

(19)



(11)

EP 3 561 307 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
30.10.2019 Patentblatt 2019/44

(51) Int Cl.:
F04D 19/04 ^(2006.01) **F04D 29/60** ^(2006.01)
F04D 29/52 ^(2006.01) **F04D 29/056** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19165573.7**

(22) Anmeldetag: **27.03.2019**

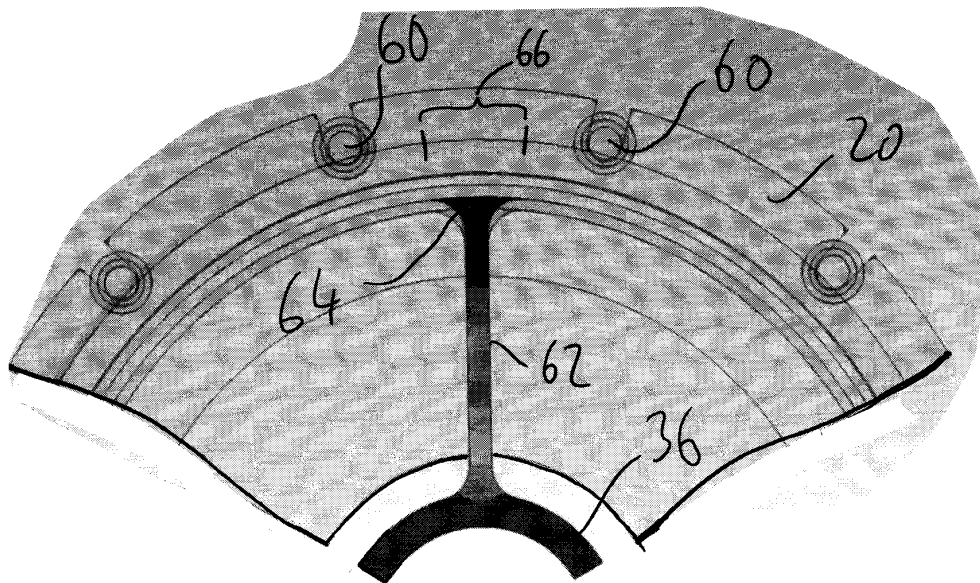
(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Pfeiffer Vacuum GmbH**
35614 Aßlar (DE)
(72) Erfinder: **Rafii, Siamak**
35630 Ehringshausen (DE)
(74) Vertreter: **Manitz Finsterwald**
Patent- und Rechtsanwaltspartnerschaft mbB
Martin-Greif-Strasse 1
80336 München (DE)

(54) VAKUUMPUMPE MIT EINEM EINLASSFLANSCH UND EINEM LAGERTRÄGER IM EINLASS

(57) Die Erfindung betrifft ein Vakuumgerät, insbesondere Turbomolekularpumpe, umfassend einen Durchlass, nämlich einen Einlass oder einen Auslass; und einen Flansch zur vakuumdichten Verbindung des Durchlasses des Vakuumgeräts mit einem weiteren Flansch eines weiteren Vakuumgeräts, wobei der Flansch mehrere, über einen Umfang des Flansches verteilt angeordnete Befestigungspunkte, insbesondere mit Durchgangsöffnungen für jeweils zuzuordnende Befes-

tigungselemente, aufweist, an denen der Flansch am weiteren Flansch befestigbar ist, wobei im Durchlass ein Träger für ein Funktionselement angeordnet ist und der Träger wenigstens zwei Arme umfasst, die den Träger mit dem Flansch an einer jeweiligen Verbindungsstelle verbinden, wobei alle Verbindungsstellen in Umfangsrichtung jeweils zwischen zwei benachbarten Befestigungspunkten angeordnet sind.

**Fig. 8****EP 3 561 307 A1**

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Vakuumgerät, insbesondere Turbomolekularpumpe, umfassend einen Durchlass, nämlich einen Einlass oder einen Auslass, und einen Flansch zur vakuumdichten Verbindung des Durchlasses des Vakuumgeräts mit einem weiteren Flansch eines weiteren Vakuumgeräts, wobei der Flansch mehrere, über einen Umfang des Flansches verteilt angeordnete Befestigungspunkte, insbesondere mit Durchgangsöffnungen für jeweils zuzuordnende Befestigungselemente, aufweist, an denen der Flansch am weiteren Flansch befestigbar ist, wobei im Durchlass ein Träger für ein Funktionselement angeordnet ist und der Träger wenigstens zwei Arme umfasst, die den Träger mit dem Flansch an einer jeweiligen Verbindungsstelle verbinden.

[0002] Die Erfindung betrifft außerdem ein Vakuumsystem mit einem Vakuumgerät mit einem Flansch und einem weiteren Vakuumgerät mit einem weiteren Flansch.

[0003] Eine beispielhafte Turbomolekularpumpe weist eine sogenannte Hybridlagerung auf und umfasst zur Lagerung eines Turborotors vorvakuumseitig ein Wälzlager, insbesondere Kugellager, und hochvakuumseitig ein Magnetlager, insbesondere Permanentmagnetlager. Das Kugellager ist üblicherweise nicht dazu ausgelegt, große Axialkräfte aufzunehmen. Durch thermische Ausdehnung der Rotorwelle des Turborotors im Betrieb verändert sich die Länge der Welle und infolgedessen ändert sich die Lage des Rotormagneten zum Statormagnet des Magnetlagers. Hierdurch entstehen große Axialkräfte, die das Kugellager belasten. Ein Teil dieser Last kann durch Voreinstellung des Permanentmagnetlagers auf der Hochvakuumseite kompensiert werden. Dabei wird der Statormagnet des Permanentmagnetlagers gegenüber dem Rotormagneten bei der Montage um relativ kleine Längeneinheiten derart versetzt, dass das magnetische Feld eine bestimmte Axialkraft oder sogenannte Rückstellkraft auf den Rotor ausübt und zum Teil der thermischen Last der Kugellager entgegenwirkt.

[0004] Die so eingestellte Position des Statormagneten kann sich jedoch beim Anschließen eines Flansches der Pumpe an einen Gegenflansch verändern. Der Flansch wird mittels Befestigungselementen am Gegenflansch befestigt. Dabei tritt aufgrund von Spannkraften eine gewisse Verformung des Flansches auf. Diese Verformung kann sich, insbesondere über einen sogenannten Stern, also einen Träger im Durchlass, der den Statormagnet hält, zu dem Statormagneten derart fortsetzen, dass dessen Position verändert ist.

[0005] Eine Veränderung der Position des Statormagneten erschwert die genaue Einstellung des Permanentmagnetlagers und wirkt sich negativ auf die Laufeigenschaften und den Verschleiß der Pumpe aus.

[0006] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine Verformung an einem Träger des Vakuumgeräts der eingangs genannten Art zu verringern, insbesondere die konstruk-

tiv vorgesehene Position eines vom Träger gehaltenen Funktionselements im Durchlass eines Vakuumgeräts besser beibehalten und/oder einstellen zu können. Mit anderen Worten gilt es insbesondere, das Funktionselement beim Herstellen einer Flanschverbindung möglichst wenig zu bewegen oder zu beaufschlagen. Beim Beispiel einer hybridgelagerten Turbomolekularpumpe soll insbesondere eine eingestellte Position des Statormagneten nicht durch Anflanschung der Pumpe am Rezipienten geändert werden.

[0007] Die Aufgabe wird durch ein Vakuumgerät nach Anspruch 1 gelöst, und insbesondere dadurch, dass alle Verbindungsstellen in Umfangsrichtung jeweils zwischen zwei benachbarten Befestigungspunkten angeordnet sind.

