

(19)



(11)

EP 3 650 702 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
13.05.2020 Patentblatt 2020/20

(51) Int Cl.:
F04D 19/04 ^(2006.01) **F04D 29/063** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18205646.5**

(22) Anmeldetag: **12.11.2018**

(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: **KOCI, Bernd
35641 Schöffengrund (DE)**
(74) Vertreter: **Manitz Finsterwald
Patent- und Rechtsanwaltspartnerschaft mbB
Martin-Greif-Strasse 1
80336 München (DE)**

(54) **VERWENDUNG EINES SYNTHETISCHEN ÖLS IN EINER VAKUUMPUMPE UND
VAKUUMPUMPE**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft die Verwendung eines synthetischen Öls als Betriebsmittel in einer Vakuumpumpe, wobei das synthetische Öl eine kinematische Viskosität im Bereich von 4,5 bis 6,5 mm²/s bei

100 °C aufweist. Zudem betrifft die vorliegende Erfindung eine Vakuumpumpe mit einem Betriebsmittelspeicher, welcher ein entsprechendes synthetisches Öl enthält.

EP 3 650 702 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Verwendung eines synthetischen Öls in einer Vakuumpumpe zur Versorgung eines Drehlagers in der Vakuumpumpe, sowie eine Vakuumpumpe, insbesondere eine Turbomolekularpumpe, mit einer Rotorwelle, einem Drehlager zur drehbaren Unterstützung der Rotorwelle und einem Betriebsmittelspeicher zur Aufnahme eines synthetischen Öls, mit dem das Drehlager zu versorgen ist.

[0002] Bekannte Vakuumpumpen sind Turbomolekularpumpen, welche einen um die Rotationsachse der Rotorwelle bzw. des Drehlagers rotationssymmetrisch ausgebildeten Betriebsmittelspeicher zur Aufnahme eines flüssigen Betriebsmittels aufweisen. Typischerweise weist der Betriebsmittelspeicher die Form eines Zylindermantels mit zylindermantelförmiger Außenkontur und Innenkontur auf, in welchem beispielsweise als Stapel von kreisringförmigen Scheiben aus Filz oder einem anderen saugfähigen Material angeordnet ist. Das saugfähige Material wird mit den flüssigen Betriebsmitteln beladen, welches zur Schmierung des Drehlagers dient. Damit eine ausreichende Schmierung durch die Betriebsmittel bereitgestellt wird, ist es erforderlich, dass eine ausreichende Menge des Betriebsmittels von dem saugfähigen Material zur Rotorwelle und/oder zum Drehlager transportiert wird. Dieser Aufbau wird insbesondere bei kleinen Turbomolekularpumpen verwendet, da hierbei der Einsatz einer zusätzlichen Ölpumpe nicht notwendig ist.

[0003] Die in derartigen kleinen Turbomolekularpumpen üblicherweise verwendeten Betriebsmittel sind Öle, die eine entsprechende Vakuumtauglichkeit, d.h. einen niedrigen Dampfdruck, und eine Temperaturbeständigkeit von bis zu 90 °C aufweisen. Die Leistungsfähigkeit der oben beschriebenen kleinen Turbomolekularpumpen ist jedoch dadurch beschränkt, dass die bekannten Öle nicht dazu geeignet sind, bei Temperaturen von über 90 °C eingesetzt zu werden, da sie bei höheren Temperaturen keine geeignete Viskosität aufweisen, um bei über 90 °C eine ausreichende Schmierung bereitzustellen. Als Konsequenz ist auch die Rotortemperatur bei Verwendung der üblichen Betriebsmittel auf 90 °C begrenzt. Die Rotortemperatur ergibt sich aus einer Kombination aus Gaslast, Vordruck und Kühlung und erreicht bei verschiedenen Anwendungen immer wieder 90 °C, da beispielsweise keine Möglichkeit besteht die Kühlung an eine gestiegene Gaslast anzupassen. Als Konsequenz ist die Leistungsfähigkeit derartiger Turbomolekularpumpen dadurch beschränkt, dass die Rotortemperatur 90 °C nicht überschreiten darf.

[0004] Größere Turbomolekularpumpen mit höherer Leistungsfähigkeit können auch dichtere Öle einsetzen, da diese mit einer elektrischen Ölpumpe ausgerüstet sind, welche die Wälzlager mit Betriebsmitteln, d.h. mit Schmierstoff, versorgt. Dieser Aufbau ist bei kleineren Turbomolekularpumpen jedoch aufgrund erheblicher Kosten für die Ölpumpe nicht wirtschaftlich.

[0005] Die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Aufgabe besteht daher darin, die Leistungsfähigkeit von Vakuumpumpen, insbesondere von Turbomolekularpumpen, zu erhöhen, ohne dass es dabei zu einer erheblichen Kostensteigerung kommt.

[0006] Diese Aufgabe wird durch die Verwendung eines synthetischen Öls gemäß Anspruch 1 gelöst. Ebenfalls wird diese Aufgabe durch die Vakuumpumpe gemäß Anspruch 10 gelöst.

