

(19)



(11)

EP 3 462 036 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
03.04.2019 Patentblatt 2019/14

(51) Int Cl.:
F04D 19/04 (2006.01) **F04D 29/32** (2006.01)
F04D 29/38 (2006.01) **F04D 29/66** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17194409.3**

(22) Anmeldetag: **02.10.2017**

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

(71) Anmelder: **PFEIFFER VACUUM GMBH**
35614 Asslar (DE)
(72) Erfinder: **Mekota, Mirko**
35630 Ehringshausen (DE)
(74) Vertreter: **Manitz Finsterwald**
Patent- und Rechtsanwaltspartnerschaft mbB
Martin-Greif-Strasse 1
80336 München (DE)

(54) **TURBOMOLEKULARVAKUUMPUMPE**

(57) Turbomolekularvakuumpumpe umfassend wenigstens zwei benachbart angeordnete Rotorscheiben (400), die jeweils eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Schaufeln (402) aufweisen, welche sich jeweils ausgehend von einem Schaufelgrund

(404) radial nach außen erstrecken, wobei an wenigstens einem Schaufelgrund einer jeweiligen Rotorscheibe wenigstens ein, insbesondere zahnartiger, Vorsprung (412) vorgesehen ist.

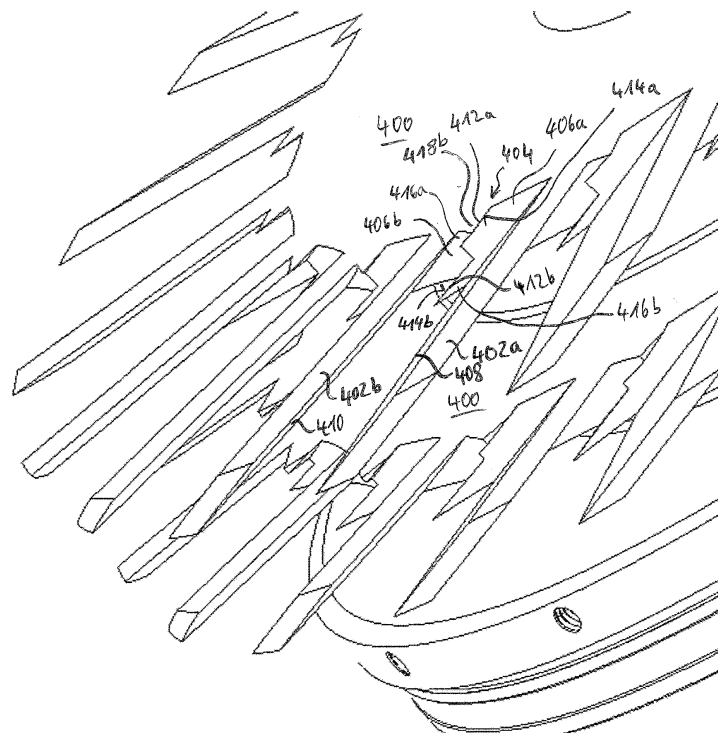


Fig. 7

EP 3 462 036 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Turbomolekularvakuumpumpe umfassend wenigstens zwei benachbart angeordnete Rotorscheiben, die jeweils eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Schaufeln aufweisen, welche sich jeweils ausgehend von einem Schaufelgrund radial nach außen erstrecken.

[0002] Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zur Herstellung einer Turbomolekularvakuumpumpe mit wenigstens zwei benachbarten Rotorscheiben, die jeweils eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Schaufeln aufweisen, welche sich jeweils ausgehend von einem Schaufelgrund radial nach außen erstrecken.

[0003] Turbomolekularvakuum Pumpen werden in unterschiedlichen Bereichen der Technik eingesetzt, um ein für einen jeweiligen Prozess notwendiges Vakuum zu schaffen. Turbomolekularvakuum Pumpen oder kurz Turbomolekularpumpen umfassen einen Stator mit mehreren in Richtung einer Rotorachse aufeinanderfolgenden Statorscheiben und einem relativ zu dem Stator um die Rotorachse drehbar gelagerten Rotor, der eine Rotorwelle und mehrere auf der Rotorwelle angeordnete, in axialer Richtung aufeinanderfolgende und zwischen den Statorscheiben angeordnete Rotorscheiben umfasst, wobei die Statorscheiben und die Rotorscheiben jeweils eine pumpaktive Struktur aufweisen.

[0004] Unter einem Schaufelgrund ist derjenige Bereich zu verstehen, in dem eine jeweilige Schaufel der Rotorscheibe in radialer Richtung betrachtet innen beginnt. Dabei ist dieser Schaufelgrund bei den bisher bekannten Rotorscheiben stets glatt oder eben ausgeführt.

[0005] Die Leistungsfähigkeit oder Performance einer Vakuumpumpe und insbesondere deren Performance in Bezug auf das erreichbare Vakuum ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Beitrag der Rotorscheiben insbesondere bezüglich der Vakuumperformance weiter zu optimieren.

[0007] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Turbomolekularvakuumpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1, und insbesondere dadurch, dass an wenigstens einem Schaufelgrund einer jeweiligen Rotorscheibe wenigstens ein, insbesondere zahnartiger, Vorsprung vorgesehen ist.

[0008] Jede der wenigstens zwei Rotorscheiben der Pumpe weist also wenigstens einen Schaufelgrund mit einem Vorsprung auf. Insbesondere kann jede der wenigstens zwei Rotorscheiben an mehreren, insbesondere allen, Schaufelgründen erfindungsgemäße Vorsprünge aufweisen.

[0009] Aufgrund der erfindungsgemäßen Ausbildung wird der Beitrag der Rotorscheiben zur Leistungsfähigkeit der Vakuumpumpe und insbesondere zur Vakuumperformance weiter optimiert. Durch den am oder im Bereich des Schaufelgrunds vorgesehenen Vorsprung wird das von einem Pumpeneinlass zu einem Pumpenaus-

lass der Vakuumpumpe zu fördernde Gas auch im Bereich eines jeweiligen Schaufelgrundes erfasst und in Rotation versetzt, wodurch es in den verschränkten Schaufelbereich gelangt, um in Richtung des Pumpenauslasses weitertransportiert zu werden. Damit ist sichergestellt, dass das zu fördernde Gas auch im Bereich eines jeweiligen Schaufelgrundes in optimaler Weise von der sich drehenden Rotorscheibe erfasst wird, wodurch die Pumpwirkung entsprechend erhöht wird.

[0010] Bei einer Ausführungsform ist der Vorsprung an einem saugseitigen und/oder druckseitigen Ende des Schaufelgrundes ausgebildet.

[0011] Besonders einfach lässt sich der Vorsprung ausbilden, wenn dieser jeweils durch einen Sprung zwischen zwei Flächen des Schaufelgrundes gebildet ist. Die Flächen lassen sich beispielsweise spanend, insbesondere durch Fräsen und/oder Sägen, ausbilden. Bevorzugt entstehen die Flächen und damit der Vorsprung jeweils beim Ausbilden der Schaufeln, insbesondere beim Heraussägen der Schaufeln aus einer Rohscheibe. Separate Arbeitsgänge nur zum Ausbilden des Vorsprungs sind so nicht erforderlich. Somit wird auf besonders einfache Weise die Vakuumperformance verbessert.

[0012] Bei einer Ausführungsform sind die Flächen eben. Dies vereinfacht ihre Herstellung weiter.