[0008] Es wurde erkannt, dass im Bereich eines Befestigungspunktes allgemein die größte Verformung und die höchsten Spannungen auftreten. In einem etwas vom Befestigungspunkt beabstandeten Bereich ist die Verformung des Flansches hingegen geringer. Durch Anordnung der Verbindungsstelle zwischen den Befestigungspunkten ist die Verbindungsstelle etwas zu den Befestigungspunkten beabstandet und an der Verbindungsstelle herrscht somit nur eine kleinere Verformung. Mit anderen Worten liegt die Verbindungsstelle bzw. der Arm nicht unter dem unmittelbaren Druckkegel im Flansch, der sich bei der Befestigung mit einem Befestigungselement, wie etwa einer Schraube, ausbildet. Im Ergebnis setzt sich auch nur eine kleinere Verformung in den Arm des Trägers fort, sodass Träger und Funktionselement ebenfalls weniger verformt bzw. in ihrer Lage verändert sind.

[0009] In Simulationen konnten für bestimmte Anwendungsfälle etwa 20%, dies für einen ISO-F-Flansch mit 12 Befestigungspunkten, oder sogar 45%, dies für einen ISO-F-Flansch mit 6 Befestigungspunkten, geringere Axialverformungen des Trägers vorhergesagt werden.

[0010] Die Erfindung beschreibt außerdem eine besonders einfache Art, die Verformung und/oder Lageänderung am Funktionselement und am Träger zu verringern. Insbesondere sind keine zusätzlichen Bauteile oder besondere Nachbearbeitungen der Bauteile nötig. Im Gegenteil lässt sich die Konstruktion eines bekannten Vakuumgeräts bzw. dessen Flansches auf besonders einfache Weise erfindungsgemäß anpassen, wobei grundsätzlich der Fertigungsaufwand im Wesentlichen gleich bleiben kann. So reicht es beispielsweise aus, die Winkelausrichtung eines Trägers bzw. seiner Arme und/oder der Befestigungspunkte eines bekannten Vakuumgeräts konstruktiv anzupassen.

[0011] Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Verbindungsstelle, insbesondere mit einem Mittelpunkt der Verbindungsstelle bezogen auf die Umfangsrichtung, jeweils in Umfangsrichtung in einem mittleren Drittel zwischen zwei benachbarten Befestigungspunkten angeordnet ist. Hier ist die Verformung des Flansches besonders niedrig, sodass auch die Verformung und Lageänderung des Funktionselements

entsprechend gering ist.

[0012] Bei einem weiteren Beispiel ist die Verbindungsstelle jeweils in Umfangsrichtung symmetrisch zwischen zwei benachbarten Befestigungspunkten angeordnet. Hier herrscht wiederum eine ganz besonders niedrige Verformung.

[0013] Bei dem Flansch kann es sich beispielsweise um einen solchen des Typs ISO-F, insbesondere nach ISO 1609 oder DIN 28404, handeln. Ein solcher Flansch wird üblicherweise mit einem Zentrierring an einem weiteren Flansch befestigt. Der weitere Flansch kann allgemein auch als Gegenflansch bezeichnet werden. Beim Anziehen von Befestigungselementen, wie etwa Befestigungsschrauben, kann es zu einer Verformung von Flansch und Gegenflansch kommen. Der Zentrierring ist dabei der Drehpunkt des Hebels. Dies kann über den Träger oder Stern zu einer Verschiebung des Funktionselements, wie etwa eines Permanentmagnetlagerelements, führen. Durch die nicht mehr optimale Positionierung der Lagerungsstellen des Rotors kann dies zu erhöhtem Verschleiß eines Kugellagers und erhöhter Geräuschemission der Pumpe führen. Bei dem ISO-F-Flansch, der als solcher bekannt und üblich ist, wirkt sich die Erfindung also besonders vorteilhaft aus.

[0014] Die Spannung verteilt sich besonders vorteilhaft und mit geringer Verformung für das Funktionselement, wenn der Flansch mindestens vier, insbesondere mindestens sechs, insbesondere mindestens zehn, Befestigungspunkte aufweist. Grundsätzlich vorteilhaft sind 6 oder 12 Befestigungspunkte.

[0015] Bei einer Ausführungsform ist die Zahl der Befestigungspunkte ein geradzahliges Vielfaches der Zahl der Arme und/oder Verbindungsstellen. Hierbei lassen sich die Verbindungsstellen über den Umfang besonders gleichmäßig relativ zu den Befestigungspunkten anordnen, insbesondere verteilen. Hierdurch kann für jeden Arm eine bevorzugte Verbindungsstelle realisiert und insgesamt die Verformung am Funktionselement besonders klein realisiert werden. Vorteilhaft kann der Träger drei oder vier Arme und/oder Verbindungsstellen haben.

[0016] Bei einer Weiterbildung ist der Arm einstückig mit dem Flansch und/oder einem Gehäuse des Vakuumgeräts verbunden. Grundsätzlich kann der Arm bzw. der Träger aber auch separat vom Flansch und/oder Gehäuse ausgebildet sein.

[0017] Die Verformung lässt sich beispielsweise weiter verringern, indem an wenigstens einem Arm eine Ausnehmung, insbesondere Entlastungsausnehmung und/oder ein Einstich, vorgesehen sind.

[0018] Das Funktionselement kann beispielsweise als Lagerelement ausgebildet sein, welches vom Träger im Durchlass gehalten ist. Somit kann eine Lagerung des Vakuumgeräts, insbesondere eine Lagerung eines Rotors einer Vakuumpumpe, besonders präzise ausgeführt werden.

[0019] Insbesondere kann das Lagerelement als Teil eines Magnetlagers, insbesondere als Statormagnet, ausgebildet sein. Hier wirkt sich die Erfindung wiederum

besonders vorteilhaft aus.

[0020] Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, dass die Arme in einer gemeinsamen Ebene liegen.

5 **[0021]** Der Träger kann beispielsweise als Stern ausgeführt sein. Das Vakuumgerät kann vorteilhaft als Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularpumpe, ausgeführt sein.

10 **[0022]** Die Arme des Trägers können bei einem vorteilhaften Beispiel in Umfangsrichtung gleichmäßig verteilt angeordnet sein. Hieraus ergibt sich eine besonders gleichmäßige Spannungsverteilung im Träger.

15 **[0023]** Alternativ oder zusätzlich können die Befestigungspunkte am Flansch gleichmäßig über den Umfang verteilt angeordnet sein. Hieraus ergibt sich eine besonders gleichmäßige Spannungsverteilung im Flansch, was sich auch positiv auf die Verformung im Träger auswirkt.

20 **[0024]** Generell können die Durchgangsöffnungen als Bohrungen oder nach außen hin offene Ausnehmungen ausgebildet sein. Als Befestigungselemente können beispielsweise Schrauben eingesetzt werden. Alternativ oder zusätzlich können grundsätzlich aber auch klammerartige Befestigungselemente Verwendung finden.

25 **[0025]** Insbesondere können die Verbindungsstellen axial, insbesondere bezogen auf eine Verbindungsachse und/oder Rotorachse, auf Höhe des Flansches angeordnet sein. Generell kann der Arm an einer jeweiligen Verbindungsstelle axial überlappend zum Flansch angeordnet sein.

30 **[0026]** Die Aufgabe wird auch durch ein Vakuumsystem nach dem hierauf gerichteten Anspruch gelöst.

35 **[0027]** 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,

40 Fig. 2 eine Ansicht der Unterseite der Turbomolekularpumpe von Fig. 1,

45 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,

50 Fig. 5 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie C-C,

55 Fig. 6 eine Turbomolekularpumpe mit einem Einlassflansch in einer geschnittenen Teilansicht zur Illustrierung des der Erfindung zugrunde liegenden Problems,

- Fig. 7 eine Teilansicht eines Flansches, ebenfalls zur Illustrierung des Problems,
- Fig. 8 eine Teilansicht eines Flansches eines erfindungsgemäßen Vakuumgerätes,
- Fig. 9 eine perspektivische Schnittansicht eines weiteren, erfindungsgemäßen Vakuumgerätes.