[0007] Es hat sich herausgestellt, dass durch die Verwendung eines synthetischen Öls gemäß Anspruch 1 eine Vakuumpumpe, insbesondere eine Turbomolekularpumpe, auch bei Temperaturen über 90 °C dauerhaft betrieben werden kann, d.h. über einen Zeitraum von mehreren Monaten oder länger, ohne dass die Vakuumpumpe mit einer zusätzlichen Ölpumpe ausgestattet sein muss, um das synthetische Öl zur Schmierung des Drehlagers in ausreichenden Mengen zu befördern, wenn das synthetische Öl bei 100 °C eine kinematische Viskosität im Bereich von 4,5 bis 6,5 mm²/s aufweist.

[0008] Die hierin erwähnten kinematischen Viskositäten sind gemäß ASTM D445 - 17a gemessen.

[0009] Falls nicht anders angegeben, bezieht sich jede hierin erwähnte Norm auf die jeweils zum 1. Oktober 2018 geltende Fassung.

[0010] Vorteilhafte Ausführungsformen und Aspekte der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen, der nachfolgenden Beschreibung sowie den Figuren und Beispielen angegeben. Es versteht sich, dass die beschriebenen vorteilhaften Ausführungsformen und Aspekte beliebig miteinander kombinierbar sind, sofern keine technischen Gründe dagegen sprechen.

[0011] Ein besonders vorteilhaftes Viskositätsprofil ergibt sich, wenn das synthetische Öl zudem eine kinematische Viskosität bei 120 °C im Bereich von 3,0 bis 4,0 mm²/s aufweist. Hierdurch ist auch bei Temperaturen von 120 °C und höher noch eine ausreichende Schmierung des Drehlagers gewährleistet, wobei gleichzeitig die Viskosität bei niedrigeren Temperaturen nicht zu hoch ist, um die Förderfähigkeit des Öls zu beeinträchtigen.

[0012] Weiter ist es bevorzugt, wenn der Dampfdruck des synthetischen Öls bei 100 °C kleiner gleich 0,005 hPa ist. Durch einen geringen Dampfdruck ist es bei Verwendung des synthetischen Öls besonders gut möglich, mit einer entsprechenden Vakuumpumpe über einen langen Zeitraum ein stabiles Vakuum zu erzeugen. Unter diesem Aspekt ist es besonders vorteilhaft, wenn der Dampfdruck des synthetischen Öls bei 120 °C kleiner gleich 0,01 hPa ist. Hierdurch ist auch bei einer erhöhten Rotortemperatur die Erzeugung eines stabilen Vakuums möglich.

[0013] Es ist vorteilhaft, wenn das synthetische Öl mit weiteren Additiven versehen ist, um die Alterung bei hohen Temperaturen zu verlangsamen, sodass die Verwendung über lange Zeiträume ohne Ölwechsel möglich ist. Es versteht sich jedoch, dass das synthetische Öl nicht zwingend derartige Additive aufweist, um bei hohen Temperaturen die

ausreichende Schmierung sicherzustellen. Bei den Additiven handelt es sich beispielsweise um dem Fachmann bekannte Antioxidationsmittel.

[0014] Zur Erzeugung eines stabilen Vakuums über einen langen Zeitraum ist es vorteilhaft, dass das synthetische Öl einen Verdampfungsverlust von kleiner gleich 1 Gew.-%, bevorzugt kleiner gleich 0,5 Gew.-%, besonders bevorzugt von kleiner gleich 0,2 Gew.-%, höchst bevorzugt von kleiner gleich 0,1 Gew.-%, aufweist, nach einem Jahr bei 60 °C unter einem Vakuum von 0,005 hPa. Weiterhin ist es bevorzugt, dass das synthetische Öl nach 6,5 h bei 204 °C unter Normaldruck einen Verdampfungsverlust von kleiner gleich 5 Gew.-%, noch bevorzugt von kleiner gleich 2,5 Gew.-%, aufweist. Der Verdampfungsverlust wird, wie in den Beispielen erläutert, bestimmt.

[0015] Prinzipiell ist die vorliegende Erfindung nicht auf die Art der Öle beschränkt, solange die Viskositätsanforderungen erfüllt sind. Es hat sich jedoch als besonders vorteilhaft herausgestellt, dass das synthetische Öl ein Öl auf Esterbasis ist oder ein Öl auf Basis von Perfluorpolyethern ist. Höchst bevorzugt ist das synthetische Öl ein Öl auf Esterbasis, da diese Öle eine geringe Dichte aufweisen und daher eine ausreichende Schmierung durch das synthetische Öl durch dessen Transport von einem saugfähigen Material eines Betriebsmittelspeichers zur Rotorwelle und/oder zum Drehlager bei bekannten Betriebsmittelspeichern vorgenommen werden kann. Es ist jedoch auch denkbar, eine ausreichende Schmierung mit Ölen höherer Dichte zu erzielen, wobei ggfs. Anpassungen des Betriebsmittelspeichers notwendig sind.

[0016] Es ist zudem bevorzugt, dass durch das synthetische Öl ein Drehlager der Vakuumpumpe geschmiert wird. Prinzipiell ist die Verwendung des synthetischen Öls nicht auf spezielle Vakuumpumpen beschränkt, jedoch hat es sich als besonders bevorzugt herausgestellt, dass die Vakuumpumpe eine Turbomolekularpumpe ist, umfassend eine Rotorwelle, ein Drehlager zur drehbaren Unterstützung der Rotorwelle und einen Betriebsmittelspeicher zur Aufnahme des synthetischen Öls, mit dem das Drehlager versorgt wird, sowie mindestens einem Mittel zur Versorgung des Drehlagers mit dem synthetischen Öl.