[0013] Insbesondere kann der Vorsprung spitz, beispielsweise pyramidenförmig, insbesondere als eine Dreieckspyramide bzw. durch drei zusammenlaufende Flächen, ausgebildet sein.

[0014] Gemäß einer Weiterbildung weist der Vorsprung eine erste Seitenfläche auf, die zu einer ersten benachbarten Schaufel zumindest im Wesentlichen parallel verläuft. Der Vorsprung kann so mit der Schaufel vakuumtechnisch optimal zusammenwirken. Außerdem lässt sich ein derartiger Vorsprung, insbesondere die zur Schaufel parallele Fläche, besonders einfach herstellen, beispielsweise mit demselben Werkzeug und/oder derselben Arbeitsbewegung wie die hierzu parallele Schaufel.

[0015] Bei einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass der Vorsprung jeweils eine zweite Seitenfläche aufweist, die zu einer zweiten benachbarten Schaufel zumindest im Wesentlichen senkrecht verläuft. Dies vermeidet in optimaler Weise eine negative vakuumtechnische Auswirkung des Vorsprungs an dieser Seitenfläche in Bezug auf die hierzu senkrechte Schaufel. Auch die senkrechte Fläche lässt sich besonders einfach, beispielsweise spanend, herstellen, beispielsweise mit demselben Werkzeug und/oder derselben Arbeitsbewegung wie die hierzu senkrechte Schaufel.

[0016] Es kann auch mit Vorteil vorgesehen sein, dass der Vorsprung jeweils eine dritte Seitenfläche aufweist, die zu einer Rotorachse der Pumpe zumindest im Wesentlichen senkrecht verläuft. Beispielsweise kann die dritte Seitenfläche eben und/oder parallel zu einer Stirnfläche der Rotorscheibe sein bzw. einen Teil dieser bilden.

[0017] Insoweit hier auf eine erste, zweite oder dritte Seitenfläche bzw. Schaufel Bezug genommen wird, versteht es sich, dass dies lediglich dem Verständnis und der Bezugnahme auf die unten stehende Beschreibung der Figuren dienlich sein soll, sich jedoch nicht auf eine entsprechende tatsächlich vorgesehene Anzahl an Seitenflächen bzw. Schaufeln bezieht. Insofern kann beispielsweise am Vorsprung auch lediglich eine zur Rotorachse senkrechte Seitenfläche und/oder eine zu einer benachbarten Schaufel senkrechte Seitenfläche vorgesehen sein.

[0018] Bei einer weiteren Ausführungsform sind an dem Schaufelgrund zwei in Pumprichtung einander gegenüberliegende Vorsprünge ausgebildet. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Vorsprünge jeweils mit einer Seitenfläche eine Stirnseite der Rotorscheibe bilden und/oder mit einer solchen zusammenfallen. Die Vorsprünge können symmetrisch angeordnet und/oder ausgebildet sein.

[0019] Die Performance wird weiter verbessert, wenn gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel die Vorsprünge in entgegengesetzte Richtungen in Bezug auf einen Umfang der jeweiligen Rotorscheibe geneigt sind. Beispielsweise kann ein druckseitig angeordneter Vorsprung zumindest mit einer Komponente in Drehrichtung weisen. Alternativ oder zusätzlich kann ein saugseitig angeordneter Vorsprung zumindest mit einer Komponente entgegen der Drehrichtung weisen.

[0020] Gemäß einer Weiterbildung kann die Pumpe eine Lagerung für einen die Rotorscheiben tragenden Rotor aufweisen, wobei ein erstes Lager der Lagerung als ein Wälzlager und ein zweites Lager der Lagerung als ein Magnetlager ausgebildet sind. Bei einer derartigen Lagerung spricht man auch von einer Hybridlagerung.

[0021] Besonders vorteilhaft lässt sich die Turbomolekularvakuumpumpe herstellen und betreiben, wenn die Rotorscheiben zu einem gemeinsamen Bauteil zusammengefasst sind.

[0022] Die Aufgabe der Erfindung wird auch durch ein Verfahren gemäß Anspruch 10 gelöst, und insbesondere dadurch, dass an wenigstens einem Schaufelgrund einer jeweiligen Rotorscheibe wenigstens ein, insbesondere zahnartiger, Vorsprung ausgebildet wird.

[0023] Gemäß einer Ausführungsform des Verfahrens ist vorgesehen, dass die Schaufeln jeweils einschließlich des Vorsprungs spanend, insbesondere durch Heraus-sägen, aus einer Rohscheibe erzeugt werden. Dies stellt ein besonders einfaches Herstellungsverfahren dar, insbesondere wenn wenigstens eine Seitenfläche des Vorsprungs zusammen mit einer Seitenfläche einer benachbarten Schaufel, insbesondere mit demselben Werkzeug und/oder derselben Arbeitsbewegung, ausgebildet wird.

[0024] Besonders einfach und kostengünstig lässt sich der Vorsprung herstellen, indem er durch zwei Arbeitsbewegungen eines Bearbeitungswerkzeugs ausgebildet wird, die zwei Flächen am Schaufelgrund und den Vorsprung als einen Sprung zwischen den Flächen ausbilden. Insbesondere werden dabei die Flächen als gegen-

einander, insbesondere leicht, windschiefe Ebenen ausgebildet.

[0025] Eine Weiterbildung sieht vor, dass jeweils eine Oberseite einer ersten Schaufel und eine gegenüberliegende Unterseite einer benachbarten Schaufel durch eine jeweilige von zwei Arbeitsbewegungen eines Bearbeitungswerkzeugs ausgebildet werden.

[0026] Beispielsweise erzeugt eine erste von zwei Arbeitsbewegungen eine erste Seitenfläche eines ersten Vorsprungs und eine zweite Seitenfläche eines zweiten Vorsprungs und/oder eine zweite von zwei Arbeitsbewegungen eine zweite Seitenfläche eines ersten Vorsprungs und eine erste Seitenfläche eines zweiten Vorsprungs. Somit lässt sich mit lediglich zwei Arbeitsbewegungen pro Schaufelzwischenraum die pumpaktive Struktur am Schaufelgrund und für den Fall, dass mit den Arbeitsbewegungen ebenfalls Unter- und Oberseiten der Schaufeln ausgebildet werden, die insbesondere vollständige pumpaktive Struktur ausbilden, was einer besonders einfachen und kostengünstigen Herstellung zuträglich ist.

[0027] Insbesondere kann eine jeweilige Arbeitsbewegung linear verlaufen. Die Arbeitsbewegungen lassen sich somit besonders einfach planen bzw. programmieren. Eine jeweilige Arbeitsbewegung kann beispielsweise quer durch eine für die Rotorscheibe vorgesehene Rohscheibe verlaufen. Beispielsweise kann eine Arbeitsbewegung ein Durchfahren einer Rohscheibe umfassen.

[0028] Bei einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass die Arbeitsbewegungen unterschiedliche Bewegungsrichtungen aufweisen. Dabei können die Arbeitsbewegungen beispielsweise gegenüber einander, insbesondere leicht, verkippte Trajektorien aufweisen und/oder entlang windschiefer Geraden verlaufen. Die Arbeitsbewegungen können beispielsweise einen unterschiedlichen Winkel in Bezug auf die Rotorscheiben aufweisen.

[0029] Die erfindungsgemäße Turbomolekularvakuumpumpe kann auch im Sinne der hierin beschriebenen Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens vorteilhaft weitergebildet werden und umgekehrt.

