Pumprichtung handelt es sich insbesondere um eine in Pumprichtung obere bzw. erste und eine in Pumprichtung untere bzw. zweite Seite. Es versteht sich, dass die Flachseiten allgemein schräg ausgerichtet sind, aber einer der beiden

entgegengesetzten Richtungen entlang der Normalen zugewandt sind, dass sie also in die entsprechende Richtung weisen.

[0023] Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Abplatten umfasst, dass ein Material der Statorschaufel, insbesondere hauptsächlich, in Richtung der ersten Flachseite, insbesondere fließend, verschoben wird. Mit Bezug auf die oben beschriebene Turbomolekularpumpe bedeutet dies insbesondere, dass die Statorschaufel an einer ersten Flachseite, die in die gleiche Richtung in Bezug auf die Rotationsachse des Rotors weist, wie das abgeplattete Ende, eine Materialanhäufung aufweist. Diese kann insbesondere einen Vorsprung und/oder eine Wulst bilden und/oder insbesondere unmittelbar bei der Abplattung angeordnet sein. Die erste Flachseite ist insbesondere eine Oberseite der Schaufel in der aufrecht stehenden Pumpe und/oder eine stromaufwärtsseitige Flachseite, wobei insbesondere das betreffende Ende ein stromaufwärtsseitiges Ende ist. Beispielsweise kann aber auch das stromabwärtsseitige Ende abgeplattet werden, insbesondere wobei eine Materialanhäufung an der stromabwärtsseitigen Flachseite erzeugt wird.

[0024] Allgemein beispielsweise können Statorschaufeln durch Stanzen geformt werden und/oder durch Biegen schräg ausgerichtet werden. Das Abplatten kann z. B. ein zusätzlicher Verfahrensschritt oder ein Teil eines zusätzlichen Verfahrensschritts sein oder grundsätzlich auch in einem Verfahrensschritt mit dem Formen und/oder Ausrichten vorgesehen sein. Grundsätzlich kann das Abplatten insbesondere vor, während und/oder nach dem Stanzen und/oder Biegen erfolgen.

[0025] Ein weiterer Aspekt der Erfindung schlägt eine Turbomolekularpumpe nach Anspruch 11 vor. Diese kann beispielsweise nach vorstehend beschriebener Art ausgebildet und/oder hergestellt oder herstellbar sein und umfasst einen Rotor mit einer Mehrzahl von über seinen Umfang verteilt angeordneten Rotorschaufeln, der zu einer Rotation um eine Rotationsachse antreibbar ist, um eine Pumpwirkung zu erzeugen, und wenigstens eine Statorscheibe, welche eine Mehrzahl von über ihren Umfang verteilt angeordneten Statorschaufeln aufweist und mit welcher der Rotor zur Erzeugung der Pumpwirkung zusammenwirkt. Die Statorschaufeln der Statorscheibe sind in Bezug auf eine Scheibenebene, welche senkrecht zur Rotationsachse des Rotors verläuft, schräg ausgerichtet, wobei die Statorschaufeln von wenigstens einem Bund, insbesondere Innen- und/oder Außenbund, getragen werden. Der Bund ist in Bezug auf wenigstens eine Statorschaufel axial außermittig angeordnet. Insbesondere kann der Bund in Bezug auf alle Statorschaufeln der Statorscheibe axial außermittig angeordnet sein.

[0026] Der Bund ist also insbesondere nicht auf Höhe der axialen Mitte der Schaufel, sondern hierzu axial versetzt angeordnet. Die außermittige Anordnung ermöglicht eine Vereinfachung der Montage und insbesondere der Demontage der Pumpe. Die Statorscheibe lässt sich

durch die außermittige Anordnung des Bundes einfacher aus der Pumpe entnehmen.

[0027] Insbesondere bei einer solchen Anordnung, bei der die Statorscheibe zwecks Demontage radial zwischen zwei Rotorscheiben herausgeführt bzw. zwecks Montage hineingeführt wird - dabei weist die Statorscheibe insbesondere wenigstens zwei separierbare Ringsegmente auf -, wird hierdurch auf der axialen Seite, zu der der Bund hin versetzt ist, die Kollisionsgefahr mit einem sonstigen Statorelement, insbesondere einem Distanzring, verringert, weil dort die Statorschaufeln dann axial kürzer sind. Zwar würde hiermit theoretisch auf der anderen axialen Seite eine Kollisionsgefahr erhöht, jedoch erlaubt es meist eine bestimmte Montagereihenfolge, dass auf dieser anderen axialen Seite kein solches Element, insbesondere Distanzring, angeordnet ist, wenn die betreffende Statorscheibe zur Entnahme "an der Reihe" ist.

[0028] Bevorzugt kann es vorgesehen sein, dass der Bund, eine Verbindungsstelle zwischen Bund und jeweiliger Statorschaufel und/oder eine axiale Mitte des Bundes vor oder nach der axialen Mitte der Statorschaufel in Bezug auf eine Pumprichtung angeordnet sind. Bei einer aufrechtstehenden Pumpe entspricht dies insbesondere einer Anordnung oberhalb bzw. unterhalb der axialen Mitte der Statorschaufel.

[0029] Eine Statorscheibe kann z.B. einen Außenbund und/oder einen Innenbund aufweisen. Grundsätzlich können ein Außen- und ein Innenbund der Statorscheibe auf gleicher oder unterschiedlicher axialer Höhe angeordnet sein. Die Begriffe "außen" und "innen" beziehen sich hier auf die Rotationsachse des Rotors, bedeuten also radial außen und radial innen.

[0030] Bei einigen Ausführungsformen ist der Bund axial außermittig in Bezug auf mehrere, insbesondere alle, Statorschaufeln angeordnet. Dies gilt bevorzugt für den gesamten Bund und/oder für einen Außen- und/oder Innenbund. Allgemein können die Statorschaufeln insbesondere auf axial gleicher Höhe angeordnet sein.

[0031] Grundsätzlich kann ein Bund beispielsweise ringförmig ausgebildet sein, insbesondere durchgehend ringförmig oder mit mehreren Ringsegmenten. Z.B. kann ein Innenbund durchgehend ringförmig und ein Außenbund mit mehreren Ringsegmenten ausgebildet sein. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Statorscheibe selbst bevorzugt aus Ringsegmenten hergestellt sein kann, d. h. "durchgehend" bezieht sich dann auf das betreffende Ringsegment der Statorscheibe.

[0032] Eine Statorscheibe kann allgemein bevorzugt aus Blech, insbesondere mittels Stanzen und/oder Biegen, hergestellt sein. Allgemein kann eine Statorscheibe beispielsweise aus wenigstens zwei Teilringen, insbesondere Halbringen, zusammengesetzt sein.

[0033] Es versteht sich, dass die hier beschriebenen Turbomolekularpumpen und Herstellungsverfahren mittels der Ausführungsformen und Einzelmerkmale der jeweils anderen hier beschriebenen Turbomolekularpumpen bzw. Herstellungsverfahren einzeln und in Kombi-

nation vorteilhaft weitergebildet werden können.

[0034] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen, jeweils schematisch:

- Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Turbomolekularpumpe,
- Fig. 2 eine Ansicht der Unterseite der Turbomolekularpumpe von Fig. 1,
- Fig. 3 einen Querschnitt der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie A-A,
- Fig. 4 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie B-B,
- Fig. 5 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie C-C,
- Fig. 6 eine spanend aus Vollmaterial hergestellte Statorschaufel des Standes der Technik im Querschnitt mit Schnittebene quer zur Erstreckungsrichtung der Statorschaufel,
- Fig. 7 eine aus Blech hergestellte Statorschaufel des Standes der Technik im Querschnitt,
- Fig. 8 eine aus Blech hergestellte Statorschaufel im Querschnitt mit Kennzeichnung von überschüssigem Material,
- Fig. 9 die Statorschaufel der Fig. 8 nach einem Abplatten,
- Fig. 10 eine Statorscheibe des Standes der Technik in einer stark vereinfachten Seitenansicht,
- Fig. 11 eine Statorscheibe mit außermittig in Bezug auf die Statorschaufeln angeordnetem Bund in einer derjenigen der Fig. 10 entsprechenden Ansicht.