[0017] Eine erfindungsgemäße Vakuumpumpe weist einen Betriebsmittelspeicher auf, welcher ein synthetisches Öl, wie oben beschrieben, enthält. Bevorzugt ist die Vakuumpumpe eine Turbomolekularpumpe, umfassend eine Rotorwelle, ein Drehlager zur drehbaren Unterstützung der Rotorwelle und einen Betriebsmittelspeicher zur Aufnahme des synthetischen Öls, mit dem das Drehlager zu versorgen ist bzw. im Betrieb versorgt wird, sowie mindestens einem Mittel zur Versorgung des Drehlagers mit dem synthetischen Öl.

[0018] Durch die Verwendung des oben beschriebenen synthetischen Öls lässt sich die Leistungsfähigkeit der Vakuumpumpe erhöhen, da unter Beibehaltung einer ausreichenden Schmierung auch Rotortemperaturen von bis zu 120 °C erreichbar sind. Zur Reduzierung von Kosten bei gleichzeitig hoher Leistungsfähigkeit ist es daher möglich, dass die Vakuumpumpe keine Ölpumpe zum Pumpen des synthetischen Öls aufweist.

[0019] 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,

[0020] 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.

[0021] 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.

[0022] 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.

[0023] 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.

[0024] 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.

[0025] An der Unterseite 141 sind außerdem Befestigungsbohrungen 147 angeordnet, über welche die Pumpe 111 beispielsweise an einer Auflagefläche befestigt werden kann.

[0026] In den Figuren 2 bis 5 ist eine Kühlmittelleitung 148 dargestellt, in welcher das über die Kühlmittelanschlüsse 139 ein- und ausgeleitete Kühlmittel zirkulieren kann.

[0027] Wie die Schnittdarstellungen der Figuren 3 bis 5 zeigen, umfasst die Vakuumpumpe mehrere Prozessgas-pumpstufen zur Förderung des an dem Pumpeneinlass 115 anstehenden Prozessgases zu dem Pumpenauslass 117.

[0028] In dem Gehäuse 119 ist ein Rotor 149 angeordnet, der eine um eine Rotationsachse 151 drehbare Rotorwelle 153 aufweist.

[0029] 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.

[0030] 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 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.

[0031] 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.

[0032] 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.

[0033] 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.

[0034] 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.

[0035] 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.

[0036] 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.

[0037] 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 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.

[0038] 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.

[0039] 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.

[0040] 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.

[0041] 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 137 gegenüber den radial außerhalb liegenden Holweck-Pumpstufen zu erreichen.

[0042] Die Vakuumpumpe, in welcher das synthetische Öl verwendet wird, ist prinzipiell nicht beschränkt. Jedoch können alle Merkmale der vorstehend beschriebenen Vakuumpumpe auch bei der Vakuumpumpe vorgesehen sein, in welcher gemäß der vorliegenden Erfindung das synthetische Öl verwendet wird, d.h. eine erfindungsgemäße Verwendung kann in einer Vakuumpumpe vorgenommen werden, welche grundsätzlich jede beliebige Kombination von Merkmalen der vorstehend beschriebenen Vakuumpumpe aufweisen kann.

[0043] Anschließend wird die Erfindung anhand von Beispielen veranschaulicht, die jedoch die vorliegende Erfindung nicht beschränken.

[0044] Beispiele:

In den von Pfeiffer Vacuum GmbH hergestellten Turbomolekularpumpen HiPace 30 und HiPace 80 wurde das üblicherweise verwendete Öl ausgetauscht gegen das Öl AeroShell Turbine Oil 560, welches in der Luftfahrt als Turbinenöl eingesetzt wird und auch mit dem NATO Code O-154 bezeichnet wird. Bei dem Öl AeroShell Turbine Oil 560 handelt

EP 3 650 702 A1

es sich um ein synthetisches Öl auf Esterbasis, das die in den Ansprüchen angegebenen Eigenschaften erfüllt. Das üblicherweise verwendete Öl in den Turbomolekularpumpen HiPace 30 und HiPace 80 weist bei 100 °C eine kinematische Viskosität von weniger als 4,0 mm²/s auf und weist bei 120 °C eine kinematische Viskosität von weniger als 2,5 mm²/s auf.