[0028] 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.

[0029] 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. Am Elektronikgehäuse 123 sind mehrere Anschlüsse 127 für Zubehör vorgesehen. Außerdem sind eine Datenschnittstelle 129, z.B. gemäß dem RS485-Standard, und ein Stromversorgungsanschluss 131 am Elektronikgehäuse 123 angeordnet.

[0030] 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, gebracht 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.

[0031] 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.

[0032] 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.

[0033] An der Unterseite 141 sind außerdem Befestigungsbohrungen 147 angeordnet, über welche die Pumpe 111 beispielsweise an einer Auflagefläche befestigt werden kann.

[0034] In den Figuren 2 bis 5 ist eine Kühlmittelleitung 148 dargestellt, in welcher das über die Kühlmittelanschlüsse 139 ein- und ausgeleitete Kühlmittel zirkulieren kann.

[0035] 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.

[0036] In dem Gehäuse 119 ist ein Rotor 149 angeordnet, der eine um eine Rotationsachse 151 drehbare Rotorwelle 153 aufweist.

[0037] 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.

[0038] Die Vakuumpumpe umfasst außerdem in radialer Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. 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 coaxial zur Rotationsachse 151 orientiert und in radialer Richtung ineinander geschachtelt sind. Ferner sind zwei zylindermantelförmige Holweck-Statorhülsen 167, 169 vorgesehen, die ebenfalls coaxial zu der Rotationsachse 151 orientiert und in radialer Richtung gesehen ineinander geschachtelt sind.

[0039] 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.

[0040] 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. Außerdem 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.

[0041] Die vorstehend genannten pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Statorhülsen 163, 165 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.

[0042] 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.

[0043] 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. Der Betriebsmittelspeicher umfasst mehrere aufeinander gestapelte saugfähige Scheiben 187, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlager 181, z.B. mit einem Schmiermittel, getränkt sind.

[0044] 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.

[0045] Das Permanentmagnetlager 183 umfasst eine rotorseitige Lagerhälfte 191 und eine statorseitige Lagerhälfte 193, welche jeweils einen Ringstapel aus mehreren in axialer Richtung aufeinander gestapelten perma-

nentmagnetischen 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 203 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.

[0046] 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, da 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.

[0047] 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.

[0048] 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 gelangen. 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.

[0049] 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.

[0050] Die Erfindung lässt sich insbesondere bei einer Turbomolekularpumpe der vorstehend beschriebenen Art einsetzen, um diese zu verbessern, insbesondere Verschleiß zu verringern und Lebensdauer zu erhöhen.

[0051] Das der Erfindung zugrundeliegende Problem wird nun anhand von Fig. 6 illustriert. Diese zeigt ein als Turbomolekularpumpe ausgebildetes Vakuumgerät des Standes der Technik.

[0052] Die Turbomolekularpumpe gemäß Fig. 6 umfasst einen Flansch 20, der an einem Gehäuse 22 angeordnet ist, insbesondere einstückig mit diesem verbunden ist. Der Flansch 20 umgibt einen Einlass 34 der Pumpe. Im Einlass 34 ist ein Träger 36 angeordnet, der mehrere Stege oder Arme 62 aufweist und ein Funktionselement 38 trägt, welches hier wiederum als Statorteil eines Magnetlagers ausgebildet ist. Der Träger 36 ist in diesem Ausführungsbeispiel einteilig mit dem Gehäuse 22 bzw. dem Flansch 20 verbunden, kann grundsätzlich jedoch auch als separates Teil ausgebildet sein.

[0053] Der Flansch 20 ist mit einem Gegenflansch 46 verbunden, der Teil eines Gehäuses 48 eines weiteren, ansonsten nicht dargestellten Vakuumgerätes ist. Bei den Flanschen 20 und 46 handelt es sich um eine Ausführung des Typs ISO-F. Die Flansche 20, 46 weisen dabei Durchgangsöffnungen 50 für Befestigungselemente 52 auf. Die Durchgangsöffnungen 50 und Befestigungselemente 52 sind über den Umfang der Flasche 20, 46 um eine Verbindungsachse 42 herum verteilt angeordnet und definieren jeweilige Befestigungspunkte 60.

[0054] Ein jeweiliges Verbindungselement 52 ist hier durch eine Schraube 54 mit einem Schraubenschaft 56 und durch eine korrespondierende Mutter 58 gebildet. Durch das Befestigungselement 52 bzw. die Schraube 54 in Verbindung mit der Mutter 58 werden die Flansche 20, 46 gegeneinander verspannt, wobei ein Dichtungselement, hier ein Zentrierring 26, in axialer Richtung eingespannt wird. Dabei wird hier ein O-Ring 28 des Zen-

trierings 26 bis zu einer axialen Höhe gemäß den dem O-Ring benachbarten Ringelementen 30 komprimiert.

[0055] Durch mehrere Pfeile sind die durch die Befestigungselemente 52 eingebrachten Kräfte und hieraus resultierende Kräfte angedeutet. Die Befestigungselemente 52 bewirken zunächst eine Zugkraft entlang einer jeweiligen Befestigungsachse, welche durch den Befestigungspunkt verläuft. Da der Zentrierring 26 mit seinen Ringelementen 30 in axialer Richtung als im Wesentlichen fest zu betrachten ist, resultiert eine gewisse Verformung der äußeren Flanschenden der Flansche 20, 46 zueinander hin, wobei sich zwischen Befestigungselement 52 und Zentrierring 26 eine Hebelwirkung ergibt.

[0056] Die Verformung des Flansches 20 kann zu einer Lageänderung oder Verformung des Trägers 36 und damit des Funktionselements 38 führen, wie es durch den nach unten gerichteten Pfeil auf der Verbindungsachse 42 angedeutet ist. Im vorliegenden Beispiel werden somit die axiale Positionierung des Magnetlagerinnenrings sowie des Rotors der Turbomolekularpumpe gestört, was einen erhöhten Verschleiß zur Folge haben kann.

[0057] In Fig. 7 ist ein Flansch 20 einer Vakuumpumpe gezeigt, die nicht erfindungsgemäß ausgebildet ist. Vielmehr dient auch Fig. 8 der weiteren Illustrierung der der Erfindung zugrundeliegenden Erkenntnisse.

[0058] Die Vakuumpumpe umfasst einen Träger 36 mit einem Arm 62, der den Träger 36 mit dem Flansch 20 an einer Verbindungsstelle 64 verbindet. Der Träger 36 weist in einem Zentralbereich eine Fassung für ein hier nicht dargestelltes Funktionselement, insbesondere ein Magnetlagerelement, auf. Bei dem Träger 36 handelt es sich um den sogenannten Stern.

[0059] Die Verbindungsstelle 64 ist in Fig. 7 in Umfangsrichtung an im Wesentlichen gleicher Position wie ein Befestigungspunkt 60 angeordnet. Daher setzt sich eine Verformung des Flansches 20 im Bereich des Befestigungspunktes 60 zu einem großen Anteil in den Arm 62 und folglich bis zum Funktionselement fort.