[0030] 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 Schnittnlinie A-A,
- Fig. 4 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittnlinie B-B,
- Fig. 5 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittnlinie C-C,
- Fig. 6 eine Rotorscheibe einer Turbomolekularpumpe.

- pe,
 Fig. 7 zwei Rotorscheiben einer erfindungsgemäßen Turbomolekularpumpe,
 Fig. 8 die Rotorscheiben der Fig. 7 in einer anderen perspektivischen Ansicht,
 Fig. 9 eine Rotorscheibe einer erfindungsgemäßen Turbomolekularpumpe in einer Draufsicht.

[0031] 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.

[0032] 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.

[0033] 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 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.

[0034] 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.

[0035] 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.

[0036] An der Unterseite 141 sind außerdem Befestigungsbohrungen 147 angeordnet, über welche die Pumpe 111 beispielsweise an einer Auflagefläche befestigt werden kann.

[0037] In den Figuren 2 bis 5 ist eine Kühlmittelleitung 148 dargestellt, in welcher das über die Kühlmittelanschlüsse 139 ein- und ausgeleitete Kühlmittel zirkulieren kann.

[0038] 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.

[0039] In dem Gehäuse 119 ist ein Rotor 149 angeordnet, der eine um eine Rotationsachse 151 drehbare Rotorwelle 153 aufweist.

[0040] 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.

[0041] 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.

[0042] 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.

[0043] 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.

[0044] 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.

[0045] 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.

[0046] 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.

[0047] 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 92 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.

[0048] 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 ei-

nes 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.

[0049] 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.

[0050] 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.

[0051] Der Motorstator 217 ist in dem Gehäuse inner-

halb 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.

[0052] 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.

[0053] Fig. 6 zeigt einen Teil einer Rotorscheibe 300 des Standes der Technik in einer Draufsicht bzw. einer Ansicht mit einer Sichtlinie parallel zu einer nicht näher dargestellten Rotorachse. Die Rotorscheibe 300 weist eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Schaufeln 302 auf, zwischen denen jeweilige Schaufelgründe 304 ausgebildet sind. Ein jeweiliger Schaufelgrund 304 ist im Wesentlichen gleichmäßig und als Rundung ausgebildet, die jeweilige Ober- und Unterseiten benachbarter Schaufeln 302 verbindet.

[0054] Zwei erfindungsgemäß ausgebildete Rotorscheiben 400 einer erfindungsgemäßen Turbomolekularkompumpe sind durch Fig. 7 in einer perspektivischen Ansicht gezeigt. Eine jeweilige Rotorscheibe 400 weist ebenfalls eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Schaufeln 402 auf, von denen beispielhaft zur Beschreibung der Erfindung eine erste Schaufel 402a und eine zweite Schaufel 402b herangezogen werden. Die Schaufeln 402a und 402b sind durch einen Schaufelgrund 404 verbunden. Der Schaufelgrund 404 ist durch zwei ebene Flächen 406a und 406b gebildet. Die Fläche 406a verläuft senkrecht zu einer Oberseite 408 der ersten Schaufel 402a. Die Fläche 406b verläuft senkrecht zu einer Unterseite 410 der zweiten Schaufel 402b. Die Flächen 406a und 406b sind dabei wie die Oberseite 408 und die Unterseite 410 gegenüber einander leicht windschief angeordnet.

[0055] Der Schaufelgrund 404 weist zwei als Zähne 412a und 412b ausgebildete und symmetrisch angeordnete und ausgebildete Vorsprünge auf. Die Zähne 412a und 412b sind dabei als Sprung zwischen den beiden Flächen 406a und 406b ausgebildet. Der Zahn 412a ist druckseitig an der Rotorscheibe 400 angebracht und der Zahn 412b ist saugseitig an der Rotorscheibe 400 angebracht.

[0056] Zur Herstellung einer jeweiligen Rotorscheibe 400 wird die pumpaktive Struktur, also die Schaufeln 402 und der Schaufelgrund 404, aus einer Rohscheibe herausgesägt. Dabei wird ein rotierendes Kreissägeblatt in zwei Arbeitsbewegungen durch die Rohscheibe hin-

durchgefahren, um eine Oberseite 408 der Schaufel 402a, den Schaufelgrund 404 und die Unterseite 410 der Schaufel 402b auszubilden.

[0057] Bei einer ersten Arbeitsbewegung, welche linear verläuft, werden durch das Sägeblatt die Fläche 406a und die Oberfläche 408 der Schaufel 402a jeweils eben ausgebildet. Dabei wird gegenüber der Oberfläche 408 Material belassen, welches in Verbindung mit einer zweiten, die Fläche 406b ausbildenden Arbeitsbewegung den Zahn 412a bildet. Der Zahn 412a weist also einen Abstand zur Oberfläche 408 auf, der insbesondere der Breite des verwendeten Sägeblatts entspricht. Eine erste Seitenfläche 414a verläuft dabei parallel zur Oberseite 408 der Schaufel 402a.

[0058] Wie bereits angedeutet, wird die zweite Fläche 406b zusammen mit der Unterseite 410 der Schaufel 402b durch eine zweite, ebenfalls lineare Arbeitsbewegung mit einer Kreissäge, insbesondere derselben Kreissäge, ausgebildet. Dabei verläuft die zweite Arbeitsbewegung jedoch leicht windschief zu der ersten Arbeitsbewegung in Bezug auf die Rotorscheibe. Das Kreissägeblatt belässt gegenüber der Unterseite 410 Material, welches in Verbindung mit der ersten Arbeitsbewegung den Zahn 412b bildet. Auch der Zahn 412b weist eine erste Seitenfläche 414a auf, die zu der gegenüberliegenden Schaufelfläche, hier der Unterseite 410 der Schaufel 402b, parallel verläuft und im Abstand hierzu einem Werkzeugdurchmesser entspricht.

[0059] Es versteht sich, dass die erste und die zweite Arbeitsbewegung nicht in der genannten Reihenfolge ausgeführt werden müssen. Beispielsweise kann auch die erste Arbeitsbewegung zunächst für mehrere oder alle Schaufeln durchgeführt und anschließend die zweite Arbeitsbewegung für mehrere oder alle Schaufeln durchgeführt werden. Auch kann zuerst die zweite Arbeitsbewegung und anschließend die erste Arbeitsbewegung wiederum für eine, mehrere oder alle Schaufeln durchgeführt werden.

[0060] Der Zahn 412a, beispielhaft herangezogen für die Zähne 412, ist im Wesentlichen als Dreieckspyramide ausgebildet und zeigt mit einer Spitze in Umfangsrichtung, und zwar hier in eine Drehrichtung der Rotorscheibe 400, während der Zahn 412b entgegen dieser Drehrichtung zeigt.

[0061] Der Zahn 412a weist eine zweite Seitenfläche 416a auf, die zur Unterseite 410 der Schaufel 402b parallel verläuft und mit der Fläche 406b zusammenfällt, die also durch die zweite Arbeitsbewegung ausgebildet wurde. Eine dritte Seitenfläche 418a des Zahns 412a fällt mit einer Stirnseite der Rotorscheibe 400 zusammen. Der Zahn 412b ist entsprechend ausgebildet, wobei jedoch eine zweite Seitenfläche 416b des Zahns 412b mit der Fläche 406a zusammenfällt und bei der ersten Arbeitsbewegung ausgebildet wurde. Eine dritte Seitenfläche des Zahns 412b fällt mit einer saugseitigen Stirnseite der Rotorscheibe 400 zusammen, ist jedoch in der Fig. 7 aufgrund der gewählten Perspektive nicht sichtbar.