[0045] Die Testergebnisse der Tests, die mit diesen Pumpen, in welchen das Öl AeroShell Turbine Oil 560 verwendet wurde, durchgeführt wurden sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1

Beispiel	Pumpe	Öl	Laufzeit	Rotortemperatur *2	Wälzlagerverschleiß
1	HiPace 80	*1	2200 h	60 °C	Keine Auffälligkeit
2	HiPace 80	*1	2800 h	90 °C	Keine Auffälligkeit
3	HiPace 80	*1	1100 h	110 °C	Keine Auffälligkeit
4	HiPace 80	*1	2900 h	110 °C	Keine Auffälligkeit
5	HiPace 80	*1	8600 h	110 °C	Keine Auffälligkeit
6	HiPace 30	*1	6500 h	110 °C	Keine Auffälligkeit
7	HiPace 30	*1	11500 h	25 °C - 110 °C	Keine Auffälligkeit
Vergleichsbeispiel 1	HiPace 80	*3	2200 h	110 °C	Starker Verschleiß
Vergleichsbeispiel 2	HiPace 80	*3	17600 h	90 °C	Keine Auffälligkeit
*1 AeroShell Turbine Oil 560 *2 Die Rotortemperatur wurde über die Gaslast geregelt. *3 Standard-Öl					

[0046] Die in Tabelle 1 zusammengefassten Testergebnisse zeigen, dass ein Öl mit einer kinematische Viskosität im Bereich von 4,5 bis 6,5 mm²/s bei 100 °C dazu geeignet ist, auch bei Rotortemperaturen von über 90 °C, selbst bei 110 °C, die Wälzlager zufriedenstellend vor Verschleiß zu schützen. In Beispiel 1 wurde die Gaslast auf ein Minimum reduziert, d.h. es wurde das Endvakuum erreicht, sodass die Rotortemperatur 25 °C betrug. In Beispiel 7 wurde die Gaslast variiert, um die Temperatur zwischen 25 und 110 °C mehrfach zu variieren. Wie durch Beispiele 1 und 2 belegt, zeigt die verwendete Pumpe mit einem Öl mit einer kinematische Viskosität im Bereich von 4,5 bis 6,5 mm²/s bei 100 °C auch bei Rotortemperaturen unter 100 °C keinen erhöhten Verschleiß, obwohl das verwendete Öl eine höhere kinematische Viskosität bei 100 °C aufweist, als das üblicherweise verwendete Öl. Auch das mehrfache Variieren der Temperatur zwischen 25 und 110 °C erzeugte keinen erhöhten Wälzlagerverschleiß, auch nicht über einen längeren Testzeitraum von 11500 h.

[0047] Zu Vergleichszwecken wurde die Pumpe HiPace 80 mit dem üblicherweise verwendeten Öl bei 110 °C betrieben (Vergleichsbeispiel 1). Bereits nach relativ kurzer Zeit trat ein starker Verschleiß des Wälzlagers auf. Bei den für die Pumpe HiPace 80 üblicherweise vorgesehenen Temperaturen von 90 °C wurde hingegen kein nennenswerter Verschleiß beobachtet (Vergleichsbeispiel 2). Hierdurch ist verdeutlicht, dass die Verwendung eines Öls mit einer kinematischen Viskosität im Bereich von 4,5 bis 6,5 mm²/s bei 100 °C eine zufriedenstellende Schmierung sowohl bei niedrigen als auch bei hohen Temperaturen bewirkt, was mit den herkömmlichen Ölen, die in Turbomolekularpumpen eingesetzt werden, nicht möglich ist.

[0048] Zur Bestimmung des Verdampfungsverlusts bei 204 °C über einen Zeitraum von 6,5 h wurden Ölproben in Reagenzgläser gefüllt und über 6,5 h bei 204 °C in einem Ofen gelagert. Das Gewicht der Proben wurde vor und nach der Lagerung bestimmt. Der Verdampfungsverlust entspricht dem Gewichtsverlust der Ölproben nach 6,5 h und 204 °C in Gew.-%, d.h. dem Verlust des Gewichts an Öl bezogen auf das Gewicht des Öls, das zu Beginn in die Reagenzgläser gefüllt wurde. Der Verdampfungsverlust des Öls AeroShell Turbine Oil 560 hat 0,2 Gew.-% nicht überschritten.

[0049] Um die Langzeit-Vakuumtauglichkeit zu testen, wurden Proben des Öls AeroShell Turbine Oil 560 einem Vakuum von 0,005 hPa ausgesetzt und bei einer Temperatur von 60 °C bzw. 70 °C gehalten. Nach einem Zeitraum von 120 Tagen bei 60 °C betrug die Gewichtsveränderung 0,07 Gew.-% und nach einem Zeitraum von 112 Tagen bei 70 °C betrug die Gewichtsveränderung 0,11 Gew.-%. Damit ist gezeigt, dass das Öl AeroShell Turbine Oil 560 ausreichend Langzeit-Vakuumtauglich ist. Im Vergleich dazu beträgt die Gewichtsveränderung bei dem in den Turbomolekularpumpen HiPace 30 und HiPace 80 üblicherweise verwendete Öl 4,25 Gew.-% nach einem Zeitraum von 120 Tagen bei 60 °C und 8,7 Gew.-% nach einem Zeitraum von 112 Tagen bei 70 °C.

[0050] Die Beispiele zeigen, dass durch die Verwendung eines synthetischen Öls mit einer kinematische Viskosität im Bereich von 4,5 bis 6,5 mm²/s bei 100 °C die Leistungsfähigkeit kleiner Turbomolekularpumpen erhöht werden kann,

ohne dass eine Ölpumpe zur Förderung des synthetischen Öls notwendig ist.