[0035] Die in Fig. 1 gezeigte Turbomolekularpumpe 111 umfasst einen von einem Einlassflansch 113 umgebenen Pumpeneinlass 115, an welchen in an sich bekannter Weise ein nicht dargestellter Rezipient angeschlossen werden kann. Das Gas aus dem Rezipienten kann über den Pumpeneinlass 115 aus dem Rezipienten gesaugt und durch die Pumpe hindurch zu einem Pumpenauslass 117 gefördert werden, an den eine Vorvakuumpumpe, wie etwa eine Drehschieberpumpe, angeschlossen sein kann.

[0036] Der Einlassflansch 113 bildet bei der Ausrichtung der Vakuumpumpe gemäß Fig. 1 das obere Ende des Gehäuses 119 der Vakuumpumpe 111. Das Gehäuse 119 umfasst ein Unterteil 121, an welchem seitlich ein Elektronikgehäuse 123 angeordnet ist. In dem Elektronikgehäuse 123 sind elektrische und/oder elektronische Komponenten der Vakuumpumpe 111 untergebracht, z. B. zum Betreiben eines in der Vakuumpumpe angeordneten Elektromotors 125 (vgl. auch Fig. 3). Am Elektronikgehäuse 123 sind mehrere Anschlüsse 127 für Zubehör vorgesehen. Außerdem sind eine Datenschnittstelle 129, z.B. gemäß dem RS485-Standard, und ein Strom-

versorgungsanschluss 131 am Elektronikgehäuse 123 angeordnet.

[0037] Es existieren auch Turbomolekularpumpen, die kein derartiges angebrachtes Elektronikgehäuse aufweisen, sondern an eine externe Antriebselektronik angeschlossen werden.

[0038] Am Gehäuse 119 der Turbomolekularpumpe 111 ist ein Fluteinlass 133, insbesondere in Form eines Flutventils, vorgesehen, über den die Vakuumpumpe 111 geflutet werden kann. Im Bereich des Unterteils 121 ist ferner noch ein Sperrgasanschluss 135, der auch als Spülgasanschluss bezeichnet wird, angeordnet, über welchen Spülgas zum Schutz des Elektromotors 125 (siehe z.B. Fig. 3) vor dem von der Pumpe geförderten Gas in den Motorraum 137, in welchem der Elektromotor 125 in der Vakuumpumpe 111 untergebracht ist, eingelassen werden kann. Im Unterteil 121 sind ferner noch zwei Kühlmittelanschlüsse 139 angeordnet, wobei einer der Kühlmittelanschlüsse als Einlass und der andere Kühlmittelanschluss als Auslass für Kühlmittel vorgesehen ist, das zu Kühlzwecken in die Vakuumpumpe geleitet werden kann. Andere existierende Turbomolekularvakuumpumpen (nicht dargestellt) werden ausschließlich mit Luftkühlung betrieben.

[0039] Die untere Seite 141 der Vakuumpumpe kann als Standfläche dienen, sodass die Vakuumpumpe 111 auf der Unterseite 141 stehend betrieben werden kann. Die Vakuumpumpe 111 kann aber auch über den Einlassflansch 113 an einem Rezipienten befestigt werden und somit gewissermaßen hängend betrieben werden. Außerdem kann die Vakuumpumpe 111 so gestaltet sein, dass sie auch in Betrieb genommen werden kann, wenn sie auf andere Weise ausgerichtet ist als in Fig. 1 gezeigt ist. Es lassen sich auch Ausführungsformen der Vakuumpumpe realisieren, bei der die Unterseite 141 nicht nach unten, sondern zur Seite gewandt oder nach oben gerichtet angeordnet werden kann. Grundsätzlich sind dabei beliebige Winkel möglich.

[0040] Andere existierende Turbomolekularvakuumpumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, können nicht stehend betrieben werden.

[0041] An der Unterseite 141, die in Fig. 2 dargestellt ist, sind noch diverse Schrauben 143 angeordnet, mittels denen hier nicht weiter spezifizierte Bauteile der Vakuumpumpe aneinander befestigt sind. Beispielsweise ist ein Lagerdeckel 145 an der Unterseite 141 befestigt.

[0042] An der Unterseite 141 sind außerdem Befestigungsbohrungen 147 angeordnet, über welche die Pumpe 111 beispielsweise an einer Auflagefläche befestigt werden kann. Dies ist bei anderen existierenden Turbomolekularvakuumpumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, nicht möglich.

[0043] In den Figuren 2 bis 5 ist eine Kühlmittelleitung 148 dargestellt, in welcher das über die Kühlmittelanschlüsse 139 ein- und ausgeleitete Kühlmittel zirkulieren kann.

[0044] Wie die Schnittdarstellungen der Figuren 3 bis 5 zeigen, umfasst die Vakuumpumpe mehrere Prozessgaspumpstufen zur Förderung des an dem Pumpeneinlass 115 anstehenden Prozessgases zu dem Pumpenauslass 117.

[0045] In dem Gehäuse 119 ist ein Rotor 149 angeordnet, der eine um eine Rotationsachse 151 drehbare Rotorwelle 153 aufweist.

[0046] Die Turbomolekularpumpe 111 umfasst mehrere pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete turbomolekulare Pumpstufen mit mehreren an der Rotorwelle 153 befestigten radialen Rotorscheiben 155 und zwischen den Rotorscheiben 155 angeordneten und in dem Gehäuse 119 festgelegten Statorscheiben 157. Dabei bilden eine Rotorscheibe 155 und eine benachbarte Statorscheibe 157 jeweils eine turbomolekulare Pumpstufe. Die Statorscheiben 157 sind durch Abstandsringe 159 in einem gewünschten axialen Abstand zueinander gehalten.

[0047] Die Vakuumpumpe umfasst außerdem in radialer Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. Es existieren andere Turbomolekularvakuumpumpen (nicht dargestellt), die keine Holweck-Pumpstufen aufweisen.

[0048] Der Rotor der Holweck-Pumpstufen umfasst eine an der Rotorwelle 153 angeordnete Rotornabe 161 und zwei an der Rotornabe 161 befestigte und von dieser getragene zylindermantelförmige Holweck-Rotorhülsen 163, 165, die koaxial zur Rotationsachse 151 orientiert und in radialer Richtung ineinander geschachtelt sind. Ferner sind zwei zylindermantelförmige Holweck-Statorhülsen 167, 169 vorgesehen, die ebenfalls koaxial zu der Rotationsachse 151 orientiert und in radialer Richtung gesehen ineinander geschachtelt sind.

[0049] Die pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Pumpstufen sind durch die Mantelflächen, also durch die radialen Innen- und/oder Außenflächen, der Holweck-Rotorhülsen 163, 165 und der Holweck-Statorhülsen 167, 169 gebildet. Die radiale Innenfläche der äußeren Holweck-Statorhülse 167 liegt der radialen Außenfläche der äußeren Holweck-Rotorhülse 163 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 171 gegenüber und bildet mit dieser die der Turbomolekularpumpen nachfolgende erste Holweck-Pumpstufe. Die radiale Innenfläche der äußeren Holweck-Rotorhülse 163 steht der radialen Außenfläche der inneren Holweck-Statorhülse 169 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 173 gegenüber und bildet mit dieser eine zweite Holweck-Pumpstufe. Die radiale Innenfläche der inneren Holweck-Statorhülse 169 liegt der radialen Außenfläche der inneren Holweck-Rotorhülse 165 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 175 gegenüber und bildet mit dieser die dritte Holweck-Pumpstufe.

[0050] Am unteren Ende der Holweck-Rotorhülse 163 kann ein radial verlaufender Kanal vorgesehen sein, über den der radial außenliegende Holweck-Spalt 171 mit dem mittleren Holweck-Spalt 173 verbunden ist. Außer-

dem kann am oberen Ende der inneren Holweck-Statorhülse 169 ein radial verlaufender Kanal vorgesehen sein, über den der mittlere Holweck-Spalt 173 mit dem radial innenliegenden Holweck-Spalt 175 verbunden ist. Dadurch werden die ineinander geschachtelten Holweck-Pumpstufen in Serie miteinander geschaltet. Am unteren Ende der radial innenliegenden Holweck-Rotorhülse 165 kann ferner ein Verbindungskanal 179 zum Auslass 117 vorgesehen sein.