[0060] Die Fig. 8 zeigt hingegen den Flansch 20 und den Träger 36 einer erfindungsgemäßen Vakuumpumpe. Hier ist die Verbindungsstelle 64 zwischen, und zwar in diesem Beispiel symmetrisch zwischen, zwei benachbarten Befestigungspunkten 60 angeordnet. Die an einem jeweiligen Befestigungspunkt 60 herrschende Verformung kann sich hier nicht unmittelbar in den Arm 62 fortsetzen. Vielmehr verteilt sich die Verformung bzw. die eingebrachte Spannung in den Flansch, wobei die Verbindungsstelle 64 so angeordnet ist, dass nur noch eine vergleichsweise geringe Flanschverformung in ihrem Bereich vorhanden ist.

[0061] In Fig. 8 ist außerdem ein in Umfangsrichtung mittleres Drittel 66 zwischen den zwei benachbarten Befestigungspunkten 60 angedeutet. Allgemein vorteilhaft ist die Verbindungsstelle 64 in Umfangsrichtung in diesem mittleren Drittel 66 angeordnet, insbesondere mit einem Mittelpunkt der Verbindungsstelle in Umfangsrichtung.

[0062] In Fig. 9 ist ein Durchlass 34 einer weiteren beispielhaften Vakuumpumpe in perspektivischer und ge-

schnittener Ansicht gezeigt. Dabei ist ein im Durchlass 34 angeordneter Träger 36 sichtbar, der mehrere Arme 62 aufweist, von denen aber nur einer sichtbar ist. Der Arm 62 umfasst eine Ausnehmung 68. Diese ist als Einstich ausgebildet. Die Ausnehmung 68 bewirkt, dass nur ein geringerer Anteil einer vom Flansch eingebrachten Spannung zu einem Zentralbereich des Trägers 36 und zu einem nicht dargestellten Funktionselement weitergeleitet wird. Die Verformung des Trägers 36 wird somit weiter verringert. Allerdings ist die Steifigkeit des Trägers 36 herabgesetzt, was das Schwingungsverhalten maßgeblich beeinflusst und daher bei der Auslegung zu berücksichtigen ist. Die Ausnehmung kann bevorzugt benachbart zu einer Verbindungsstelle 64 und/oder auf einer Seite des Armes 62 angeordnet sein, die Rotorelementen zu- und/oder abgewandt ist.

[0063] Es zeigt sich, dass somit auf besonders einfache Weise eine geringe Verformung von Träger und Funktionselement erreicht werden kann, nämlich insbesondere durch vorteilhafte Anordnung von ohnehin vorhandenen Elementen. Im Ergebnis kann so beispielsweise eine verbesserte Lebensdauer bzw. ein verringerter Verschleiß für eine Rotorlagerung erzielt werden.

Bezugszeichenliste

[0064]

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
5 179 Verbindungskanal
181 Wälzlager
183 Permanentmagnetlager
185 Spritzmutter
187 Scheibe
10 189 Einsatz
191 rotorseitige Lagerhälfte
193 statorseitige Lagerhälfte
195 Ringmagnet
197 Ringmagnet
15 199 Lagerspalt
201 Trägerabschnitt
203 Trägerabschnitt
205 radiale Strebe
207 Deckelelement
20 209 Stützring
211 Befestigungsring
213 Tellerfeder
215 Not- bzw. Fanglager
217 Motorstator
25 219 Zwischenraum
221 Wandung
223 Labyrinthdichtung

20 Flansch
30 22 Gehäuse
26 Zentrierring
28 O-Ring
30 Ringelement
32 Gitterelement
35 34 Einlass
36 Träger
38 Funktionselement
40 Dichtungsbereich
42 Verbindungsachse
40 43 Verbindungsrichtung
44 axialer Abstand
46 Gegenflansch
48 Gehäuse
50 Durchgangsöffnung
45 52 Befestigungselement
54 Schraube
56 Schraubenschaft
58 Mutter
60 Befestigungspunkt
50 62 Arm
64 Verbindungsstelle
66 mittleres Drittel
68 Ausnehmung

55

Patentansprüche

1. Vakuumgerät, insbesondere Turbomolekularpum-

- pe, umfassend
einen Durchlass (34), nämlich einen Einlass oder
einen Auslass; und einen Flansch (20) zur vakuum-
dichten Verbindung des Durchlasses (34) des Va-
kuumgeräts mit einem weiteren Flansch (46) eines
weiteren Vakuumgerätes,
wobei der Flansch (20) mehrere, über einen Umfang
des Flansches (20) verteilt angeordnete Befesti-
gungspunkte (60), insbesondere mit Durchgangsöff-
nungen (50) für jeweils zuzuordnende Befestigungs-
elemente (52), aufweist, an denen der Flansch (20)
am weiteren Flansch (46) befestigbar ist,
wobei im Durchlass (34) ein Träger (36) für ein Funk-
tionselement (38) angeordnet ist und der Träger (36)
wenigstens zwei Arme (62) umfasst, die den Träger
(36) mit dem Flansch (20) an einer jeweiligen Ver-
bindungsstelle (64) verbinden,
wobei alle Verbindungsstellen (64) in Umfangsrich-
tung jeweils zwischen zwei benachbarten Befesti-
gungspunkten (60) angeordnet sind.
2. Vakuumgerät nach Anspruch 1,
wobei die Verbindungsstelle (64) jeweils in Um-
fangsrichtung in einem mittleren Drittel zwischen
zwei benachbarten Befestigungspunkten (60) ange-
ordnet ist.
3. Vakuumgerät nach Anspruch 1 oder 2,
wobei die Verbindungsstelle (64) jeweils in Um-
fangsrichtung symmetrisch zwischen zwei benach-
barten Befestigungspunkten (60) angeordnet ist.
4. Vakuumgerät nach einem der vorstehenden Ansprü-
che,
wobei der Flansch (20) ein ISO-F-Flansch ist.
5. Vakuumgerät nach einem der vorstehenden Ansprü-
che,
wobei der Flansch (20) mindestens vier, insbeson-
dere mindestens sechs, insbesondere mindestens
zehn, Befestigungspunkte aufweist.
6. Vakuumgerät nach einem der vorstehenden Ansprü-
che,
wobei die Zahl der Befestigungspunkte (60) ein ge-
radzahliges Vielfaches der Zahl der Arme (62)
und/oder Verbindungsstellen (64) ist.
7. Vakuumgerät nach einem der vorstehenden Ansprü-
che,
wobei die Arme (62) einstückig mit dem Flansch (20)
und/oder einem Gehäuse (22) des Vakuumgeräts
verbunden sind.
8. Vakuumgerät nach einem der vorstehenden Ansprü-
che,
wobei an wenigstens einem Arm (62) eine Ausneh-
mung (68) vorgesehen ist.
9. Vakuumgerät nach einem der vorstehenden Ansprü-
che,
wobei das Funktionselement (38) als Lagerelement
ausgebildet ist, welches vom Träger (36) im Durch-
lass (34) gehalten ist.
10. Vakuumgerät nach Anspruch 9,
wobei das Lagerelement als Teil eines Magnetlagers
ausgebildet ist.
11. Vakuumgerät nach einem der vorstehenden Ansprü-
che,
wobei die Arme (62) in einer gemeinsamen Ebene
liegen und/oder der Träger (36) als Stern ausgeführt
ist.
12. Vakuumgerät nach einem der vorstehenden Ansprü-
che,
wobei die Arme (62) des Trägers (36) in Umfangs-
richtung gleichmäßig verteilt angeordnet sind.
13. Vakuumgerät nach einem der vorstehenden Ansprü-
che,
wobei die Befestigungspunkte (60) am Flansch (20)
gleichmäßig über den Umfang verteilt angeordnet
sind.
14. Vakuumgerät nach einem der vorstehenden Ansprü-
che,
wobei die Verbindungsstellen (64) axial auf Höhe
des Flansches (20) angeordnet sind.
15. Vakuumsystem mit einem Vakuumgerät nach einem
der vorstehenden Ansprüche, mit einem Flansch
(20) und einem weiteren Vakuumgerät mit einem
weiteren Flansch, vorzugsweise zusätzlich mit we-
nigstens zwei Befestigungselementen (52) zur Be-
festigung des Flansches (20) des Vakuumgerätes
am weiteren Flansch (48) des weiteren Vakuumge-
rätes an den Befestigungspunkten (60).