[0062] In Fig. 8 sind die Rotorscheiben 400 der Fig. 7

in einer etwas anderen Perspektive gezeigt. Hier ist beispielsweise eine erste Seitenfläche 414b eines saugseitigen Zahns 412b besser sichtbar.

[0063] Fig. 9 zeigt in einer Draufsicht die obere der Rotorscheiben 400 der Fig. 7 und 8, wobei äußere Enden der Schaufeln 402 durch eine umlaufende Kante eines nicht näher dargestellten Flansches der Turbomolekularvakuum Pumpe verdeckt sind. Wie in Fig. 9 ersichtlich, ist an jedem der zwischen den Rotorscheiben 402 vorgesehenen Schaufelgründe 404 ein Zahn 412a vorgesehen, von dem eine dritte Seitenfläche 418a sichtbar ist. Die Zähne 412a sind in Drehrichtung geneigt.

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	Kühlmittleitung
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
197	Ringmagnet
199	Lagerspalt
5 201	Trägerabschnitt
203	Trägerabschnitt
205	radiale Strebe
207	Deckelelement
209	Stützring
10 211	Befestigungsring
213	Tellerfeder
215	Not- bzw. Fanglager
217	Motorstator
219	Zwischenraum
15 221	Wandung
223	Labyrinthdichtung
300	Rotorscheibe
302	Schaufel
304	Schaufelgrund
20 400	Rotorscheibe
402	Schaufel
404	Schaufelgrund
406	Fläche
408	Oberseite
25 410	Unterseite
412	Zahn
414	erste Seitenfläche
416	zweite Seitenfläche
418	dritte Seitenfläche
30	

Patentansprüche

1. Turbomolekularvakuum Pumpe umfassend
35 wenigstens zwei benachbart angeordnete Rotorscheiben (400), die jeweils eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Schaufeln (402) aufweisen, welche sich jeweils ausgehend von einem Schaufelgrund (404) radial nach außen erstrecken,
40 wobei an wenigstens einem Schaufelgrund (404) einer jeweiligen Rotorscheibe (400) wenigstens ein, insbesondere zahnartiger, Vorsprung (412) vorgesehen ist.
2. Turbomolekularvakuum Pumpe nach Anspruch 1,
45 **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vorsprung (412) an einem saugseitigen und/oder druckseitigen Ende des Schaufelgrundes (404) ausgebildet ist.
3. Turbomolekularvakuum Pumpe nach Anspruch 1 oder 2,
50 **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vorsprung (412) jeweils durch einen Sprung zwischen zwei Flächen (406) des Schaufelgrundes (404) gebildet ist.

4. Turbomolekularvakuumpumpe nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Flächen (406) eben sind.
5. Turbomolekularvakuumpumpe nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Vorsprung (412) eine erste Seitenfläche (414) aufweist, die zu einer ersten benachbarten Schaufel (402) zumindest im Wesentlichen parallel verläuft.
6. Turbomolekularvakuumpumpe nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Vorsprung (412) jeweils eine zweite Seitenfläche (416) aufweist, die zu einer zweiten benachbarten Schaufel (402) zumindest im Wesentlichen senkrecht verläuft.
7. Turbomolekularvakuumpumpe nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
an dem Schaufelgrund (404) zwei in Pumprichtung einander gegenüberliegende Vorsprünge (412) ausgebildet sind.
8. Turbomolekularvakuumpumpe nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Pumpe eine Lagerung für einen die Rotorscheiben tragenden Rotor aufweist, wobei ein erstes Lager der Lagerung als ein Wälzlager und ein zweites Lager der Lagerung als ein Magnetlager ausgebildet sind.
9. Turbomolekularvakuumpumpe nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Rotorscheiben (400) zu einem gemeinsamen Bauteil zusammengefasst sind.
10. Verfahren zur Herstellung einer Turbomolekularvakuumpumpe mit wenigstens zwei benachbarten Rotorscheiben (400), die jeweils eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Schaufeln (402) aufweisen, welche sich jeweils ausgehend von einem Schaufelgrund (404) radial nach außen erstrecken,
wobei an wenigstens einem Schaufelgrund (404) einer jeweiligen Rotorscheibe (400) wenigstens ein, insbesondere zahnartiger, Vorsprung (412) ausgebildet wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Schaufeln (402) jeweils einschließlich des Vorsprungs (412) durch Heraussägen aus einer Rohscheibe erzeugt werden.
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Vorsprung (412) durch zwei Arbeitsbewegungen eines Bearbeitungswerkzeugs ausgebildet wird, die zwei Flächen (406) am Schaufelgrund (404) und dabei den Vorsprung (412) als einen Sprung zwischen den Flächen (406) ausbilden.
13. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 10 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
jeweils eine Oberseite (408) einer ersten Schaufel (402) und eine gegenüberliegende Unterseite (410) einer benachbarten Schaufel (402) durch eine jeweilige von zwei Arbeitsbewegungen eines Bearbeitungswerkzeugs ausgebildet werden.
14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine jeweilige Arbeitsbewegung linear verläuft.
15. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 12 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Arbeitsbewegungen unterschiedliche Bewegungsrichtungen aufweisen.