[0051] Die vorstehend genannten pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Statorhülsen 167, 169 weisen jeweils mehrere spiralförmig um die Rotationsachse 151 herum in axialer Richtung verlaufende Holweck-Nuten auf, während die gegenüberliegenden Mantelflächen der Holweck-Rotorhülsen 163, 165 glatt ausgebildet sind und das Gas zum Betrieb der Vakuumpumpe 111 in den Holweck-Nuten vorantreiben.

[0052] Zur drehbaren Lagerung der Rotorwelle 153 sind ein Wälzlager 181 im Bereich des Pumpenauslasses 117 und ein Permanentmagnetlager 183 im Bereich des Pumpeneinlasses 115 vorgesehen.

[0053] Im Bereich des Wälzlagers 181 ist an der Rotorwelle 153 eine konische Spritzmutter 185 mit einem zu dem Wälzlager 181 hin zunehmenden Außendurchmesser vorgesehen. Die Spritzmutter 185 steht mit mindestens einem Abstreifer eines Betriebsmittelspeichers in gleitendem Kontakt. Bei anderen existierenden Turbomolekularvakuumumpumpen (nicht dargestellt) kann anstelle einer Spritzmutter eine Spritzschraube vorgesehen sein. Da somit unterschiedliche Ausführungen möglich sind, wird in diesem Zusammenhang auch der Begriff "Spritzspitze" verwendet.

[0054] Der Betriebsmittelspeicher umfasst mehrere aufeinander gestapelte saugfähige Scheiben 187, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlager 181, z.B. mit einem Schmiermittel, getränkt sind.

[0055] Im Betrieb der Vakuumpumpe 111 wird das Betriebsmittel durch kapillare Wirkung von dem Betriebsmittelspeicher über den Abstreifer auf die rotierende Spritzmutter 185 übertragen und in Folge der Zentrifugalkraft entlang der Spritzmutter 185 in Richtung des größer werdenden Außendurchmessers der Spritzmutter 185 zu dem Wälzlager 181 hin gefördert, wo es z.B. eine schmierende Funktion erfüllt. Das Wälzlager 181 und der Betriebsmittelspeicher sind durch einen wannenförmigen Einsatz 189 und den Lagerdeckel 145 in der Vakuumpumpe eingefasst.

[0056] Das Permanentmagnetlager 183 umfasst eine rotorseitige Lagerhälfte 191 und eine statorseitige Lagerhälfte 193, welche jeweils einen Ringstapel aus mehreren in axialer Richtung aufeinander gestapelten permanentmagnetischen Ringen 195, 197 umfassen. Die Ringmagnete 195, 197 liegen einander unter Ausbildung eines radialen Lagerspalts 199 gegenüber, wobei die rotorseitigen Ringmagnete 195 radial außen und die statorseitigen Ringmagnete 197 radial innen angeordnet sind. Das in dem Lagerspalt 199 vorhandene magnetische Feld ruft magnetische Abstoßungskräfte zwischen

den Ringmagneten 195, 197 hervor, welche eine radiale Lagerung der Rotorwelle 153 bewirken. Die rotorseitigen Ringmagnete 195 sind von einem Trägerabschnitt 201 der Rotorwelle 153 getragen, welcher die Ringmagnete 195 radial außenseitig umgibt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind von einem statorseitigen Trägerabschnitt 203 getragen, welcher sich durch die Ringmagnete 197 hindurch erstreckt und an radialen Streben 205 des Gehäuses 119 aufgehängt ist. Parallel zu der Rotationsachse 151 sind die rotorseitigen Ringmagnete 195 durch ein mit dem Trägerabschnitt 201 gekoppeltes Deckelelement 207 festgelegt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind parallel zu der Rotationsachse 151 in der einen Richtung durch einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 209 sowie einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 211 festgelegt. Zwischen dem Befestigungsring 211 und den Ringmagneten 197 kann außerdem eine Tellerfeder 213 vorgesehen sein.

[0057] Innerhalb des Magnetlagers ist ein Not- bzw. Fanglager 215 vorgesehen, welches im normalen Betrieb der Vakuumpumpe 111 ohne Berührung leer läuft und erst bei einer übermäßigen radialen Auslenkung des Rotors 149 relativ zu dem Stator in Eingriff gelangt, um einen radialen Anschlag für den Rotor 149 zu bilden, damit eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen verhindert wird. Das Fanglager 215 ist als ungeschmiertes Wälzlager ausgebildet und bildet mit dem Rotor 149 und/oder dem Stator einen radialen Spalt, welcher bewirkt, dass das Fanglager 215 im normalen Pumpbetrieb außer Eingriff ist. Die radiale Auslenkung, bei der das Fanglager 215 in Eingriff gelangt, ist groß genug bemessen, sodass das Fanglager 215 im normalen Betrieb der Vakuumpumpe nicht in Eingriff gelangt, und gleichzeitig klein genug, sodass eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen unter allen Umständen verhindert wird.

[0058] Die Vakuumpumpe 111 umfasst den Elektromotor 125 zum drehenden Antreiben des Rotors 149. Der Anker des Elektromotors 125 ist durch den Rotor 149 gebildet, dessen Rotorwelle 153 sich durch den Motorstator 217 hindurch erstreckt. Auf den sich durch den Motorstator 217 hindurch erstreckenden Abschnitt der Rotorwelle 153 kann radial außenseitig oder eingebettet eine Permanentmagnetanordnung angeordnet sein. Zwischen dem Motorstator 217 und dem sich durch den Motorstator 217 hindurch erstreckenden Abschnitt des Rotors 149 ist ein Zwischenraum 219 angeordnet, welcher einen radialen Motorspalt umfasst, über den sich der Motorstator 217 und die Permanentmagnetanordnung zur Übertragung des Antriebsmoments magnetisch beeinflussen können.

[0059] Der Motorstator 217 ist in dem Gehäuse innerhalb des für den Elektromotor 125 vorgesehenen Motorraums 137 festgelegt. Über den Sperrgasanschluss 135 kann ein Sperrgas, das auch als Spülgas bezeichnet wird, und bei dem es sich beispielsweise um Luft oder um Stickstoff handeln kann, in den Motorraum 137 ge-

langen. Über das Sperrgas kann der Elektromotor 125 vor Prozessgas, z. B. vor korrosiv wirkenden Anteilen des Prozessgases, geschützt werden. Der Motorraum 137 kann auch über den Pumpenauslass 117 evakuiert werden, d. h. im Motorraum 137 herrscht zumindest annäherungsweise der von der am Pumpenauslass 117 angeschlossenen Vorvakuumpumpe bewirkte Vakuumdruck.

[0060] Zwischen der Rotornabe 161 und einer den Motorraum 137 begrenzenden Wandung 221 kann außerdem eine sog. und an sich bekannte Labyrinthdichtung 223 vorgesehen sein, insbesondere um eine bessere Abdichtung des Motorraums 217 gegenüber den radial außerhalb liegenden Holweck-Pumpstufen zu erreichen.

[0061] Die Fig. 6 bis 11 zeigen Statorschaufeln bzw. Statorscheiben in stark schematisierter Darstellung. Die Statorscheiben 157 der Turbomolekularpumpe 111 der Fig. 1 bis 5 können erfindungsgemäß ausgebildet sein, d. h. die Erfindung kann in einer Turbomolekularpumpe eingesetzt werden, wie sie anhand der Fig. 1 bis 5 beschrieben worden ist.

