

(19)



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 4 206 474 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
05.07.2023 Patentblatt 2023/27

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F04D 19/04^(2006.01) F04D 29/58^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21218345.3**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
**F04D 19/04; F04D 29/5826; F04D 29/5853;
F05D 2260/22141**

(22) Anmeldetag: **30.12.2021**

(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

(72) Erfinder:
• **BRÜCK, Heiko**
35644 Hohenahr (DE)
• **LOHSE, Martin**
35586 Wetzlar (DE)
• **SCHWEIGHÖFER, Michael**
35641 Schöffengrund (DE)

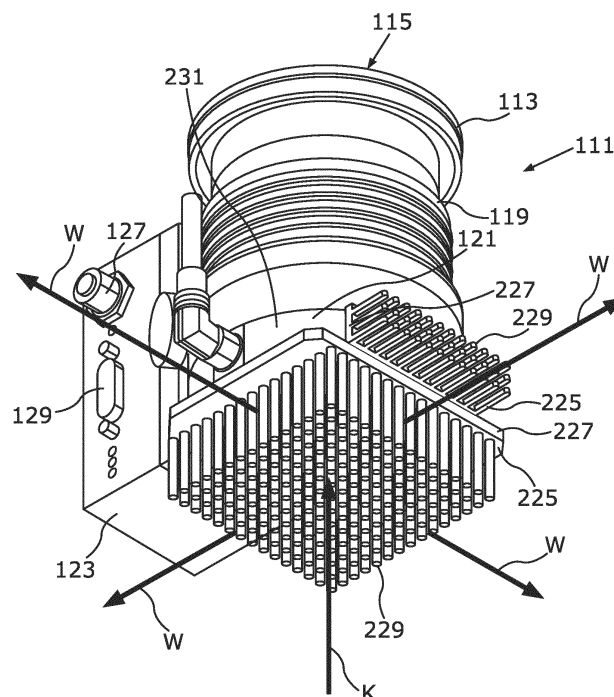
(71) Anmelder: **Pfeiffer Vacuum Technology AG**
35614 Asslar (DE)

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

(54) **VAKUUMPUMPE**

(57) Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekular-
vakuumpumpe, mit einem Gehäuse, in dem ein um eine
Rotationsachse drehbarer Rotor und ein Antriebsmotor
zum Antreiben des Rotors angeordnet sind und das eine
zumindest einen Teil des Pumpenäußeren bildende Au-
ßenseite aufweist, wobei an der Außenseite des Gehäu-

ses zumindest eine Kühlanordnung vorgesehen ist, die
eine Vielzahl von stabförmigen, nach außen abstehen-
den Kühlelementen umfasst und/oder die eine Vielzahl
von gekrümmten, nach außen abstehenden Kühlrippen
umfasst.

**Fig.6****EP 4 206 474 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularvakuumpumpe, mit einem Gehäuse, in dem ein um eine Rotationsachse drehbarer Rotor und ein Antriebsmotor zum Antreiben des Rotors angeordnet sind und das eine zumindest einen Teil des Pumpenäußeren bildende Außenseite aufweist.

[0002] Eine derartige Vakuumpumpe ist grundsätzlich bekannt und dient beispielsweise in einem Vakuumsystem zur Evakuierung eines Rezipienten.

[0003] Während des Betriebs der Vakuumpumpe kann Wärme entstehen, beispielsweise durch in dem Rotor induzierte Wirbelströme, aber auch durch den Antriebsmotor, elektrische Komponenten oder Reibung in einem zur Lagerung des Rotors verwendeten Lager, wie zum Beispiel einem Wälzlager. Die Wärme kann sich nicht nur auf die Betriebsfähigkeit der Vakuumpumpe nachteilig auswirken, sondern auch auf das die Vakuumpumpe umfassende Vakuumsystem oder auf einen mit dem Vakuumsystem durchgeführten Arbeitsprozess.

[0004] Zur Abführung der Wärme besteht eine bekannte Möglichkeit darin, auf der Außenseite des Gehäuses gerade Kühlrippen oder Kühl lamellen vorzusehen. Die Wärme kann dabei auf passive Weise durch Konvektions- oder Strahlungskühlung oder auf aktive Weise unter Verwendung eines einen Luftstrom erzeugenden Gebläses von den Kühlrippen abgeführt werden.