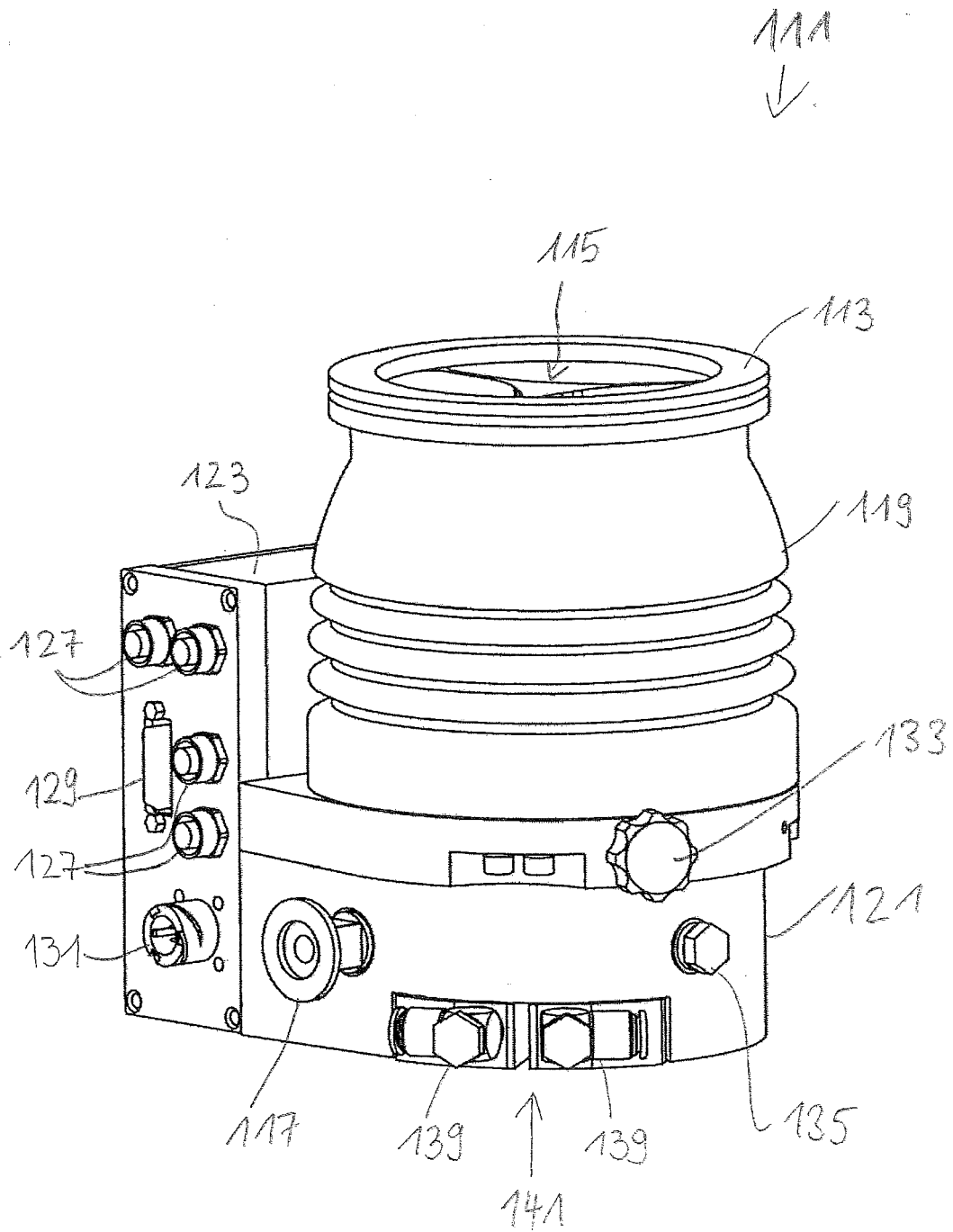


Fig. 1

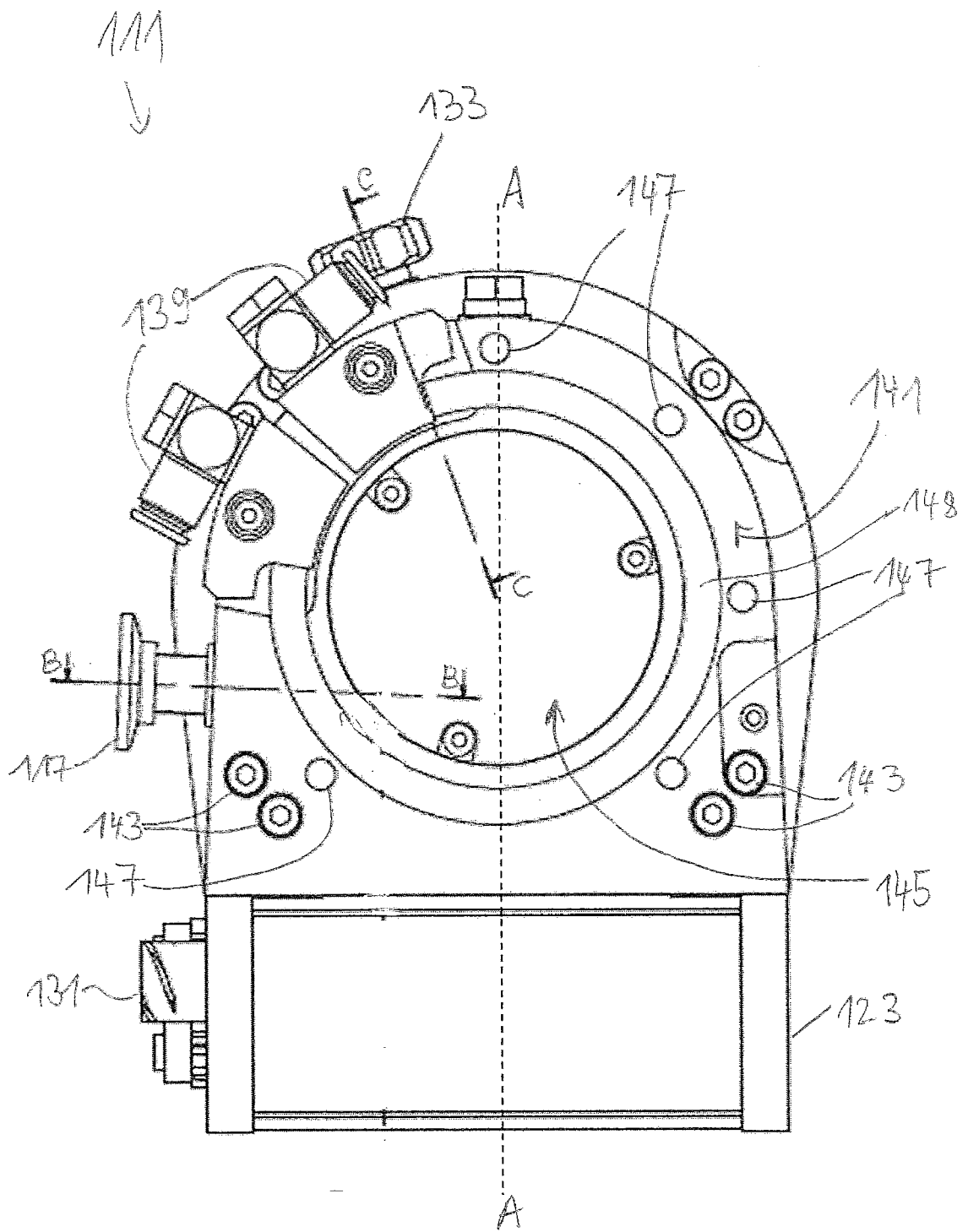


Fig. 2

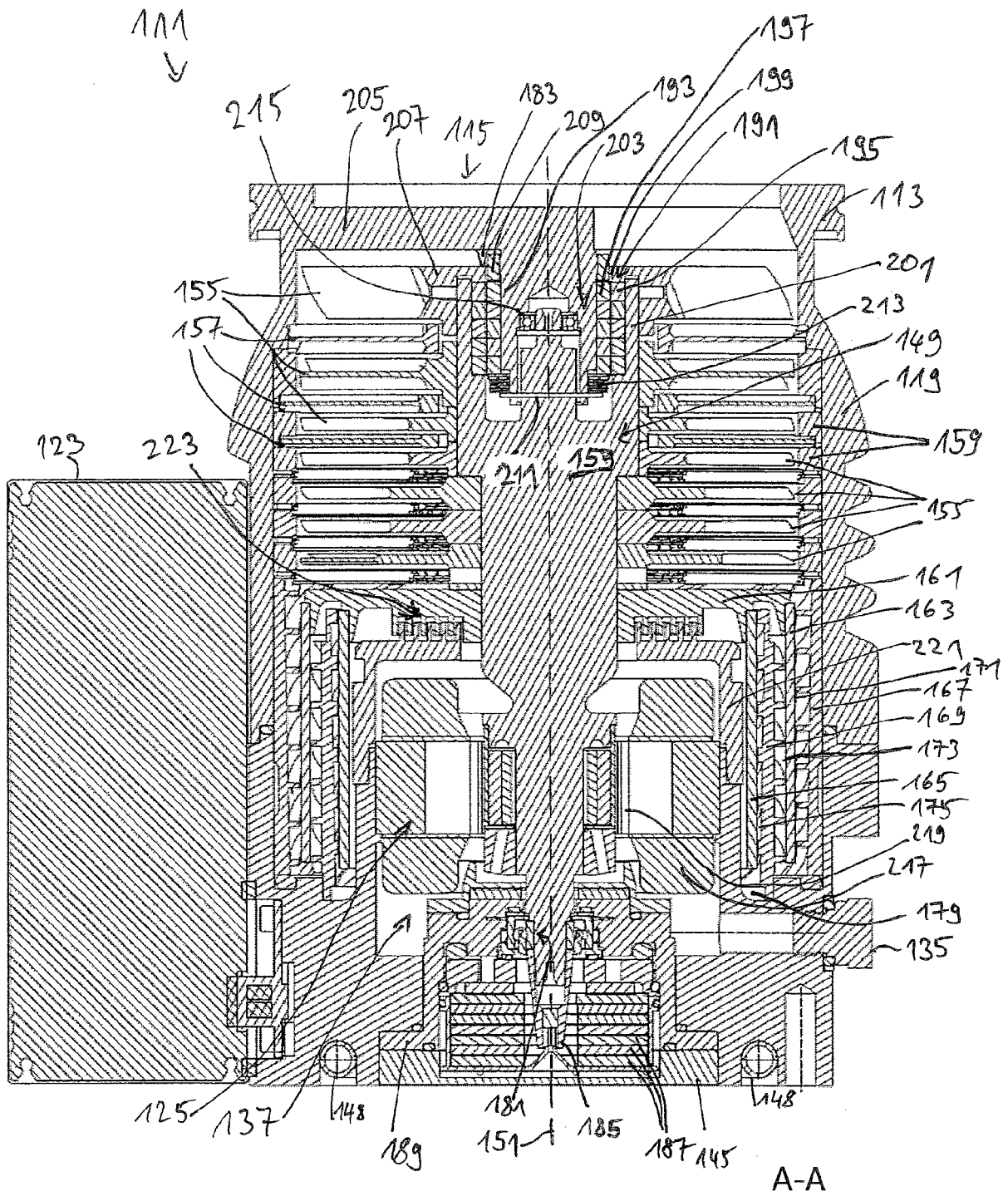


Fig. 3

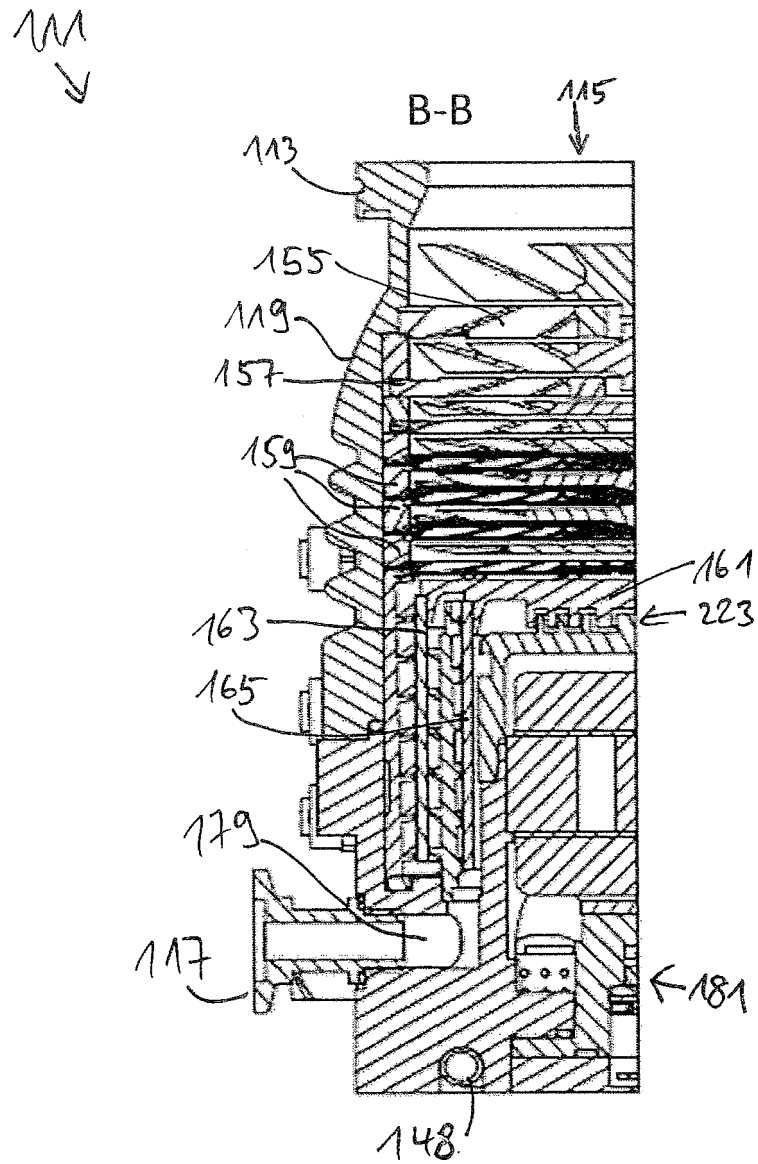


Fig. 4

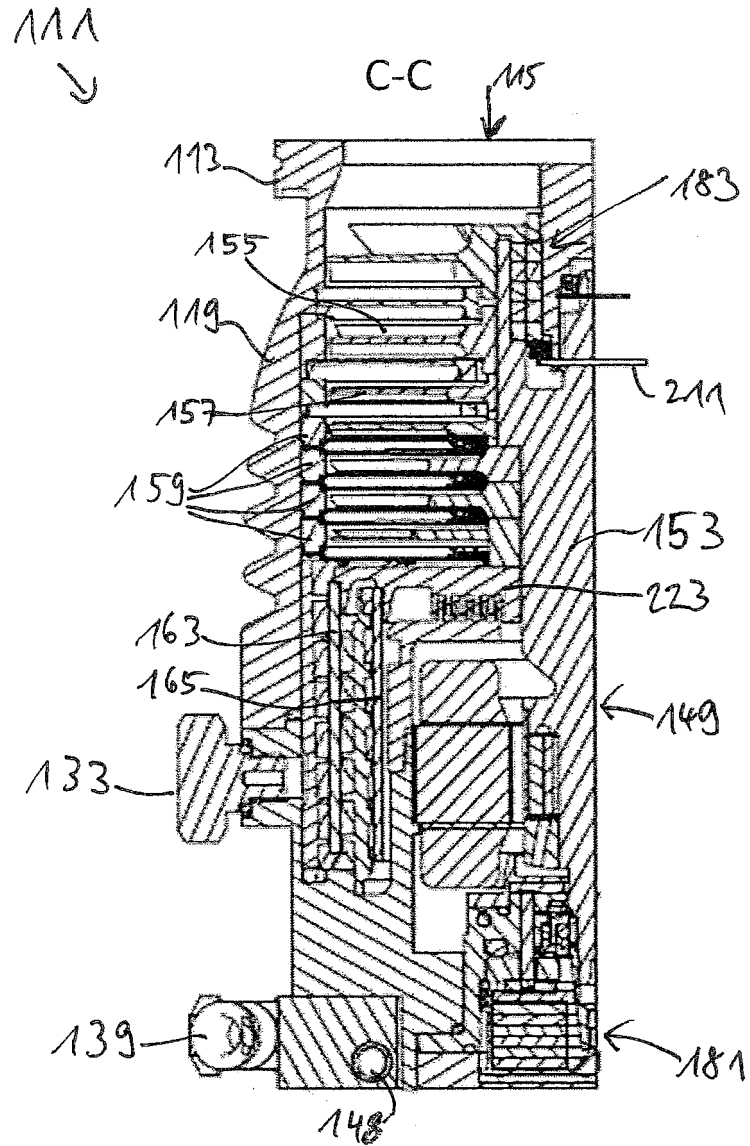


Fig. 5

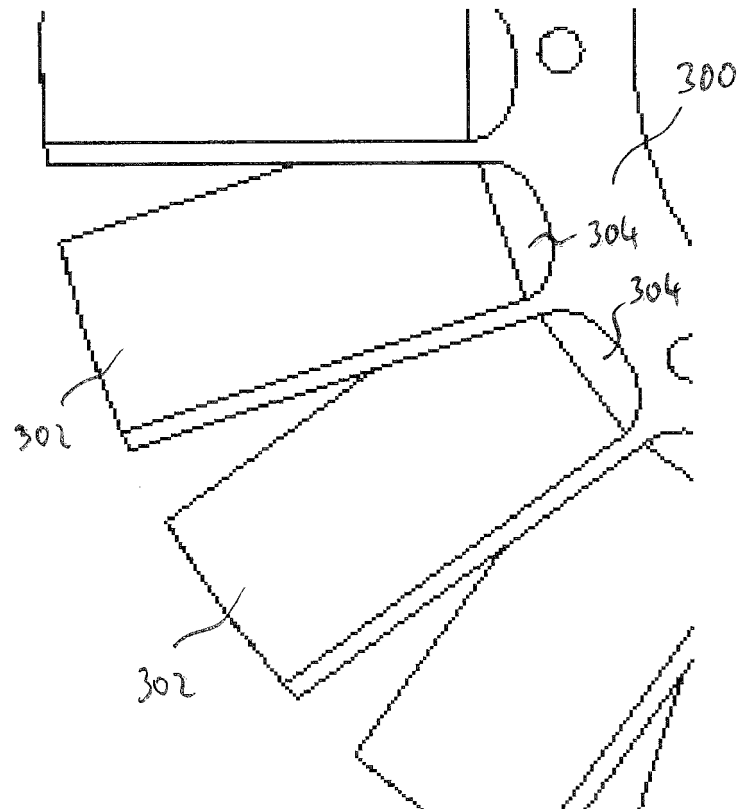


Fig. 6

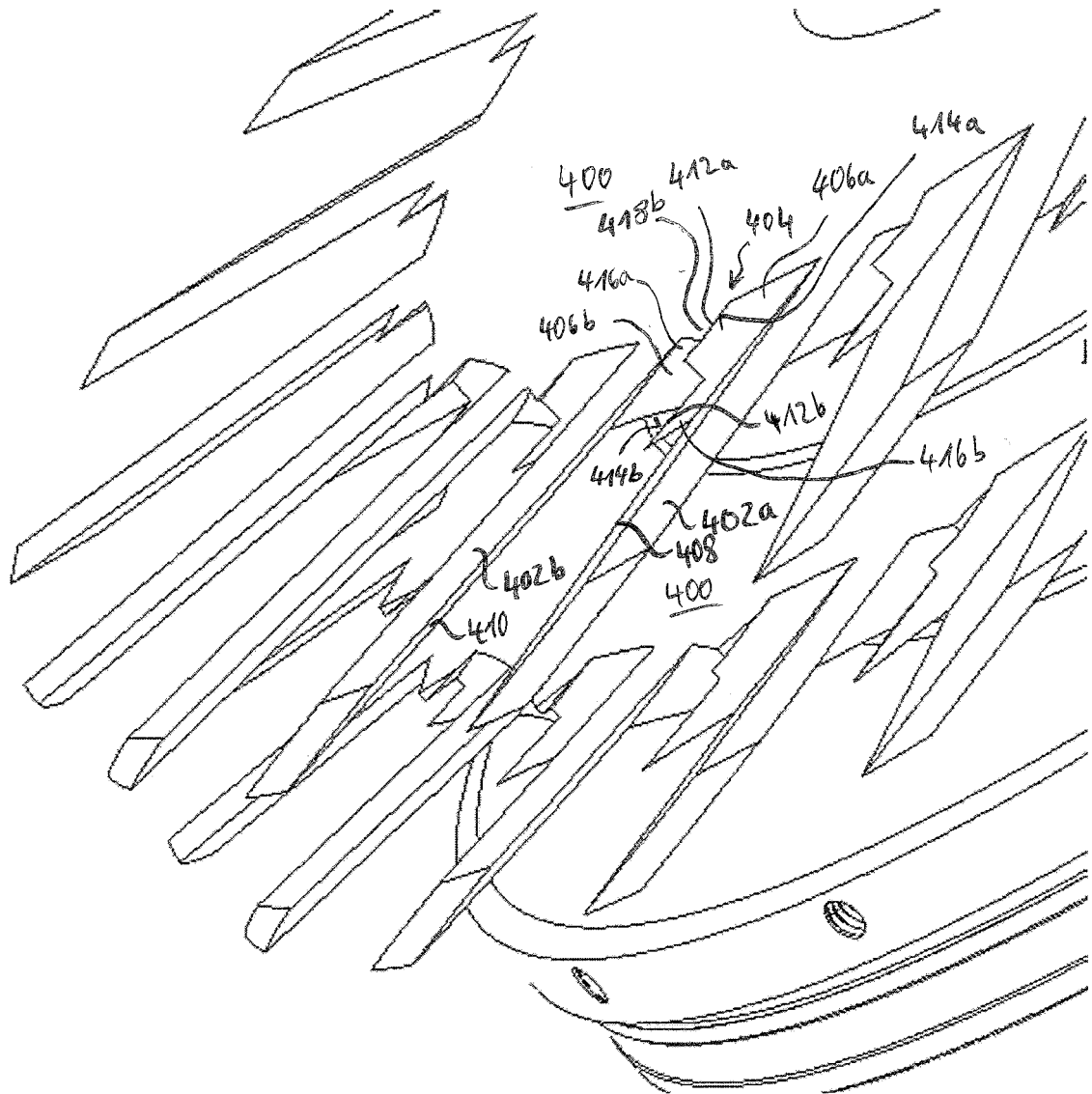


Fig. 7

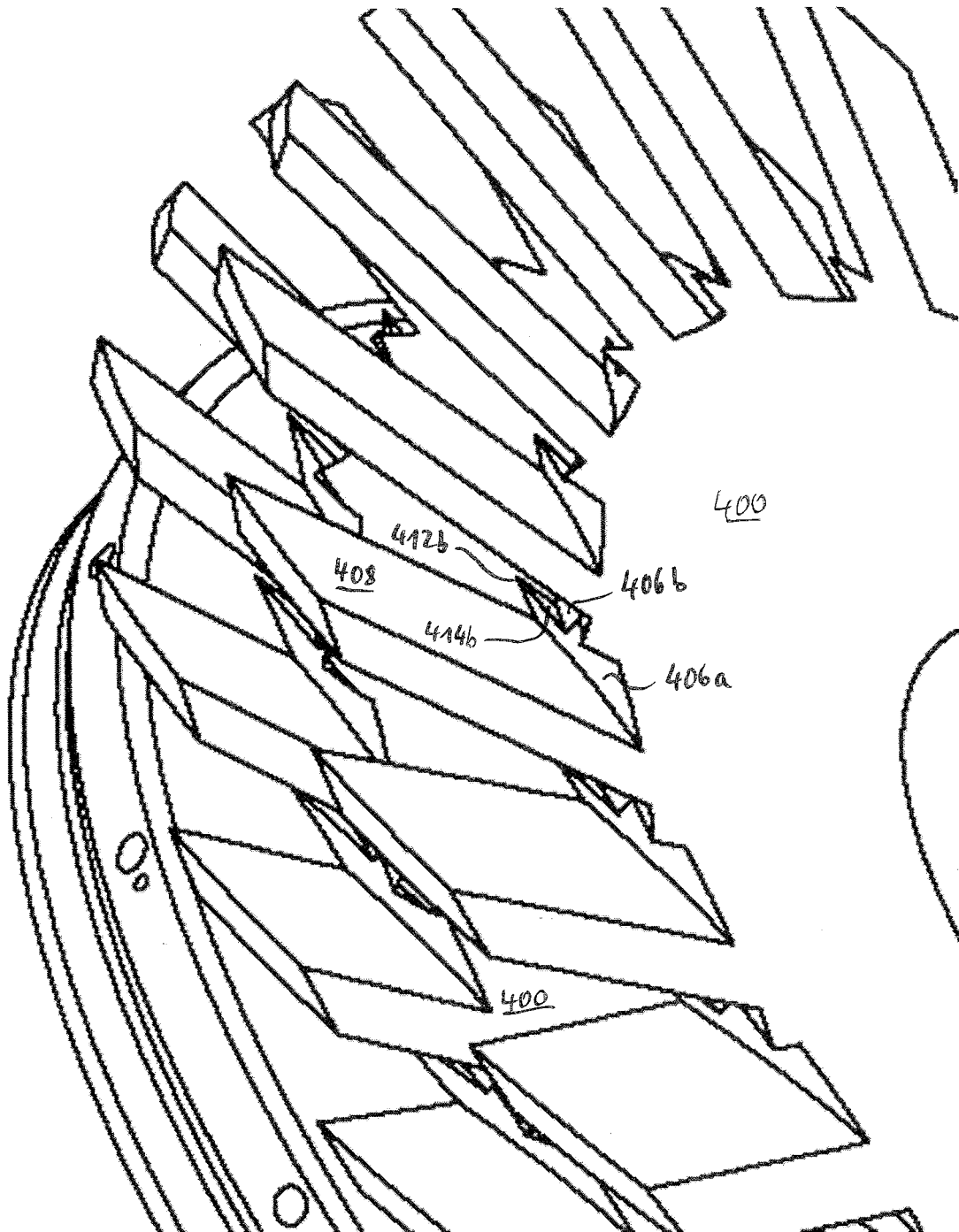


Fig. 8