[0062] Die Fig. 6 und 7 dienen der Illustration des Standes der Technik. Beide zeigen eine Statorschaufel 20 in einem Querschnitt, nämlich mit Schnittebene quer zu einer Erstreckungsrichtung der Statorschaufel. Diese Erstreckungsrichtung verläuft in der Pumpe radial in Bezug auf die Rotationsachse des Rotors. Die Rotationsachse des Rotors ist in den Fig. 6 bis 11 durch die gestrichelte Linie 21 angedeutet. Die Schnittebene des hier dargestellten Querschnitts verläuft also parallel zur Rotationsachse 21 des hier nicht dargestellten Rotors, die hier und in den weiteren Figuren vertikal verläuft. Folglich sind die Schaufeln 20 gegenüber einer senkrecht zur Rotationsachse 21 verlaufenden Ebene (nicht dargestellt) geneigt, die in dem dargestellten Querschnitt horizontal verläuft. Man blickt in den Fig. 6 und 7 (und auch in den Fig. 8 und 9) also insbesondere jeweils auf die radial nach außen weisende Schnittfläche der gegenüber der Horizontalen schräg gestellten Schaufel 20. Anders ausgedrückt - und dies gilt für alle Fig. 6 bis 11 - blickt man sozusagen in radialer Richtung entlang der Flachseiten einer jeweiligen Schaufel 20, wobei Fig. 10 und 11 insbesondere dahingehend vereinfacht sind, dass sie eine Abwicklung bezüglich der Rotationsachse 21 des Rotors zeigen.

[0063] Häufig sind die Statorscheiben in Turbomolekularpumpen aus dem Vollem gefräst. Die Statorschaufel 20 der Fig. 6 ist spanend, zum Beispiel durch Fräsen und/oder Sägen, hergestellt. Dabei wird typischerweise eine flache Scheibe aus Vollmaterial derart radial eingesägt bzw. -gefräst, dass die mehreren Schaufeln stehen bleiben. Aufgrund dieses Fertigungsverfahrens weist die Statorschaufel 20 ebene, senkrecht zur Rotationsachse 21 und somit horizontal verlaufende, in Bezug auf die Rotationsachse 21 axiale Enden 22 und 24 auf. Diese ergeben sich insbesondere aus den üblicherweise ebenen Stirnseiten der Scheibe vor dem Fräs- bzw. Sägevorgang.

[0064] Aus Kostengründen kann es vorteilhaft sein, die Statorscheiben aus Blech in einem Stanzverfahren her-

zustellen. Fig. 7 illustriert eine bekannte, aus Blech hergestellte Statorschaufel 20, die typischerweise zunächst aus einem ebenen Blech durch Stanzen geformt und anschließend durch Biegen in die hier dargestellte schräge Ausrichtung gebracht wird. Insbesondere aus diesem Herstellungsverfahren ergibt es sich, dass die in Bezug auf die Rotationsachse 21 axialen Enden 22 und 24 nicht eben sind, wie es bei der Statorschaufel 20 der Fig. 6 der Fall ist, sondern im Wesentlichen eckig. Die Statorschaufel 20 der Fig. 7 weist nämlich insbesondere einen im Wesentlichen rechteckigen Querschnitt auf, wobei die Ecken des Rechtecks die axialen Enden 22, 24 der Statorschaufel 20 bilden.

[0065] Folglich unterscheidet sich die Querschnittsform der einzelnen Schaufel abhängig vom Fertigungsverfahren: Die gefräste oder gesägte Schaufel 20 der Fig. 6 ist parallelogrammförmig im Querschnitt. Die aus Blech gestanzte Schaufel 20 der Fig. 7 ist im Querschnitt rechteckförmig.

[0066] Aufgrund der unterschiedlichen Querschnittsformen weist die Schaufel 20 der Fig. 7 einen größeren axialen Bauraum bei gleicher Pumpwirkung auf als diejenige der Fig. 6. Anders ausgedrückt ist bei gleichen Axialspalten bzw. bei gleicher axialer Bauhöhe die pumpeffektive Bauhöhe der Schaufel 20 bzw. der Statorscheibe der Fig. 7 kleiner.

[0067] Insbesondere wenn es das Ziel ist, Statorscheiben in bestehenden Pumpen zu ersetzen, also bestehende Pumpenkonstruktionen entsprechend der Aufgabe der Erfindung zu verbessern, steht axial nur ein gewisser Platz zu Verfügung. Ziel ist es also letztlich, die Kontur der aus Blech hergestellten Statorschaufel so zu ändern, dass sie möglichst nahe an die gefräste Kontur - insbesondere wie in Fig. 6 - herankommt.

[0068] Beispielsweise mittels eines weiteren Umformschrittes, insbesondere im Stanzvorgang, wird nun das am axialen Ende abstehende (insbesondere vakuumentechisch irrelevante) Materialdreieck des Rechteckquerschnitts abgeplattet, so dass sich die Schaufelkontur nunmehr der Parallelogrammform annähert. Dadurch wird axial weniger Bauraum verschenkt, ohne die Pumpwirkung zu verschlechtern. Dies ist nachfolgend noch näher veranschaulicht.

[0069] In Fig. 8 ist eine weitere Statorschaufel 20 mit rechteckigem Querschnitt im Vergleich zur Fig. 7 vergrößert dargestellt. Bevorzugt kann es sich bei dem axialen Ende 22 um ein stromaufwärtsseitiges Ende und bei dem axialen Ende 24 um ein stromabwärtsseitiges Ende der Statorschaufel 20 handeln.

[0070] Es ist ein Bereich 26 des dargestellten Querschnitts markiert, der im Wesentlichen dreieckig ist. Das Material der Statorschaufel 20 in diesem Bereich 26 ist für die Pumpwirkung der Statorschaufel 20 bzw. der Statorscheibe weitgehend unerheblich, also überflüssig. Zur Verdeutlichung ist die Pumprichtung 28 hier durch einen Pfeil markiert. Die Pumprichtung 28 verläuft insbesondere parallel zu der Rotationsachse 21 des hier nicht dargestellten Rotors.

[0071] Maßgeblich für die Pumpwirkung ist vielmehr die stromabwärtsseitige und hier untere Flachseite 30 der Statorschaufel 20. Wie beispielsweise in Fig. 8 erkennbar ist, nimmt der Bereich 26 also axialen Bauraum ein, ohne dass er eine pumpaktive Wirkung entfaltet.

[0072] Die Statorschaufel 20 der Fig. 9 weist daher am axialen Ende 22 eine erfindungsgemäße Abplattung 32 auf. Durch diese ist der Bereich 26 mit überschüssigem Material deutlich kleiner und insbesondere wird die axiale Bauhöhe der Statorschaufel 20 sowie der betreffenden Statorscheibe reduziert.

[0073] Die Abplattung 32 ist hier als zumindest im Wesentlichen ebene Fläche bezogen auf die dreidimensionale Erstreckung der Statorschaufel 20 ausgebildet. Insbesondere verläuft die Abplattung 32 bzw. die Fläche über die gesamte radiale Erstreckung, also über die gesamte radiale Länge, der Statorschaufel 20. Die Fläche der Abplattung 32 verläuft in dieser Ausführungsform senkrecht zu der Rotationsachse 21 des Rotors der Turbomolekularpumpe. Der axiale Bauraumgewinn entspricht dem axialen Abstand der Fläche zu der oberen Spitze des Dreiecks in Fig. 8, wenn es in Fig. 9 projiziert wird. Dieses Dreieck ist in Fig. 9 gestrichelt angedeutet und seine stromaufwärtsseitige Spitze ist mit 22' bezeichnet.

[0074] Die Abplattung 32 kann auf unterschiedliche Arten hergestellt werden. So kann das axiale Ende 22 beispielsweise abgeschliffen werden. In Fig. 9 ist die Statorschaufel 20 als eine solche illustriert, die nicht durch Abschleifen, sondern durch Umformen, nämlich Fließpressen, abgeplattet ist. Eine Umformkraft wurde dabei insbesondere im Wesentlichen senkrecht zur Scheibenebene bzw. parallel zur Rotationsachse 21 des Rotors, in Fig. 9 von oben nach unten, aufgebracht. Das Material des Bereichs 26 bzw. der Statorschaufel 20 ist derart umgeformt, dass es sich in einem Bereich, der über den in Fig. 8 als Dreieck gekennzeichneten Bereich 26 seitlich hinausgeht, aufwirft, und zwar seitlich neben der Abplattung 32 derart, dass sich die axiale Bauhöhe der Statorschaufel 20 trotz der sich hieraus ergebenden Wulst 34 nicht vergrößert. Bei dem Umformvorgang wurde die Statorschaufel 20 bevorzugt an der Flachseite 30 flächig abgestützt.