[0005] Für eine besonders effiziente Wärmeabführung ist es erforderlich, dass der Luftstrom möglichst parallel zur Längserstreckung der geraden Kühlrippen ausgerichtet ist. Hierfür sind jedoch besondere Maßnahmen - konstruktiver Art oder die Einbausituation, wie z.B. die Einbaulage, der Vakuumpumpe betreffend - nötig, die verhindern sollen, dass der Luftstrom quer zu den Kühlrippen ausgerichtet ist, denn ein quer zu den Kühlrippen ausgerichteter Luftstrom würde durch die Kühlrippen blockiert oder zumindest abgeschwächt werden. Infolgedessen gelangt der Luftstrom nicht mehr zu sämtlichen Bereichen der Kühlrippen, so dass die Wärmeabführung insgesamt gemindert ist.

[0006] Eine Aufgabe der Erfindung besteht daher darin, eine Vakuumpumpe zu schaffen, welche die genannten Nachteile überwindet und welche insbesondere eine einfachere und bessere Wärmeabführung ermöglicht.

[0007] Die Aufgabe wird durch eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst und insbesondere dadurch, dass an der Außenseite des Gehäuses zumindest eine Kühlanordnung vorgesehen ist, die eine Vielzahl von stabförmigen, nach außen abstehenden Kühlelementen umfasst und/oder die eine Vielzahl von gekrümmten, nach außen abstehenden Kühlrippen umfasst.

[0008] Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, zur Abführung der während des Betriebs der Vakuumpumpe entstehenden Wärme anstelle der bisher verwendeten geraden Kühlrippen oder ähnlicher Strukturen eine Vielzahl stabförmiger, nach außen abstehender Kühlele-

mente und/oder eine Vielzahl von gekrümmten, nach außen abstehenden Kühlrippen zu verwenden.

[0009] Durch den gekrümmten Verlauf können die Kühlrippen besser an die Oberflächengestaltung des Gehäuses der Vakuumpumpe angepasst werden. Der Luftstrom lässt sich somit besser entlang der Oberfläche des Gehäuses leiten, wodurch die Wärme besser von der Vakuumpumpe abgeführt werden kann.

[0010] Die stabförmigen Kühlelemente weisen zum einen aufgrund ihrer Stäbchenform im Vergleich zu den Kühlrippen ein größeres Oberflächen-zu-Volumen-Verhältnis auf.

[0011] Hierdurch vergrößert sich die wärmeabgebende Gesamtoberfläche der Kühlanordnung, so dass die Wärme insgesamt besser abgeführt werden kann.

[0012] Durch die stabförmige Ausgestaltung der auch als Kühlstäbchen bezeichneten Kühlelemente sind zum anderen zwischen den einzelnen Kühlstäbchen offene, miteinander verbundene Zwischenräume ausgebildet, welche als Durchlässe für einen Luftstrom dienen können. Hierdurch kann die Luft an den Kühlstäbchen nahezu ungehindert und in allen Richtungen vorbeiströmen. Die Kühlstäbchen sorgen also dafür, dass ein Luftstrom aufgeteilt und im Wesentlichen gleichmäßig über die Kühlanordnung verteilt wird. Durch die Kühlstäbchen vergrößert sich somit die anströmbare Gesamtoberfläche der Kühlanordnung, wodurch mehr Wärme abgeführt werden kann.

[0013] Indem der Luftstrom sowohl an den Kühlstäbchen vorbeiströmt als auch an diesen in unterschiedliche Richtungen abgelenkt wird, kann der Luftstrom richtungsunabhängig, d.h. in verschiedene Richtungen, von der Kühlanordnung entweichen. Die mit den Kühlstäbchen versehene Kühlanordnung ermöglicht somit eine praktisch isotrope Wärmeabführung.