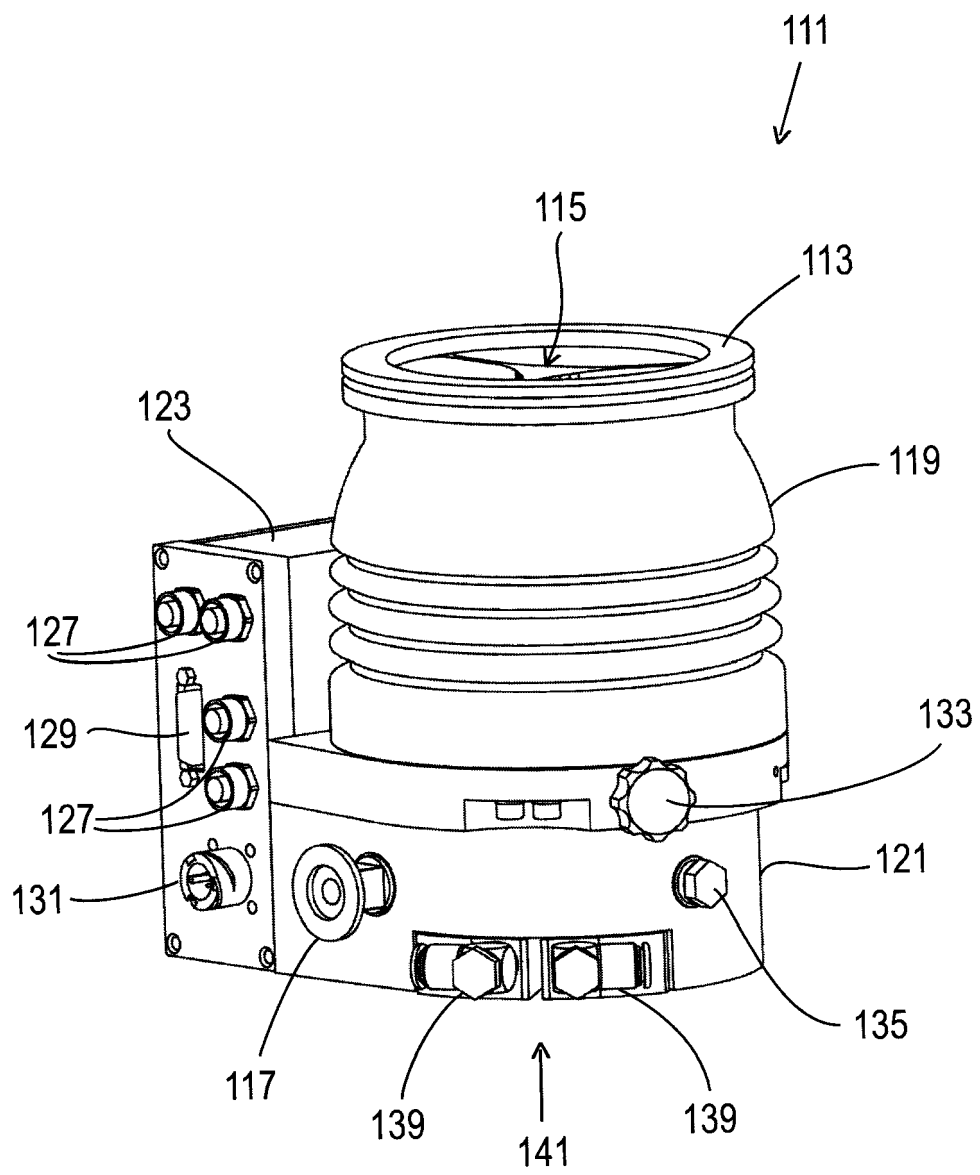


Fig. 1

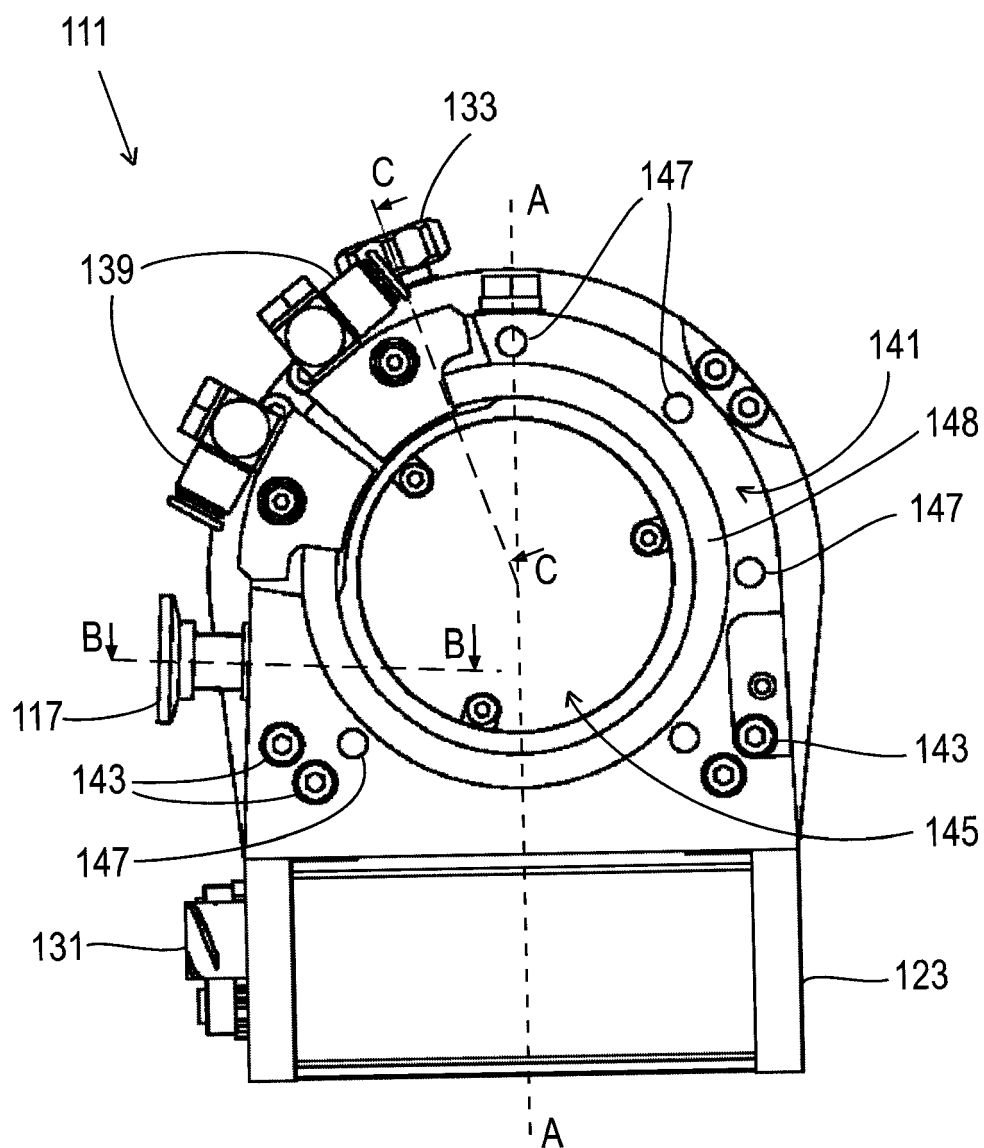


Fig. 2

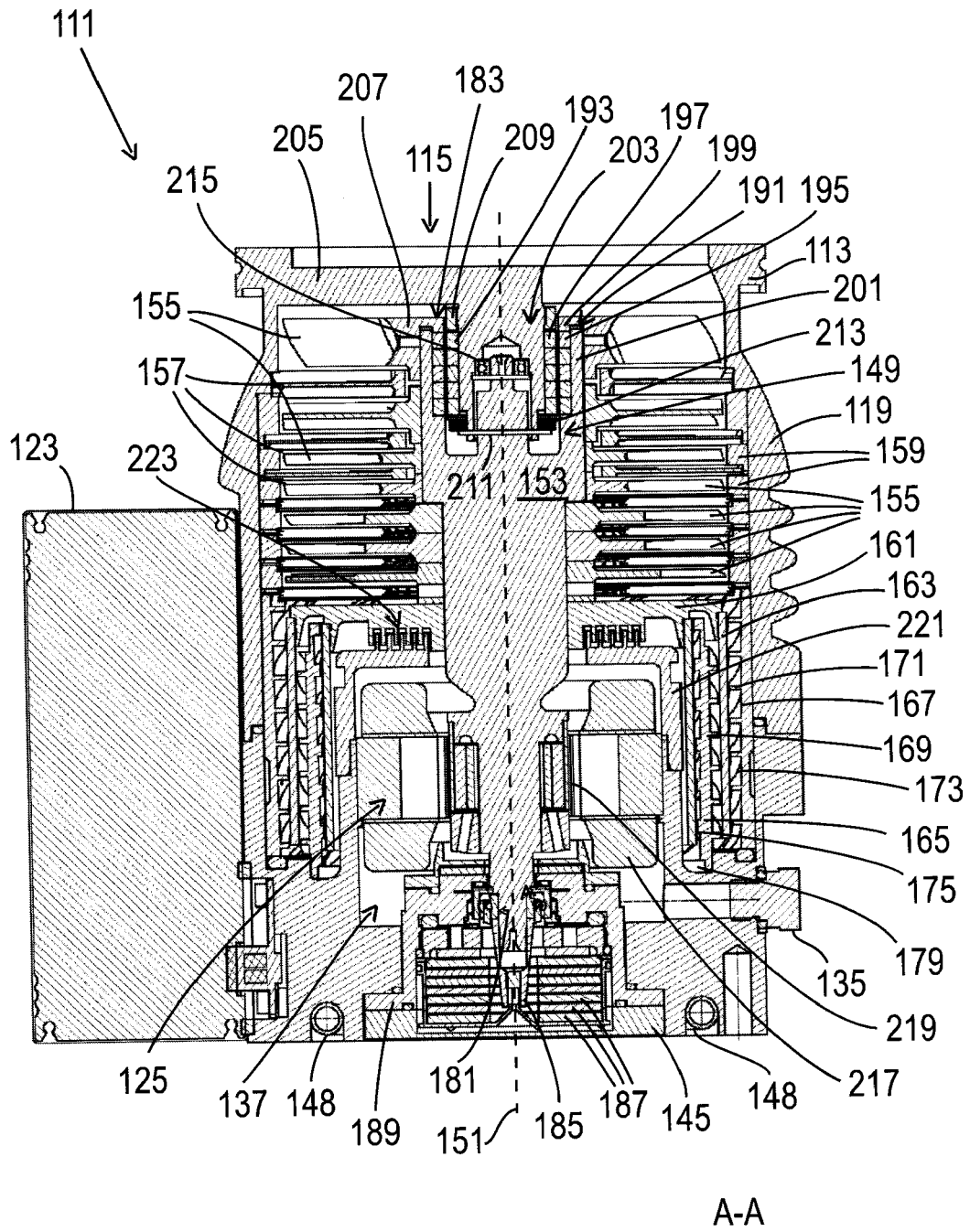


Fig 3

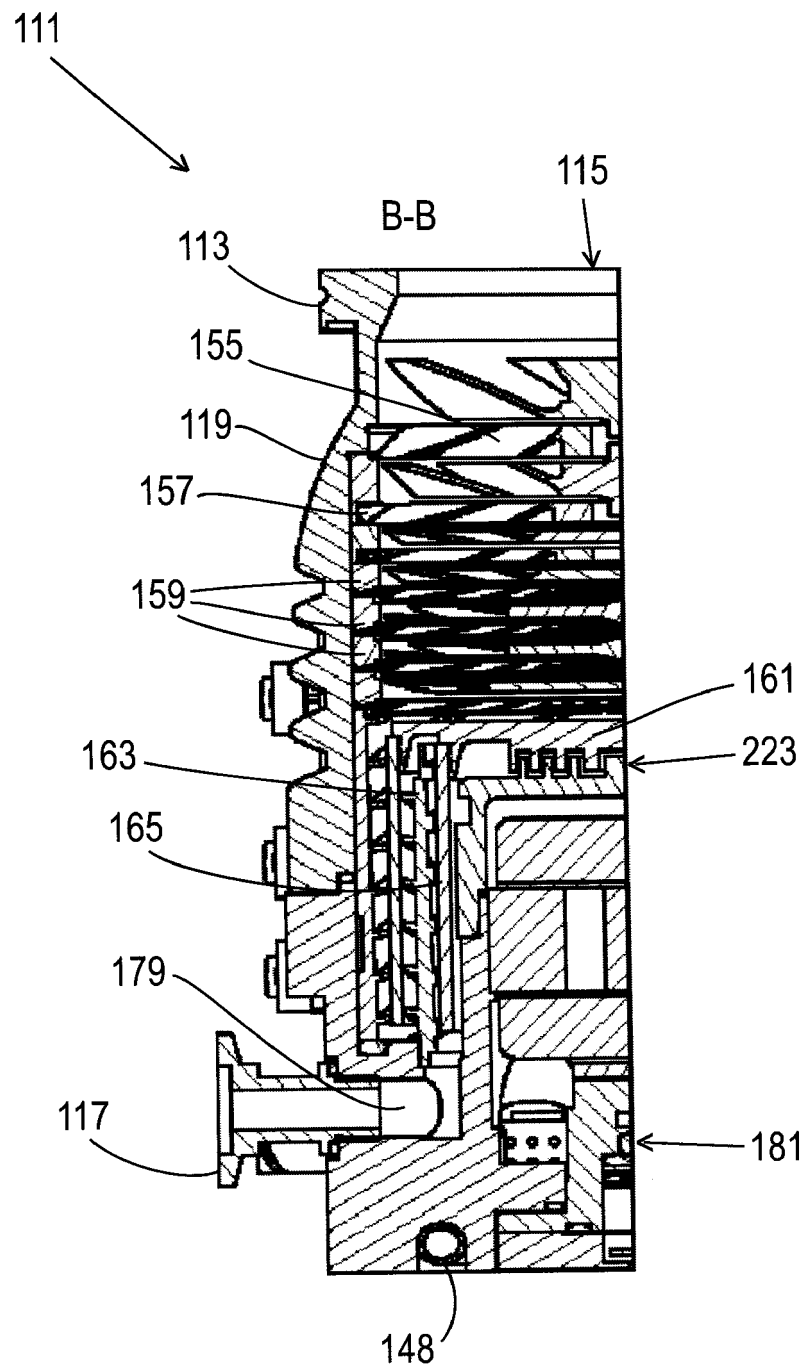


Fig. 4

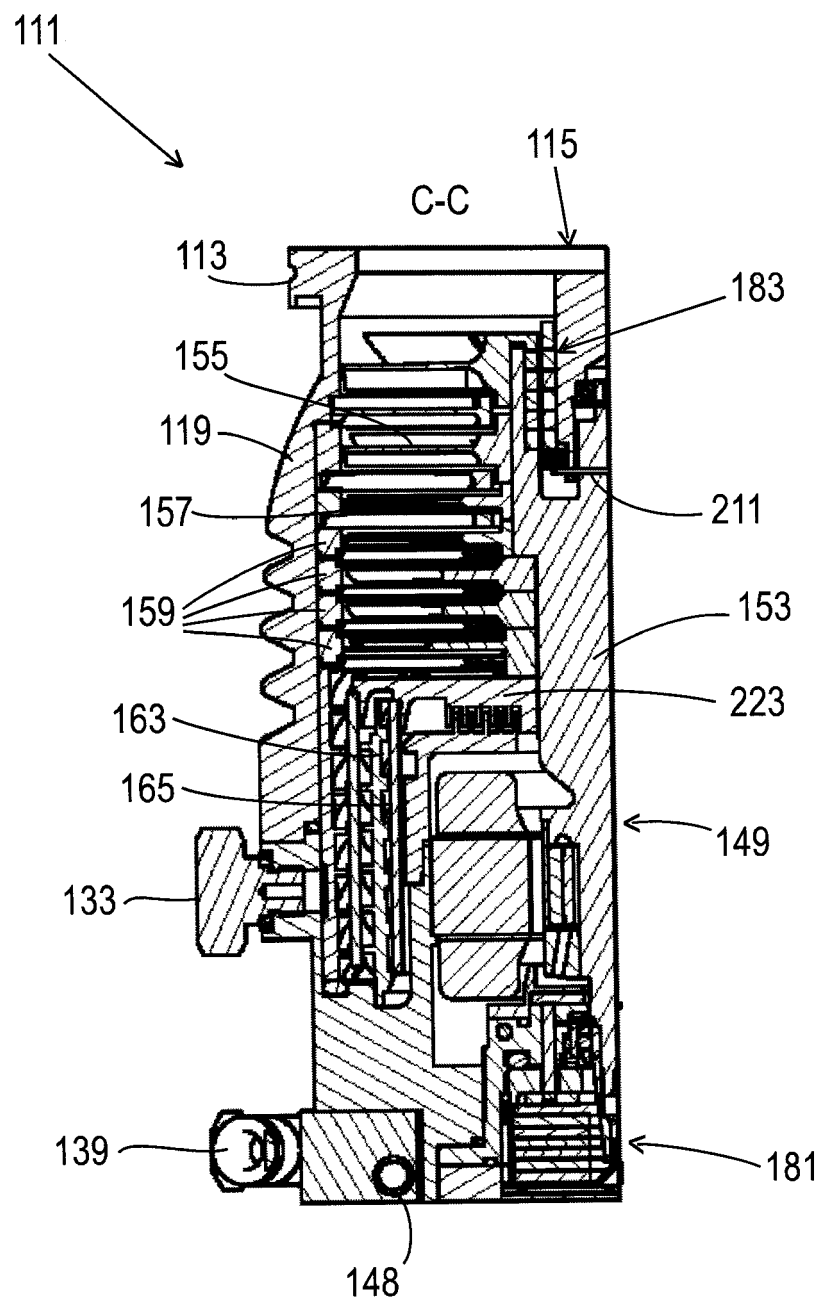


Fig. 5

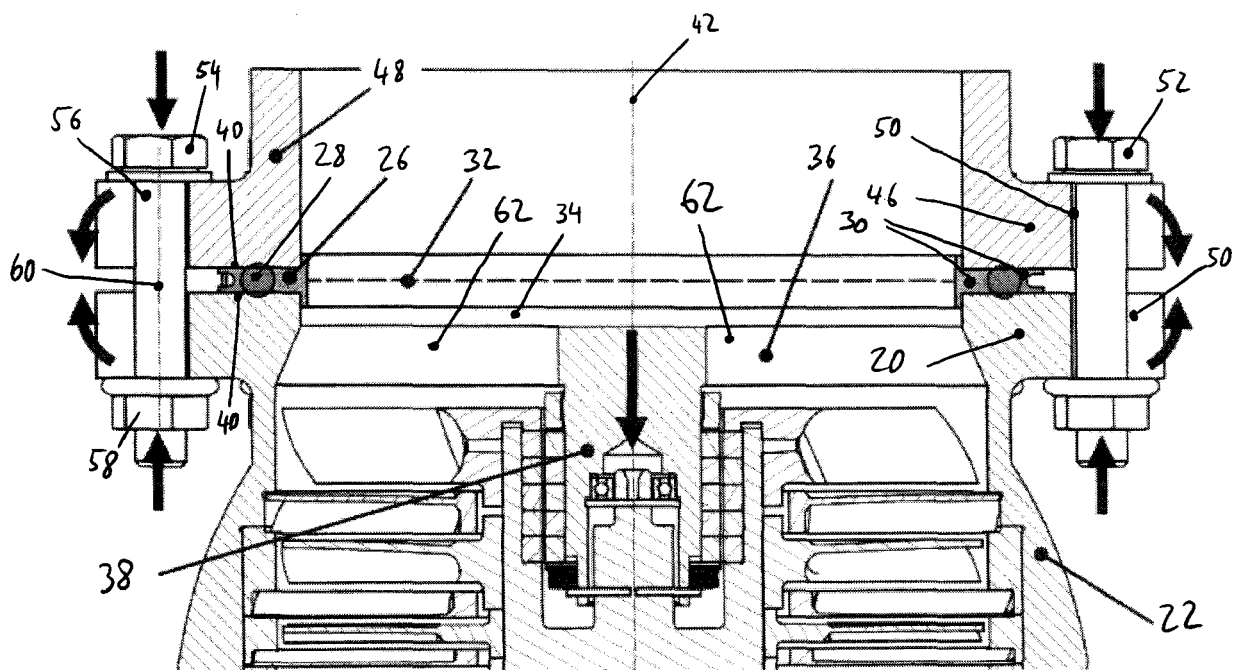


Fig. 6

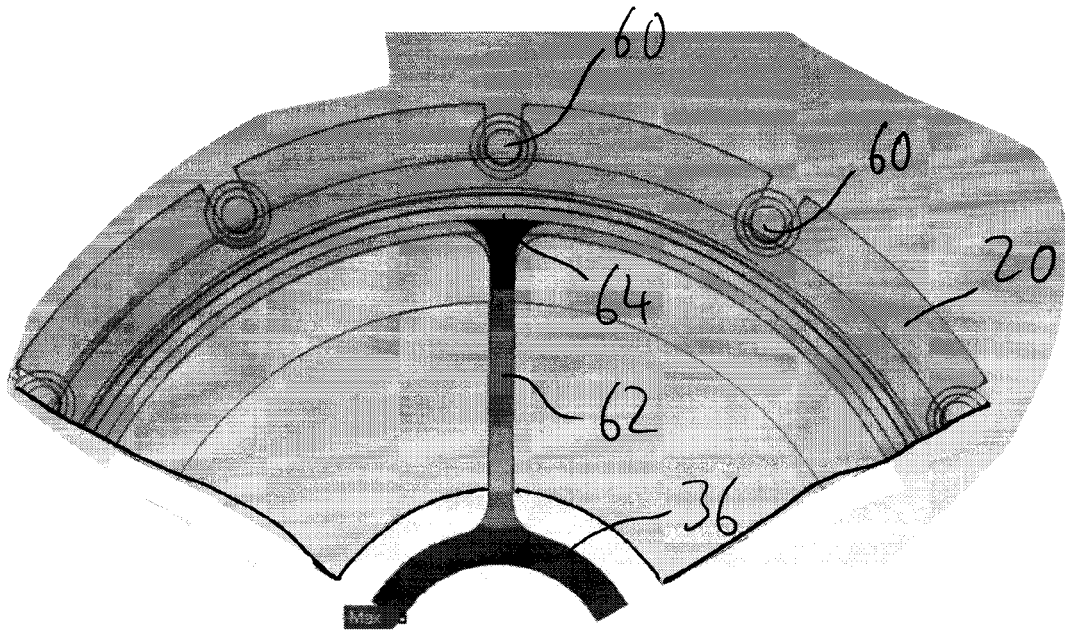


Fig. 7

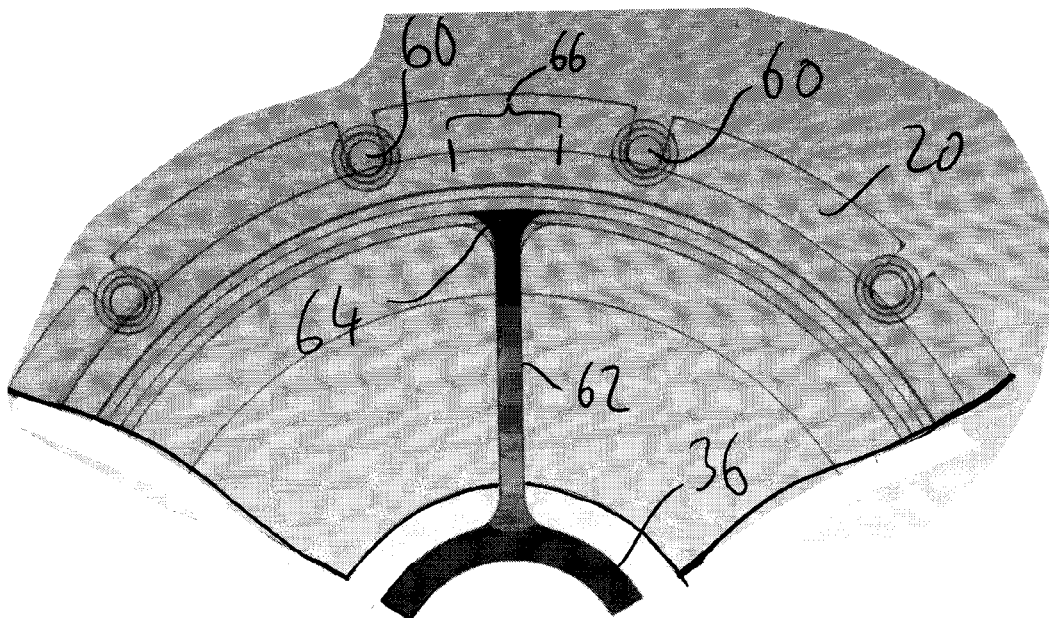