Patentansprüche

1. Verwendung eines synthetischen Öls als Betriebsmittel in einer Vakuumpumpe,
dadurch gekennzeichnet, dass
das synthetische Öl eine kinematische Viskosität im Bereich von 4,5 bis 6,5 mm²/s bei 100 °C aufweist.
2. Verwendung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
das synthetische Öl eine kinematische Viskosität im Bereich von 3,0 bis 4,0 mm²/s bei 120 °C aufweist.
3. Verwendung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Dampfdruck des synthetischen Öls bei 100 °C kleiner gleich 0,005 hPa beträgt.
4. Verwendung nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Dampfdruck des synthetischen Öls bei 120 °C kleiner gleich 0,01 hPa beträgt.
5. Verwendung nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das synthetische Öl einen Verdampfungsverlust von kleiner gleich 1 Gew.-%, bevorzugt kleiner gleich 0,5 Gew.-%, besonders bevorzugt von kleiner gleich 0,2 Gew.-%, höchst bevorzugt von kleiner gleich 0,1 Gew.-%, aufweist, nach einem Jahr bei 60 °C unter einem Vakuum von 0,005 hPa.
6. Verwendung nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das synthetische Öl einen Verdampfungsverlust von kleiner gleich 0,5 Gew.-% aufweist nach 6,5 h bei 204 °C unter Normaldruck.
7. Verwendung nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das synthetische Öl ein Öl auf Esterbasis ist oder ein Öl auf Basis von Perfluorpolyethern ist.
8. Verwendung nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein Drehlager der Vakuumpumpe durch das synthetische Öl geschmiert wird.
9. Verwendung nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Vakuumpumpe eine Turbomolekularpumpe ist, umfassend eine Rotorwelle, ein Drehlager zur drehbaren Unterstützung der Rotorwelle und einen Betriebsmittelspeicher zur Aufnahme des synthetischen Öls, mit dem das Drehlager zu versorgen ist.
10. Vakuumpumpe mit einem Betriebsmittelspeicher, welcher ein synthetisches Öl gemäß zumindest einem der vorstehenden Ansprüche enthält.
11. Vakuumpumpe nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Vakuumpumpe eine Turbomolekularpumpe ist, umfassend eine Rotorwelle, ein Drehlager zur drehbaren Unterstützung der Rotorwelle und einen Betriebsmittelspeicher zur Aufnahme des synthetischen Öls, mit dem das Drehlager zu versorgen ist, sowie mindestens einen Mittel zur Versorgung des Drehlagers mit dem synthetischen Öl.
12. Vakuumpumpe nach Anspruch 10 oder 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Vakuumpumpe keine Ölpumpe zum Pumpen des synthetischen Öls aufweist.