[0014] Es ist nicht ausgeschlossen, dass die Kühlanordnung zusätzlich zu den Kühlstäbchen auch ein oder mehrere Führungselemente, beispielsweise in Form von konventionellen Kühlrippen, zur gezielten Führung der Luft aufweisen kann. Es ist ferner möglich, dass mehrere Kühlstäbchen im Bereich ihrer freien Enden miteinander verbunden sind und auf diese Weise eine Wand mit Durchlässen bilden, womit ebenfalls ein Durchströmen der Kühlanordnung in vielen Richtungen ermöglicht wird.

[0015] Durch die gleichmäßige Verteilung von einströmender Luft mittels der Kühlanordnung ist es unerheblich, aus welcher Richtung die Kühlanordnung angeströmt wird.

[0016] Ein Luftstrom kann beispielsweise mittels eines Gebläses erzeugt werden, wobei die Kühlanordnung saug- oder druckseitig angeordnet ist.

[0017] Zur gezielten Zuführung des Luftstroms kann ein auf die Kühlanordnung gerichteter Zuluftkanal vorgesehen sein. Zusätzlich oder alternativ kann zur gezielten Abführung der an der Kühlanordnung erwärmten Luft ein von der Kühlanordnung wegführender Abluftkanal vorgesehen sein. Wie nachstehend im Zusammenhang mit Fig. 7 genauer erläutert wird, kann der Abluftkanal ins-

besondere dazu verwendet werden, unter Ausnutzung eines Kamineffekts eine Luftströmung zu erzeugen.

[0018] Durch die Verwendung von stabförmigen Kühlelementen, in Kombination mit mindestens einem entsprechend positioniertem Zuluft- und/oder Abluftkanal und mindestens einem Gebläse, können die Kühlwirkung optimiert, die Ein- und Auslasspositionen der Luft vorgegeben und die Luftmengen kontrolliert geregelt, gelenkt und verteilt werden.

[0019] Die gleichmäßige Verteilung von Luft entlang der Kühlanordnung lässt ferner eine weitgehend freie Wahl der Formgebung der Kühlanordnung zu. Die Form der Kühlanordnung kann daher optimal an die Kontur der Außenseite der Vakuumpumpe angepasst werden, so dass sich freie Flächen an der Außenseite der Vakuumpumpe zu Kühlzwecken besser nutzen lassen.

[0020] Anhand der vorstehend beschriebenen Vorteile wird deutlich, dass die Verwendung einer mit einer Vielzahl von stabförmigen Kühlelementen versehenen Kühlanordnung für eine bessere Kühlung der Vakuumpumpe sorgt, als dies mit reinen Rippenstrukturen möglich wäre.

[0021] Weitere vorteilhafte Ausbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen zu entnehmen.

[0022] Gemäß einer besonders einfach zu realisierenden Ausgestaltung können die stabförmigen Kühlelemente einen konstanten Querschnitt aufweisen. Es ist aber auch möglich, dass sich der Querschnitt der stabförmigen Kühlelemente nach außen hin verjüngt oder vergrößert. Grundsätzlich sind auch Ausgestaltungen möglich, bei welchen sich der Querschnitt der stabförmigen Kühlelemente stetig oder unstetig ändert.

[0023] Die stabförmigen Kühlelemente können grundsätzlich eine beliebige Grundflächenform aufweisen. Beispielsweise können die stabförmigen Kühlelemente eine beliebige polygonale Grundflächenform aufweisen. Diese kann z.B. oval, dreieckig oder rechteckig sein. Besonders bevorzugt weisen die stabförmigen Kühlelemente eine runde, insbesondere eine ovale oder kreisrunde, Grundfläche auf.

[0024] Vorzugsweise sind sämtliche Kühlelemente hinsichtlich ihres Querschnitts sowie ihrer Grundfläche gleichartig ausgestaltet. Es ist aber auch möglich, dass die stabförmigen Kühlelemente zumindest teilweise verschieden ausgestaltet sind.