[0075] Die Wulst 34 ist an einer Flachseite 36 angeordnet, bei der es sich hier um die stromaufwärtsseitige Flachseite handelt und die in die gleiche axiale Richtung weist wie das Ende 22. Außerdem ist die Wulst 34 unmittelbar benachbart zur Abplattung 32 angeordnet.

[0076] Die Wulst 34 ist zumindest im Wesentlichen derart angeordnet, dass sie die Pumpwirkung der Statorschaufel 20 nicht beeinflusst. Denn die Pumpwirkung wird im Wesentlichen durch die stromabwärtsseitige Flachseite 30 bestimmt. Im Vergleich zeigt sich jedoch, dass in Fig. 9 der Bereich 26 mit überschüssigem Material axial deutlich kleiner ist als derjenige der Fig. 8. Somit lässt sich durch die Abplattung 32 auf einfache Weise der axiale Bauraum der Statorschaufel 20 bzw. der Statorscheibe reduzieren, und zwar ohne negative Auswir-

kungen auf die Pumpperformance.

[0077] Bei der Statorschaufel 20 der Fig. 9 ist letztlich durch einen weiteren Umformschritt das überschüssige Material bzw. dasjenige des Bereichs 26 in einen Bereich gedrückt, wo es nicht mehr stört, nämlich nicht störend hinsichtlich des axialen Bauraumes und der Pumpwirkung. Vorzugsweise wird das Material an die strömungstechnische Rückseite gepresst, wie hier an die Flachseite 36, wo es nicht mehr stört. Der Gewinn durch die Abplattung ist umso größer, je flacher der Schaufelwinkel ist. Bei Schaufelwinkeln von ca. 10°, wie es etwa im Vorvakuumbereich vorgesehen sein kann, kann das überschüssige bzw. störende Dreieck bis zu 1/3 der Gesamthöhe ausmachen.

[0078] Es versteht sich, dass insbesondere in den Fig. 8 und 9 die Größenverhältnisse der Statorschaufeln 20 nicht maßstabsgetreu sind, sondern zwecks Veranschaulichung angepasst sind. Insbesondere ist die Länge des Rechteckquerschnitts in einer tatsächlichen Statorschaufel 20, d.h. die Breite der Flachseiten 30 und 36, deutlich größer im Verhältnis zur Abplattung als dargestellt.

[0079] Grundsätzlich kann auch das stromabwärtsseitige Ende 24 eine Abplattung aufweisen, dies ist jedoch nicht dargestellt. Insoweit ist es auch möglich, das störende Dreieck an der Unterseite der Scheibe bzw. Schaufel 20 wegzupressen.

[0080] In Fig. 10 ist eine Statorscheibe 38 vereinfacht dargestellt, die einen Bund 40 sowie mehrere mit dem Bund 40 verbundene Statorschaufeln 20 umfasst. Bei dem Bund 40 kann es sich zum Beispiel um einen Innen- und/oder Außenbund handeln.

[0081] Der Bund 40 ist axial mittig in Bezug auf die Statorschaufeln 20 angeordnet, wie es im Stand der Technik üblich ist.

[0082] Fig. 11 illustriert eine erfindungsgemäße Statorscheibe 38, bei der der Bund 40 in Bezug auf die Statorschaufeln 20 axial außermittig angeordnet ist. In Bezug auf eine Pumprichtung 28, die in Fig. 11 beispielhaft von oben nach unten verläuft, ist der Bund 40 insgesamt und mit seiner axialen Mitte nach bzw. stromabwärts der axialen Mitte der Statorschaufel angeordnet. Eine Verbindungsstelle zwischen Bund 40 und Statorschaufel 20 befindet sich auf der axialen Höhe des Bundes 40 und ist somit ebenfalls nach der axialen Mitte der Statorschaufel 20 angeordnet.

[0083] Die Schaufelebene, also die Ebene der axialen Schaufelmittelpunkte, ist folglich nicht mittig in Bezug auf den Bund 40 positioniert, sondern axial verschoben und somit unsymmetrisch. Hierdurch kann die Scheibe 38 bei der Demontage einfacher wieder entnommen werden, da die Wahrscheinlichkeit einer Kollision der in Fig. 11 unteren Schaufelabschnitte mit anderen Bauteilen verringert wird.

[0084] Die Statorscheiben 38 der Fig. 10 und 11 können beispielsweise aus Blech hergestellt sein und sind hier mit spitzen axialen Enden 22 und 24 dargestellt, ähnlich wie in Fig. 7 und 8. In den Fig. 10 und 11 verläuft die

axiale Richtung bzw. die Rotationsachse 21 wiederum vertikal, wie in den Fig. 6 bis 9. Folglich sind auch hier die Schaufeln 20 gegenüber einer senkrecht zur Rotationsachse 21 verlaufenden Scheibenebene (nicht dargestellt) geneigt, in welcher der Bund 40 liegt und die folglich horizontal verläuft. Man blickt in Fig. 10 und 11 - anders als in den Fig. 6 bis 9 - nicht auf eine Schnittfläche der Schaufeln 20, sondern auf die radial nach außen weisende Seite des Bundes 40, wenn es sich bei diesem um einen Außenbund handelt.

[0085] Es versteht sich, dass die axialen Enden 22 und/oder 24 ebenfalls eine Abplattung aufweisen können, z.B. eine solche wie in Fig. 9 dargestellt, insbesondere um axialen Bauraum einzusparen.

Bezugszeichenliste

[0086]

111 Turbomolekularpumpe
 113 Einlassflansch
 115 Pumpeneinlass
 117 Pumpenauslass
 119 Gehäuse
 121 Unterteil
 123 Elektronikgehäuse
 125 Elektromotor
 127 Zubehöranschluss
 129 Datenschnittstelle
 131 Stromversorgungsanschluss
 133 Fluteinlass
 135 Sperrgasanschluss
 137 Motorraum
 139 Kühlmittelanschluss
 141 Unterseite
 143 Schraube
 145 Lagerdeckel
 147 Befestigungsbohrung
 148 Kühlmittelleitung
 149 Rotor
 151 Rotationsachse
 153 Rotorwelle
 155 Rotorscheibe
 157 Statorscheibe
 159 Abstandsring
 161 Rotornabe
 163 Holweck-Rotorhülse
 165 Holweck-Rotorhülse
 167 Holweck-Statorhülse
 169 Holweck-Statorhülse
 171 Holweck-Spalt
 173 Holweck-Spalt
 175 Holweck-Spalt
 179 Verbindungskanal
 181 Wälzlager
 183 Permanentmagnetlager
 185 Spritzmutter
 187 Scheibe

189 Einsatz
 191 rotorseitige Lagerhälfte
 193 statorseitige Lagerhälfte
 195 Ringmagnet
 5 197 Ringmagnet
 199 Lagerspalt
 201 Trägerabschnitt
 203 Trägerabschnitt
 205 radiale Strebe
 10 207 Deckelelement
 209 Stützring
 211 Befestigungsring
 213 Tellerfeder
 215 Not-bzw. Fanglager
 15 217 Motorstator
 219 Zwischenraum
 221 Wandung
 223 Labyrinthdichtung
 20 Statorschaufel
 20 21 Rotationsachse
 22 axiales Ende
 24 axiales Ende
 26 Bereich
 28 Pumprichtung
 25 30 Flachseite
 32 Abplattung
 34 Wulst
 36 Flachseite
 38 Statorscheibe
 30 40 Bund

Patentansprüche

- 35 **1.** Turbomolekularpumpe (111) umfassend:
- 40 einen Rotor (149) mit einer Mehrzahl von über seinen Umfang verteilt angeordneten Rotor-schaufeln, der zu einer Rotation um eine Rotationsachse (21, 151) antreibbar ist, um eine Pumpwirkung zu erzeugen, und wenigstens eine Statorscheibe (38, 157), welche eine Mehrzahl von über ihren Umfang verteilt angeordneten Statorschaufeln (20) aufweist und mit welcher der Rotor (149) zur Erzeugung der Pumpwirkung zusammenwirkt,
- 45 wobei die Statorschaufeln (20) der Statorscheibe (38, 157) in Bezug auf eine Scheibenebene, welche senkrecht zur Rotationsachse (21, 151) des Rotors (149) verläuft, schräg ausgerichtet sind,
- 50 wobei die Statorscheibe (38, 157) aus Blech hergestellt ist, und wobei wenigstens eine Statorschaufel (20) an wenigstens einem axialen Ende (22, 24) eine Abplattung (32) aufweist.
- 55 **2.** Turbomolekularpumpe (111) nach Anspruch 1,