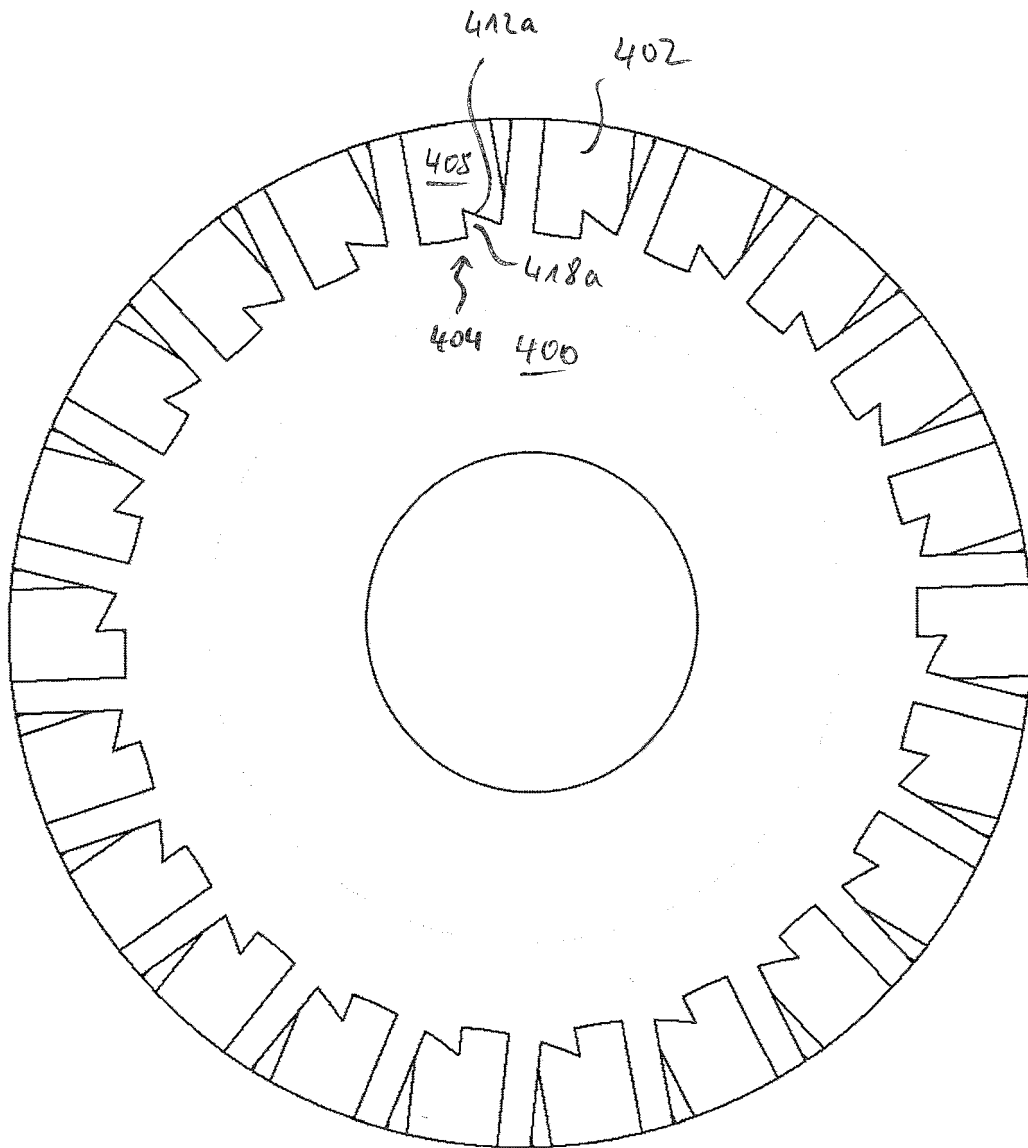


Fig. 9



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 17 19 4409

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	DE 10 2008 056352 A1 (OERLIKON LEYBOLD VACUUM GMBH [DE]) 12. Mai 2010 (2010-05-12)	1,2,8-10	INV. F04D19/04 F04D29/32 F04D29/38 F04D29/66
A	* Ansprüche 1-11; Abbildungen 1-3 * -----	11-15	
X	JP H05 106588 A (NTN TOYO BEARING CO LTD) 27. April 1993 (1993-04-27)	1-10	
A	* Zusammenfassung; Abbildung 2 * -----	11-15	
X	JP S60 203375 A (HITACHI LTD) 14. Oktober 1985 (1985-10-14)	1-10	
A	* Zusammenfassung; Abbildung 3 * -----	11-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 3. April 2018	Prüfer de Martino, Marcello
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 17 19 4409

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.

03-04-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 102008056352 A1	12-05-2010	DE 102008056352 A1	12-05-2010
			EP 2344769 A1	20-07-2011
15			EP 2775149 A1	10-09-2014
			JP 2012508340 A	05-04-2012
			WO 2010052056 A1	14-05-2010

	JP H05106588 A	27-04-1993	JP 3160039 B2	23-04-2001
20			JP H05106588 A	27-04-1993

	JP S60203375 A	14-10-1985	KEINE	

25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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