[0025] Bevorzugt sind die stabförmigen Kühlelemente regelmäßig angeordnet und bilden ein regelmäßiges Rastermuster. Dabei können die stabförmigen Kühlelemente in Reihen und Spalten angeordnet sein. Die stabförmigen Kühlelemente können aber auch in Reihen versetzt zueinander angeordnet sein. Die stabförmigen Kühlelemente können auch zumindest abschnittsweise entlang mindestens einer Kreislinie angeordnet sein. Vorteilhafterweise können mehrere stabförmige Kühlelemente entlang verschiedener Kreislinien mit jeweils unterschiedlichen Radien angeordnet sein. Die stabförmigen Kühlelemente können außerdem in Reihen oder all-

gemein Mustern angeordnet sein, welche ausgehend von einem Punkt radial oder spiralförmig nach außen verlaufen oder allgemein zentrisch auf einen Punkt hin angeordnet sind. Durch eine regelmäßige Anordnung der stabförmigen Kühlelemente wird eine besonders gleichmäßige Verteilung eines Luftstroms ermöglicht.

[0026] Grundsätzlich können die stabförmigen Kühlelemente auch unregelmäßig, beispielsweise gemäß einer zufälligen Verteilung, angeordnet sein.

[0027] Die Kühlanordnung kann zumindest teilweise aus Materialien bestehen, deren Wärmeleitfähigkeit mindestens $100 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, vorzugsweise mindestens $200 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ und besonders bevorzugt mindestens $300 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ beträgt. Als bevorzugte Materialien können dabei wärmeleitfähige Kunststoffe, Metalle oder Metalllegierungen verwendet werden. Unter den Metallen zeichnen sich dabei besonders Aluminium oder Kupfer aufgrund ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit aus. Als beispielhafte Metalllegierungen eignen sich daher besonders Legierungen aus Aluminium und/oder Kupfer.

[0028] Die Kühlanordnung kann außerdem zumindest abschnittsweise eine die Wärmeabstrahlung erhöhende Oberfläche aufweisen, beispielsweise indem die Oberfläche der Kühlanordnung eine geeignete Strukturierung aufweist. Zusätzlich oder alternativ kann die Kühlanordnung auch eine die Wärmeabstrahlung erhöhende Oberflächenbeschichtung aufweisen. Insbesondere kann die Kühlanordnung eine zumindest abschnittsweise geschwärzte und/oder eloxierte Oberfläche oder Oberflächenbeschichtung aufweisen.

[0029] Vorzugsweise ist die Kühlanordnung an einem Abschnitt des Gehäuses vorgesehen, welcher eine wärmeerzeugende Komponente der Vakuumpumpe aufnimmt. Insbesondere kann es sich bei der wärmeerzeugenden Komponente um den Rotor, den Antriebsmotor und/oder ein Lager, insbesondere ein Wälzlager oder ein Magnetlager, zur Lagerung des Rotors handeln. Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung kann der die wärmeerzeugende Komponente aufnehmende Abschnitt ein Unterteil des Gehäuses bilden, welches einen zu einem Einlass der Pumpe abgewandten Endabschnitt des Rotors aufnimmt. Vorzugsweise weist das Unterteil einen Auslass der Pumpe auf.

[0030] Grundsätzlich kann die Kühlanordnung aber auch an einem Abschnitt des Gehäuses vorgesehen sein, welcher durch eine zu der Vakuumpumpe separate, externe Wärmequelle erwärmt wird, beispielsweise durch Wärmeentwicklung von dem Vakuumsystem oder einem Ausheizelement.

[0031] Die Kühlanordnung weist vorzugsweise einen Grundkörper auf, von welchem die Kühlelemente abstehen. Dabei können die Kühlelemente einteilig mit dem Grundkörper ausgebildet sein. Es ist aber auch möglich, dass die Kühlelemente als separate, an dem Grundkörper einzeln oder gruppenweise befestigte Teile vorgesehen sind. Hierdurch können die Kühlelemente gezielt an spezifische Beschaffenheiten der Vakuumpumpe angepasst werden. So können beispielsweise Materialien mit

besonders hoher Wärmeleitfähigkeit dort eingesetzt werden, wo eine besonders starke Wärmeentwicklung zu erwarten ist.

[0032] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung kann der Grundkörper von einem Abschnitt des Gehäuses gebildet sein. Mit anderen Worten ist die Kühlanordnung ein Bestandteil des Gehäuses, insbesondere kann die Kühlanordnung eine Wandung des Gehäuses bilden. Hierdurch ergibt sich der Vorteil, dass die Wärme über die Kühlanordnung direkt und somit besonders effizient von den wärmeerzeugenden Komponenten abgeführt werden kann. Ferner kann hierdurch die Kühlanordnung bereits bei der Herstellung des Gehäuses ausgebildet werden.