- wobei die Abplattung (32) eine zumindest im Wesentlichen ebene Fläche umfasst.
3. Turbomolekularpumpe (111) nach Anspruch 1 oder 2,
wobei die Fläche zumindest im Wesentlichen parallel zur Scheibenebene verläuft.
 4. Turbomolekularpumpe (111) nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei sich die Abplattung (32) über die gesamte Länge der Statorschaufel (20) erstreckt.
 5. Turbomolekularpumpe (111) nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei das axiale Ende ein stromaufwärtsseitiges Ende (22) oder ein stromabwärtsseitiges Ende (24) der Statorschaufel (20) ist, oder wobei sowohl ein stromaufwärtsseitiges Ende (22) als auch ein stromabwärtsseitiges Ende (24) der Statorschaufel (20) eine Abplattung (32) aufweisen.
 6. Turbomolekularpumpe (111) nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei alle Statorschaufeln (20) der Statorscheibe (38, 157) zumindest eine Abplattung (32) aufweisen.
 7. Verfahren zum Herstellen einer Statorscheibe (38, 157) mit einer Mehrzahl von über ihren Umfang verteilt angeordneten Statorschaufeln (20) für eine Turbomolekularpumpe (111), insbesondere eine solche nach einem der vorstehenden Ansprüche;
wobei die Statorscheibe (38, 157) aus Blech hergestellt wird,
wobei die Statorschaufeln (20) der Statorscheibe (38, 157) in Bezug auf eine Erstreckungsebene des Blechs schräg ausgerichtet werden, und
wobei wenigstens eine Statorschaufel (20) an wenigstens einem Ende (22, 24) in Bezug auf eine Normale zur Erstreckungsebene des Blechs abgeplattet wird.
 8. Verfahren nach Anspruch 7,
wobei das Abplatten ein Umformen, insbesondere Pressen, umfasst.
 9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8,
wobei die Statorschaufel (20) eine erste Flachseite (36) aufweist, die in die gleiche Richtung in Bezug auf die Normale weist wie das abgeplattete Ende (22), und wobei das Abplatten umfasst, dass ein Material der Statorschaufel (20) in Richtung der ersten Flachseite (36) verschoben wird.
 10. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 7 bis 9,
wobei die Statorschaufeln (20) durch Stanzen geformt und/oder durch Biegen schräg ausgerichtet werden, und wobei das Abplatten ein zusätzlicher Verfahrensschritt oder ein Teil eines zusätzlichen Verfahrensschritts ist.
 11. Turbomolekularpumpe (111), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 6 und/oder mit einer Statorscheibe, die durch ein Verfahren gemäß einem der Ansprüche 7 bis 10 hergestellt oder herstellbar ist, umfassend:
einen Rotor (149) mit einer Mehrzahl von über seinen Umfang verteilt angeordneten Rotor-schaufeln, der zu einer Rotation um eine Rotationsachse (21, 151) antreibbar ist, um eine Pumpwirkung zu erzeugen, und wenigstens eine Statorscheibe (38, 157), welche eine Mehrzahl von über ihren Umfang verteilt angeordneten Statorschaufeln (20) aufweist und mit welcher der Rotor (149) zur Erzeugung der Pumpwirkung zusammenwirkt,
wobei die Statorschaufeln (20) der Statorscheibe (38, 157) in Bezug auf eine Scheibenebene, welche senkrecht zur Rotationsachse (21, 151) des Rotors (149) verläuft, schräg ausgerichtet sind,
wobei die Statorschaufeln (20) von wenigstens einem Bund (40), insbesondere Innen- und/oder Außenbund, getragen werden,
wobei der Bund (40) in Bezug auf wenigstens eine Statorschaufel (20), insbesondere auf alle Statorschaufeln (20) der Statorscheibe (38, 157), axial außermittig angeordnet ist.
 12. Turbomolekularpumpe (111) nach Anspruch 11,
wobei der Bund (40), eine Verbindungsstelle zwischen Bund (40) und jeweiliger Statorschaufel (20) und/oder eine axiale Mitte des Bundes (40) vor oder nach der axialen Mitte der Statorschaufel (20) in Bezug auf eine Pumprichtung (28) angeordnet sind.
 13. Turbomolekularpumpe (111) nach Anspruch 11 oder 12,
wobei ein Außen- und ein Innenbund (40) der Statorscheibe (38, 157) auf gleicher oder unterschiedlicher axialer Höhe angeordnet sind.
 14. Turbomolekularpumpe (111) nach wenigstens einem der Ansprüche 11 bis 13,
wobei der Bund (40), insbesondere ein gesamter Innen- und/oder Außenbund, außermittig in Bezug auf mehrere, insbesondere alle, Statorschaufeln (20) angeordnet ist.
 15. Turbomolekularpumpe (111) nach wenigstens einem der Ansprüche 11 bis 14,
wobei der Bund (40) durchgehend ringförmig oder mit mehreren Ringsegmenten ausgebildet ist.