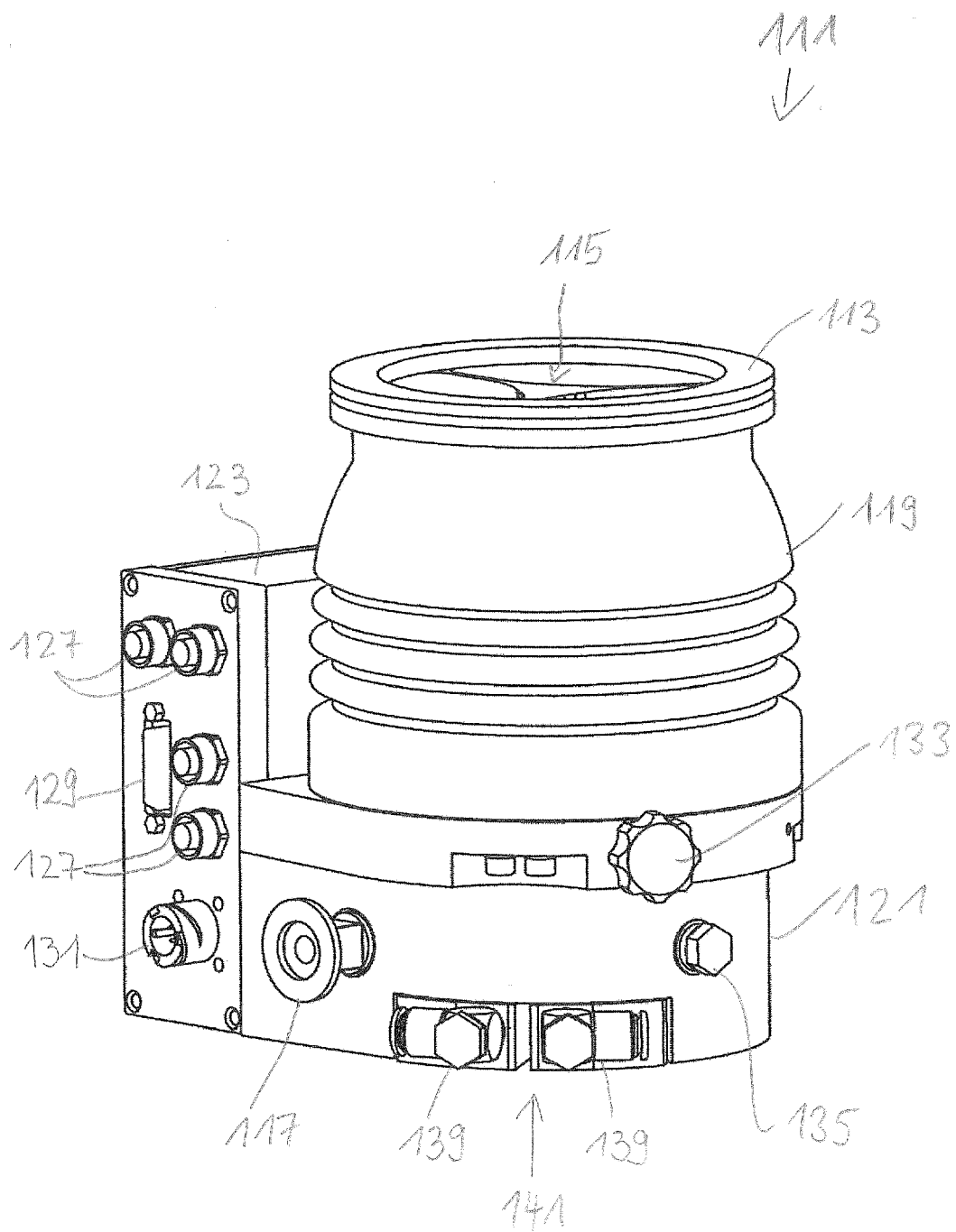


Fig. 1