[0033] Gemäß einer alternativen Ausgestaltung kann der Grundkörper auch als ein zu dem Gehäuse separates Bauteil ausgebildet sein. Hierdurch kann der Grundkörper aus einem anderen Material als das Gehäuse gefertigt werden. Insbesondere kann der Grundkörper dabei aus einem Material mit höherer Wärmeleitfähigkeit gefertigt werden, so dass hierdurch die Wärme besonders effizient abgeführt werden kann.

[0034] Vorzugsweise ist der zu dem Gehäuse separat ausgebildete Grundkörper mittels eines Befestigungsmittels an dem Gehäuse angebracht. Beispielsweise kann der Grundkörper mittels eines wärmeleitfähigen Fügmittels, wie zum Beispiel eines wärmeleitfähigen Klebstoffs, mit dem Gehäuse verbunden sein. Es ist aber auch möglich, den Grundkörper mit dem Gehäuse mechanisch zu verbinden, beispielsweise mittels einer Schraub-, Niet-, Clips- oder Klemmverbindung. Zur Erhöhung der Wärmeübertragung zwischen dem Grundkörper und dem Gehäuse der Pumpe kann dabei zusätzlich eine Wärmeleitpaste oder ein anderes für eine Wärmekopplung geeignetes Zwischenmaterial vorgesehen sein.

[0035] Bevorzugt weist die Kühlanordnung auf einer zu den Kühlelementen abgewandten Seite eine Grundfläche auf, welche zu einer Oberflächengestaltung der Außenseite des Gehäuses zumindest abschnittsweise komplementär ausgebildet ist. Hierdurch kann sich die Kühlanordnung über ihre Grundfläche gewissermaßen an die Gehäuseaußenseite anschmiegen.

[0036] Eine vorteilhafte Weiterbildung sieht vor, dass eine Grundfläche der Kühlanordnung eine zu einer an der Außenseite des Gehäuses ausgebildeten Erhöhung oder Vertiefung zumindest abschnittsweise komplementär ausgebildete Aussparung aufweist. Insbesondere kann dabei eine die Kühlanordnung seitlich begrenzende Umrandung zu der Erhöhung oder Vertiefung komplementär ausgebildet sein. Alternativ kann die Umrandung der Kühlanordnung zumindest abschnittsweise komplementär zu einer Grundfläche der Erhöhung oder Vertiefung ausgebildet sein.

[0037] Auf diese Weise kann die Kühlanordnung optimal an die geometrischen Gegebenheiten der Gehäuseaußenseite angepasst werden.

[0038] Des Weiteren kann der Grundkörper mindes-

tens eine Durchgangsöffnung aufweisen. Beispielsweise kann die Durchgangsöffnung komplementär zu einer Erhöhung oder Vertiefung an der Gehäuseaußenseite ausgebildet sein, so dass der Grundkörper der Kühlanordnung die Erhöhung oder Vertiefung umgibt. Des Weiteren kann in der Durchgangsöffnung eine Funktionseinheit der Vakuumpumpe, z.B. ein Gebläse, vorgesehen sein. Die Durchgangsöffnung kann auch zur Aufnahme eines Befestigungsmittels zur Befestigung der Kühlanordnung an dem Gehäuse der Vakuumpumpe dienen.