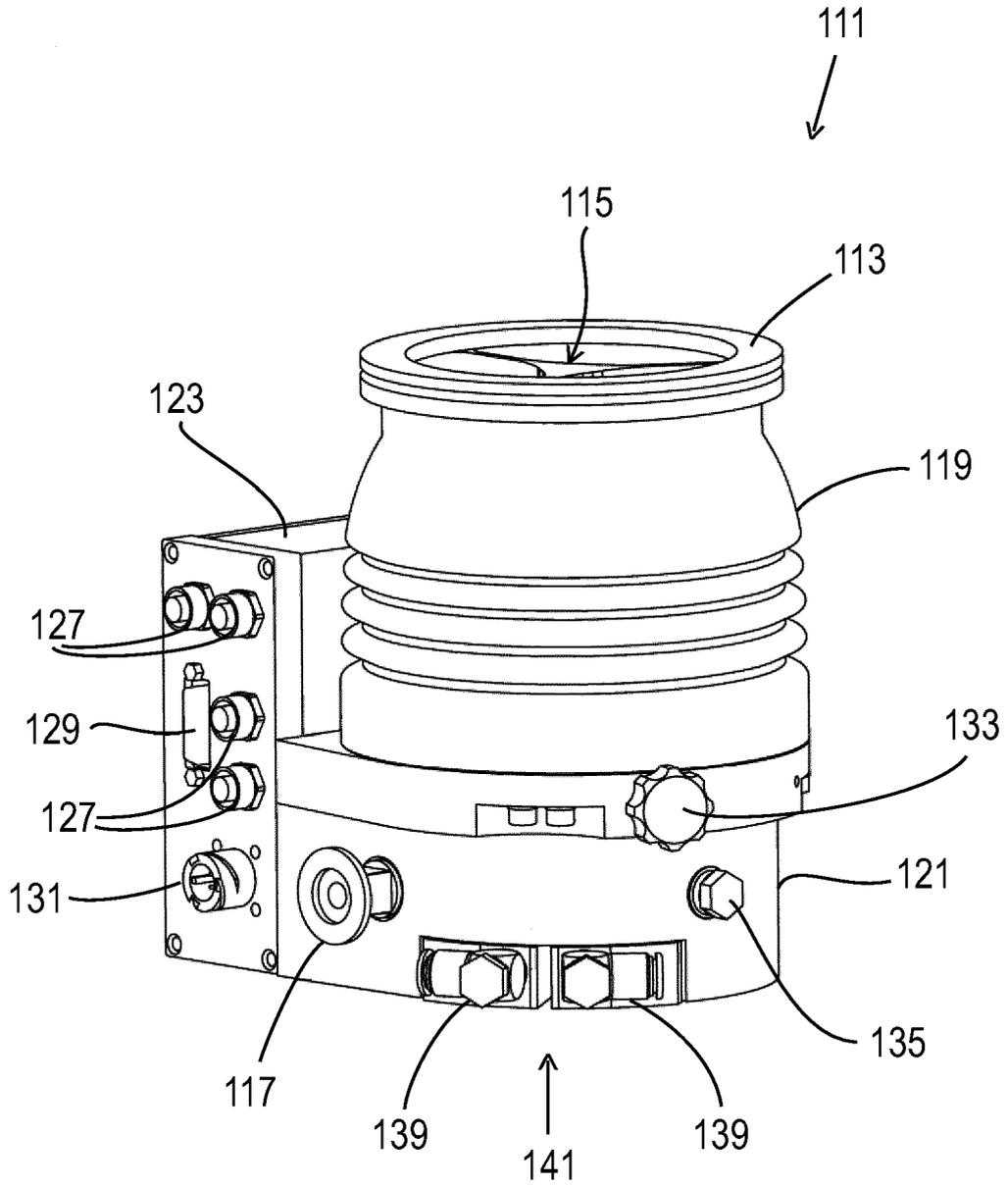


Fig. 1

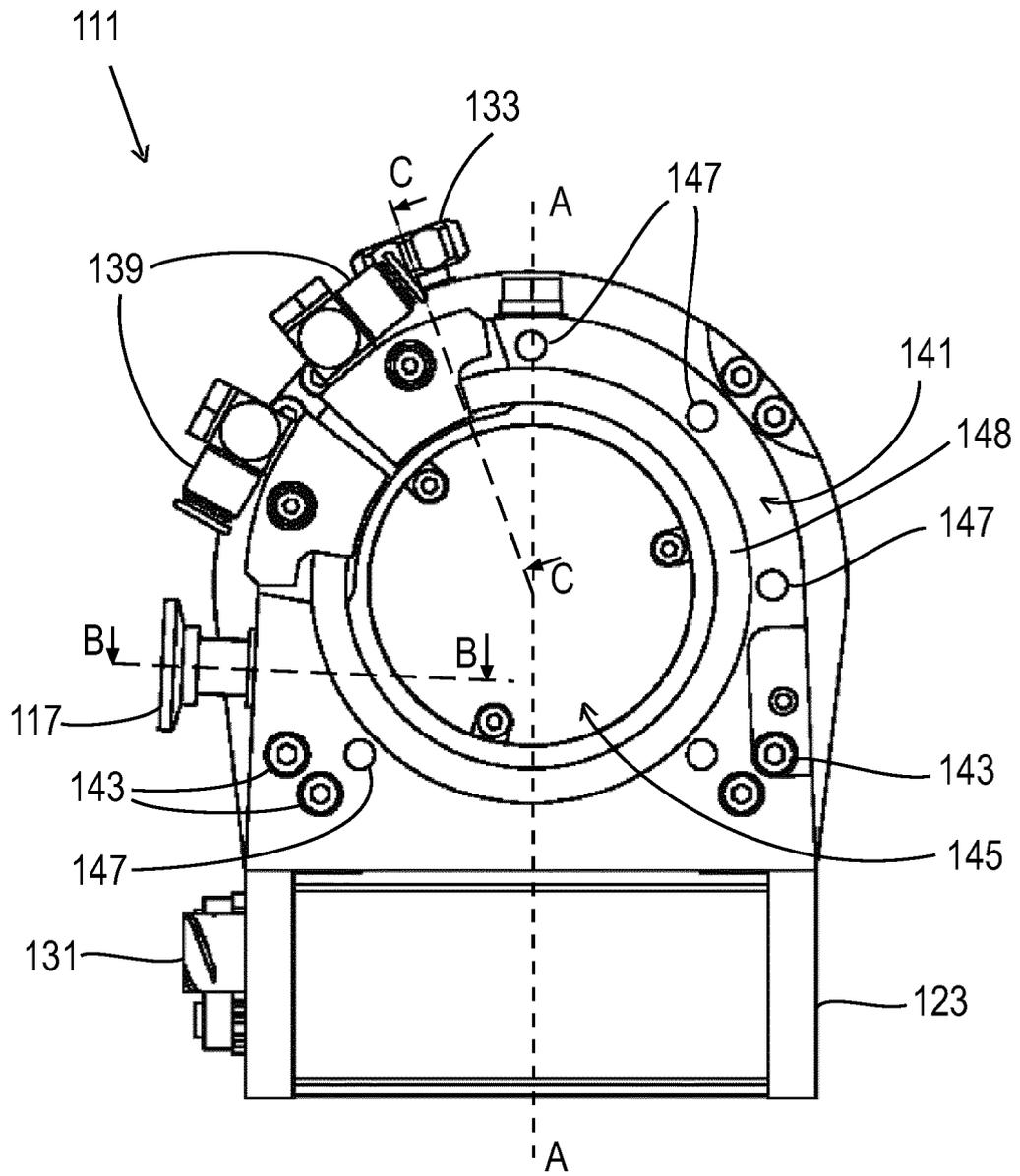


Fig. 2

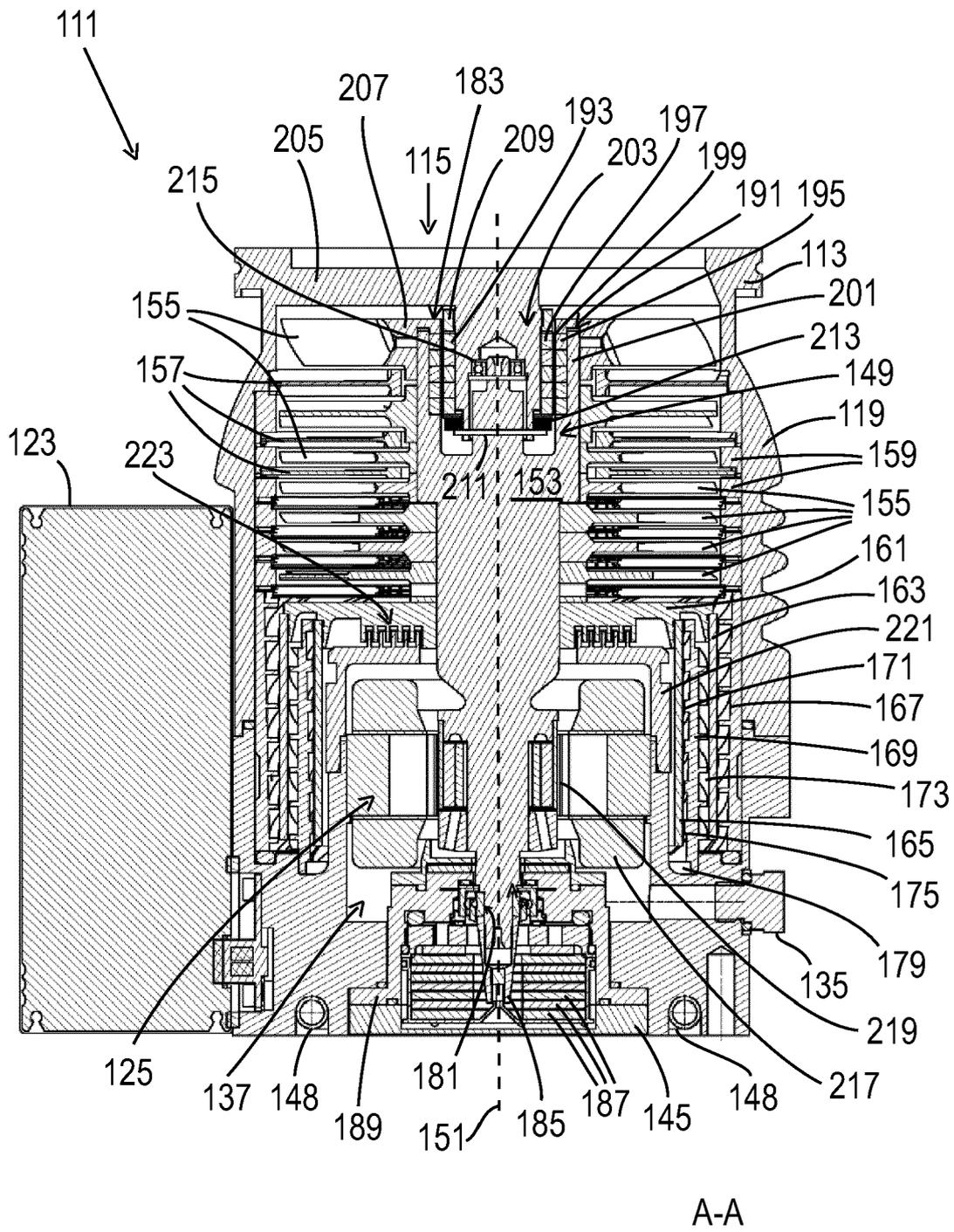