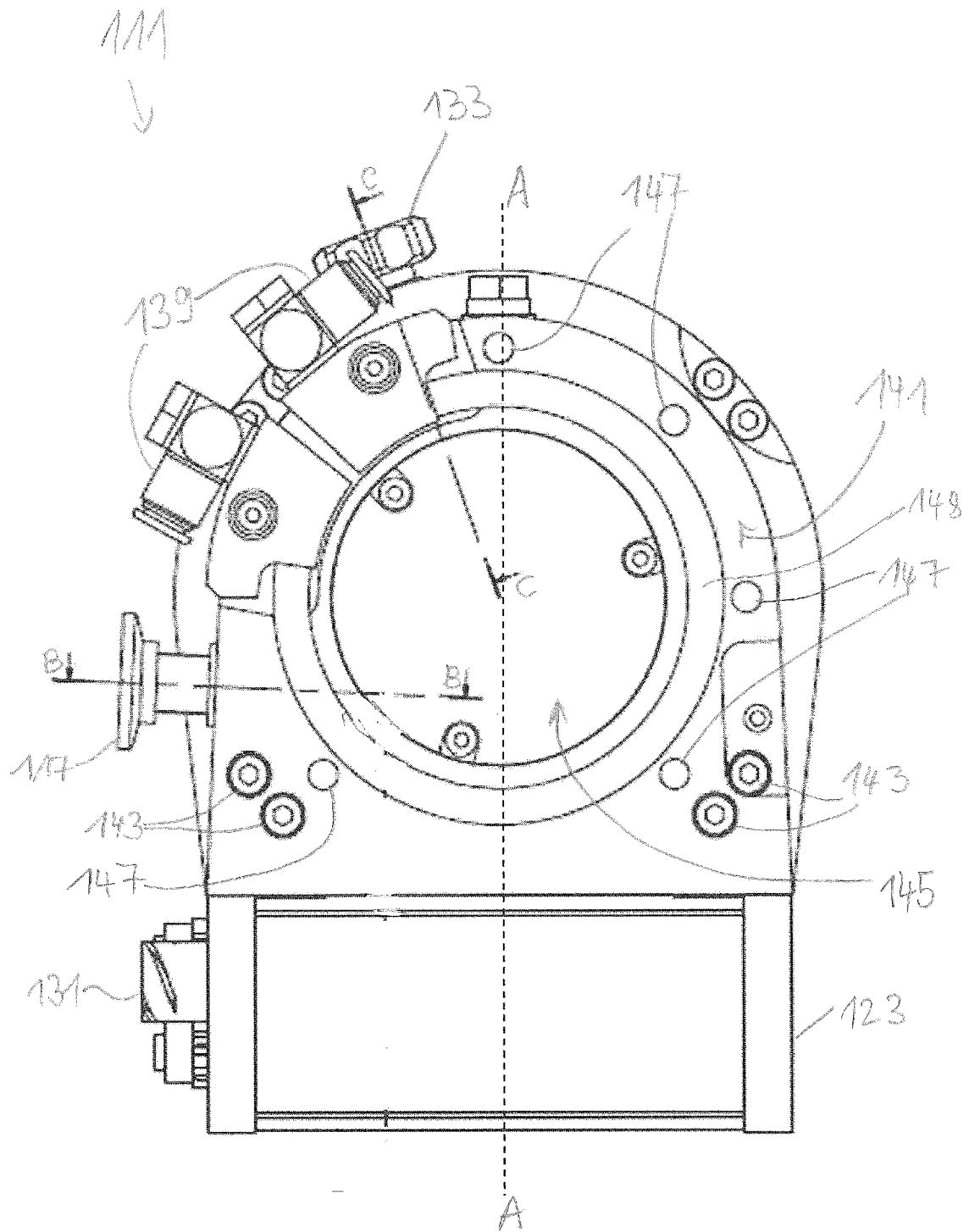
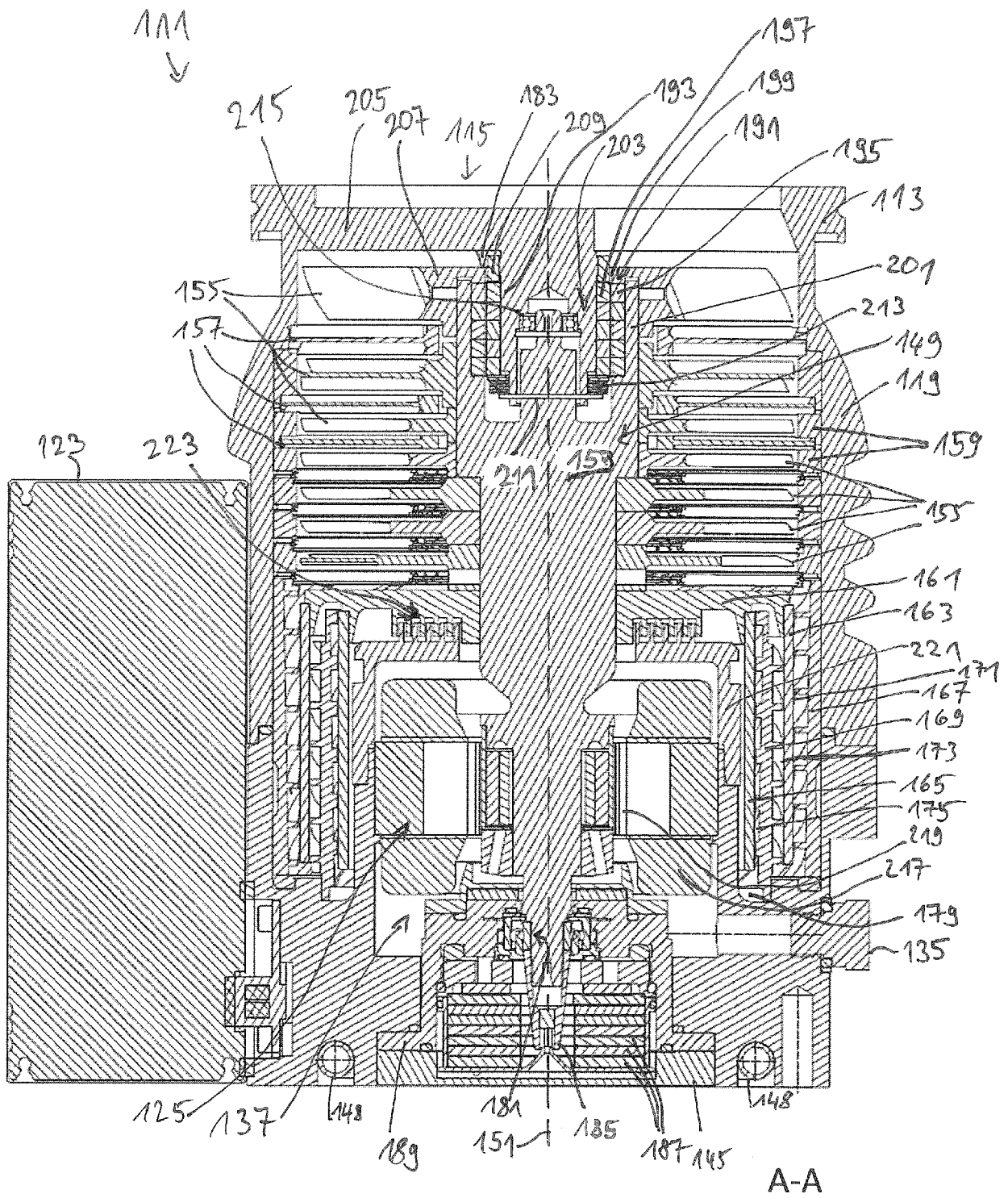