Fig. 8

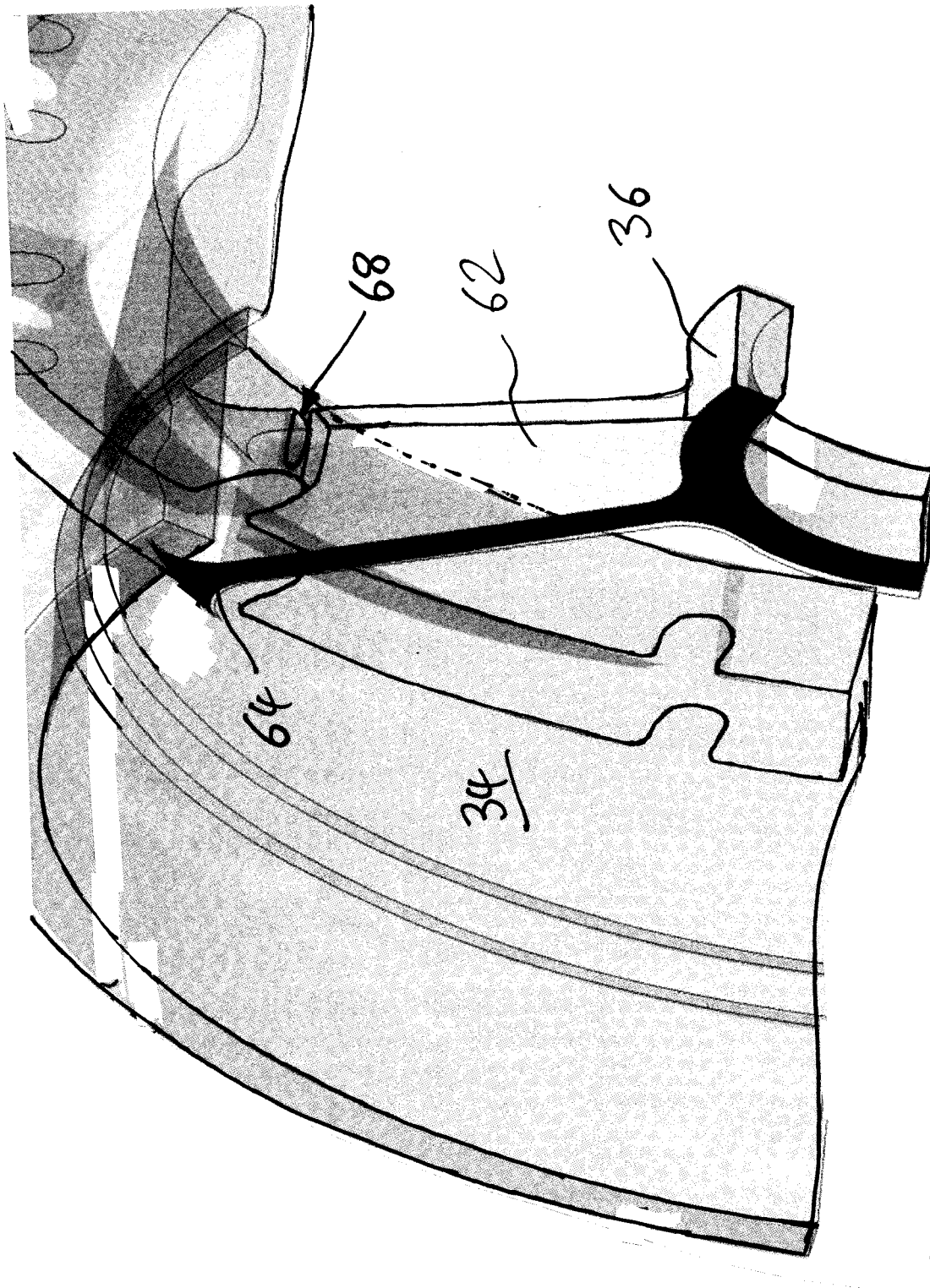


Fig. 9



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 19 16 5573

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 3 051 138 A1 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 3. August 2016 (2016-08-03)	1-7, 9-13, 15	INV.
Y	* Absatz [0058]; Abbildung 3 *	8, 14	F04D19/04
	-----		F04D29/60
Y	GB 2 545 423 A (EDWARDS LTD [GB]) 21. Juni 2017 (2017-06-21)	8, 14	F04D29/52
	* Ansprüche 1,4; Abbildung 4 *		F04D29/056
	* Seite 6, Zeilen 4-6 *		

			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 23. September 2019	Prüfer Brouillet, Bernard
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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	
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 19 16 5573

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.

23-09-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	EP 3051138	A1	03-08-2016	KEINE	

15	GB 2545423	A	21-06-2017	EP 3390834 A1	24-10-2018
				GB 2545423 A	21-06-2017
				US 2018363663 A1	20-12-2018
				WO 2017103580 A1	22-06-2017

20					
25					
30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

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