Fig. 3

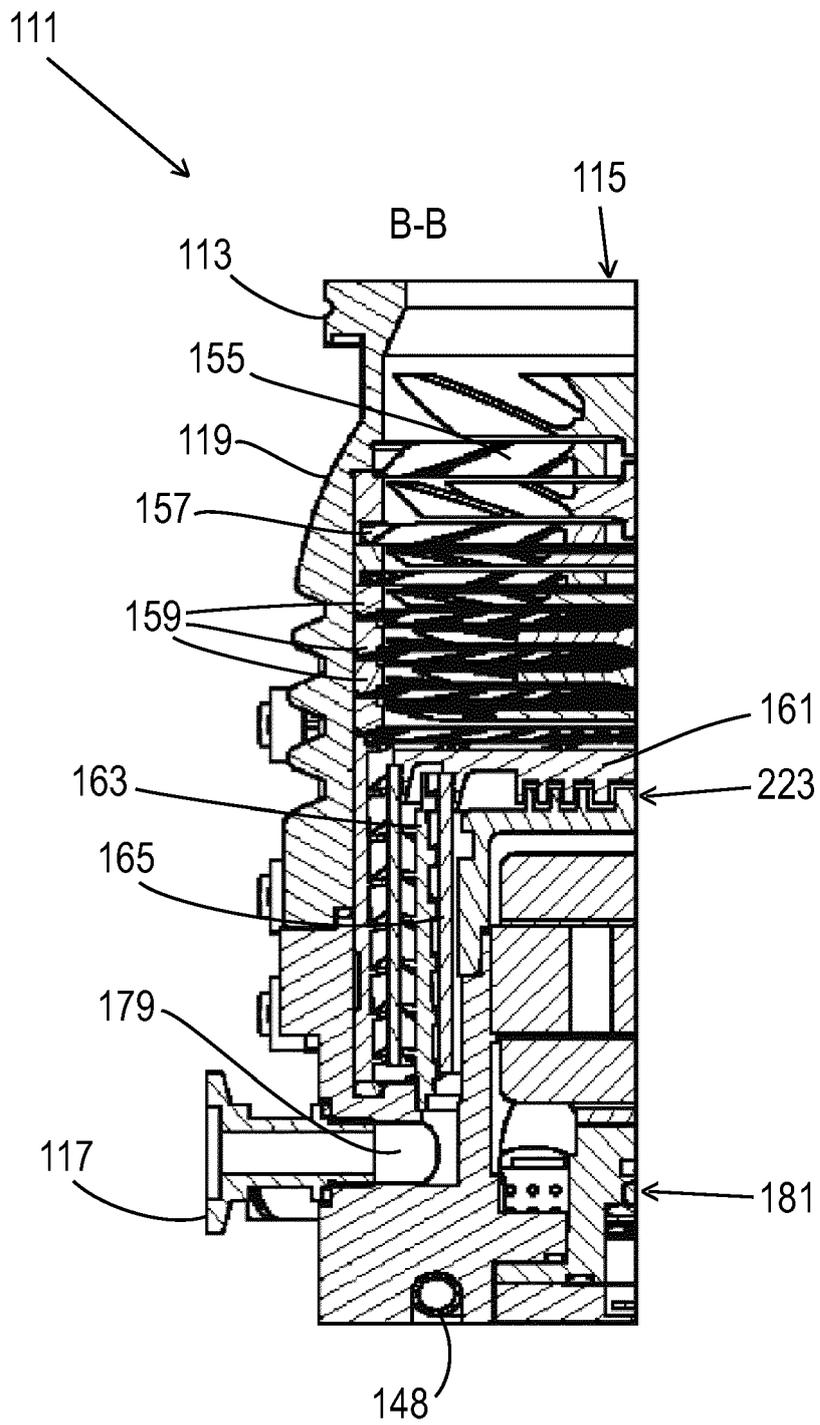


Fig. 4

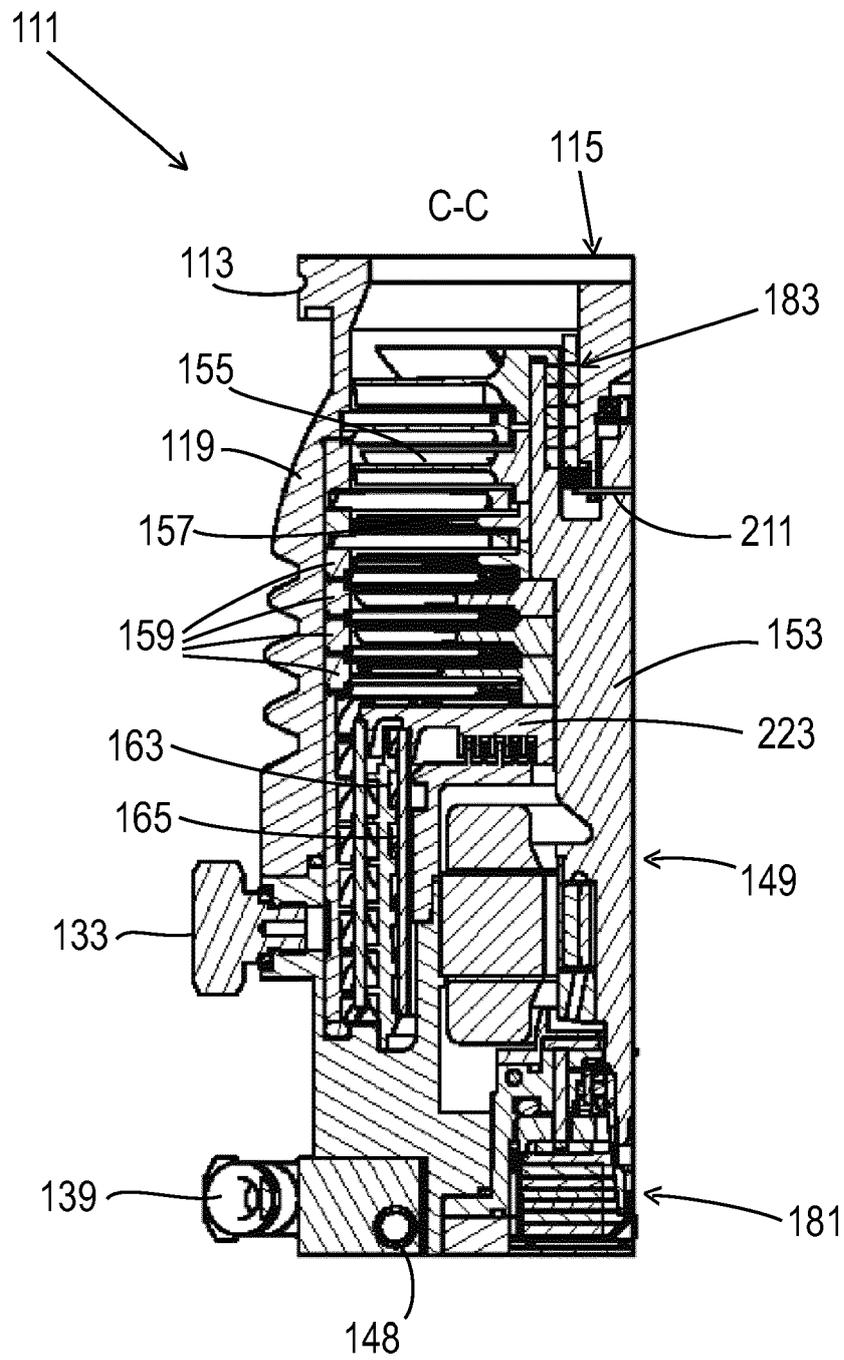


Fig. 5