Fig. 2



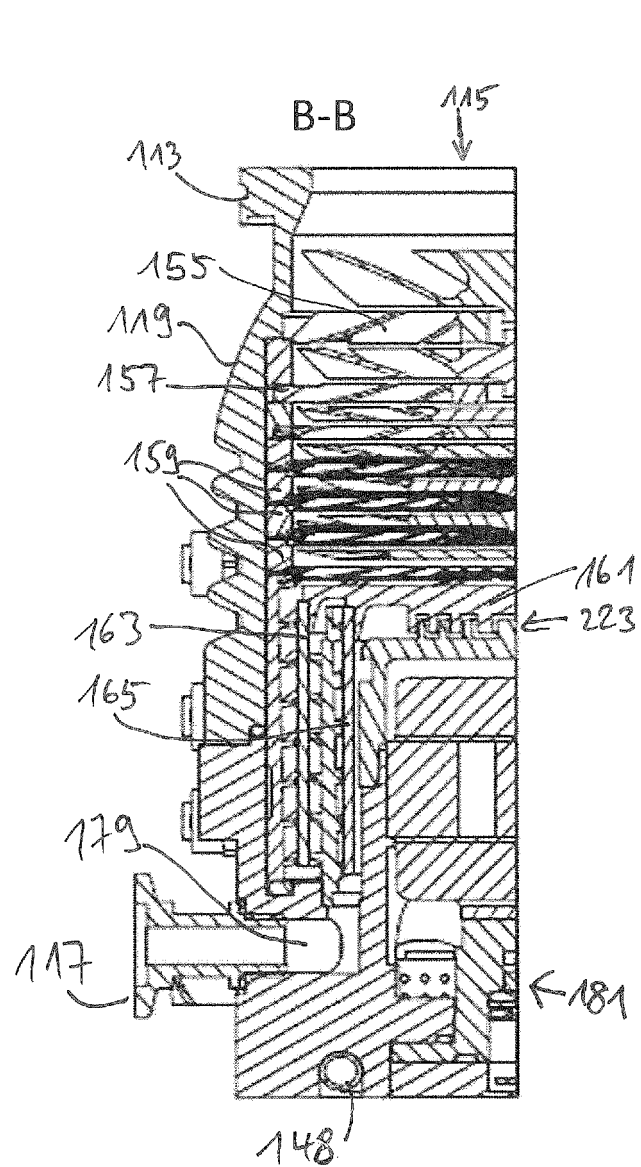


Fig. 4

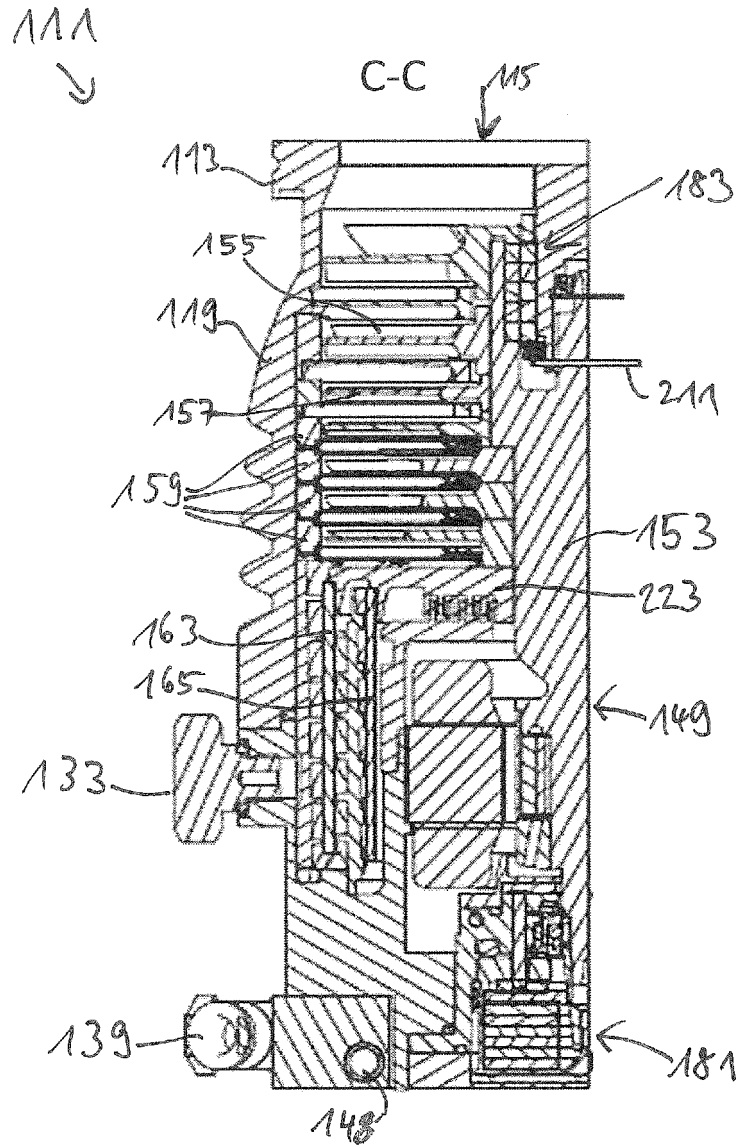


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 18 20 5646

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)
A	US 4 806 075 A (OSTERSTROM GORDON E [US] ET AL) 21. Februar 1989 (1989-02-21) * Zusammenfassung * * Spalte 9, Zeile 59 - Spalte 10, Zeile 12 * * * Abbildungen *	1-12	INV. F04D19/04 F04D29/063
A	WO 2014/102153 A1 (SHELL INT RESEARCH [NL]; SHELL OIL CO [US]) 3. Juli 2014 (2014-07-03) * Zusammenfassung * * Seite 3, Zeile 22 - Seite 18, Zeile 1 * * Abbildung 1 *	1-12	
A	EP 2 557 316 A2 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 13. Februar 2013 (2013-02-13) * Zusammenfassung * * Absatz [0024] - Absatz [0045] * * Abbildungen *	1-12	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 3. Mai 2019	Prüfer Kolby, Lars
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	

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 18 20 5646

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.

03-05-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	US 4806075	A	21-02-1989	KEINE	

15	WO 2014102153	A1	03-07-2014	JP 5947713 B2	06-07-2016
				JP 2014129461 A	10-07-2014
				WO 2014102153 A1	03-07-2014

	EP 2557316	A2	13-02-2013	DE 102011109929 A1	14-02-2013
20				EP 2557316 A2	13-02-2013

25					
30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

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