[0039] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen:

- 15 Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Turbomolekularpumpe,
- Fig. 2 eine Ansicht der Unterseite der Turbomolekularpumpe von Fig. 1,
- 20 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,
- 25 Fig. 5 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittnlinie C-C,
- 30 Fig. 6 eine perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Turbomolekularvakuumpumpe gemäß einer Ausführungsform,
- 35 Fig. 7 die Turbomolekularvakuumpumpe von Fig. 6 in einer anderen Einbausituation,
- Fig. 8 eine perspektivische Detailansicht eines Unterteils einer erfindungsgemäßen Turbomolekularvakuumpumpe gemäß einer weiteren Ausführungsform, und
- 40 Fig. 9 eine perspektivische Detailansicht gekrümmter Kühlrippen für die Verwendung zusammen mit dem Unterteil von Fig. 8.
- 45

[0040] Die Fig. 1 bis 5 zeigen eine bekannte Vakuumpumpe in Form einer Turbomolekularvakuumpumpe 111, welche entsprechend den im Zusammenhang mit Fig. 6 bis 8 beschriebenen erfindungsgemäßen Vakuumpumpen 111 ausgebildet sein kann. Umgekehrt gelten die nachfolgenden Ausführungen in Verbindung mit den Fig. 1 bis 5 auch für die erfindungsgemäßen Vakuumpumpen der Fig. 6 bis 8.

[0041] Die in Fig. 1 gezeigte Turbomolekularpumpe 111 umfasst einen von einem Einlassflansch 113 umgebenen Pumpeneinlass 115, an welchen in an sich be-

kannter 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.

[0042] 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 Antriebsmotors 125, welcher hier als Elektromotor 125 ausgebildet ist (vgl. auch Fig. 3). Am Elektronikgehäuse 123 sind mehrere Anschlüsse 127 für Zubehör vorgesehen. Außerdem sind eine Datenschnittstelle 129, z.B. gemäß dem RS485-Standard, und ein Stromversorgungsanschluss 131 am Elektronikgehäuse 123 angeordnet.

[0043] Es existieren auch Turbomolekularpumpen, die kein derartiges angebrachtes Elektronikgehäuse aufweisen, sondern an eine externe Antriebselektronik angeschlossen werden.

[0044] Am Gehäuse 119 der Turbomolekularpumpe 111 ist ein Fluteinlass 133, insbesondere in Form eines Flutventils, vorgesehen, über den die Vakuumpumpe 111 geflutet werden kann. Im Bereich des Unterteils 121 ist ferner noch ein Sperrgasanschluss 135, der auch als Spülgasanschluss bezeichnet wird, angeordnet, über welchen Spülgas zum Schutz des Elektromotors 125 (siehe z.B. Fig. 3) vor dem von der Pumpe geförderten Gas in den Motorraum 137, in welchem der Elektromotor 125 in der Vakuumpumpe 111 untergebracht ist, eingelassen werden kann. Im Unterteil 121 sind ferner noch zwei Kühlmittelanschlüsse 139 angeordnet, wobei einer der Kühlmittelanschlüsse als Einlass und der andere Kühlmittelanschluss als Auslass für Kühlmittel vorgesehen ist, das zu Kühlzwecken in die Vakuumpumpe geleitet werden kann. Zusätzlich oder alternativ kann eine Luftkühlung vorgesehen sein, wie im Zusammenhang mit Fig. 6 bis 8 noch genauer erläutert wird.

[0045] Die untere Seite 141 der Vakuumpumpe 111 kann grundsätzlich als Standfläche dienen, sodass die Vakuumpumpe 111 auf der Unterseite 141 stehend betrieben werden kann. Wie nachfolgend im Zusammenhang mit Fig. 6 bis 8 erläutert wird, kann an der Unterseite 141 der Vakuumpumpe 111 aber auch zur zumindest abschnittswisen Kühlung der Vakuumpumpe 111 eine Kühlanordnung 225 vorgesehen sein. Die Vakuumpumpe 111 ist dann vorzugsweise über den Einlassflansch 113 an einem Rezipienten befestigt und kann so gewissermaßen hängend betrieben werden. Außerdem kann die Vakuumpumpe 111 so gestaltet sein, dass sie auch in Betrieb genommen werden kann, wenn sie auf andere Weise ausgerichtet ist als in Fig. 1 gezeigt ist. Es lassen

sich auch Ausführungsformen der Vakuumpumpe realisieren, bei der die Unterseite 141 nicht nach unten, sondern zur Seite gewandt oder nach oben gerichtet angeordnet werden kann. Grundsätzlich sind dabei beliebige Winkel möglich.

[0046] Andere existierende Turbomolekularvakuum-pumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, können nicht stehend betrieben werden.

[0047] 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.

[0048] An der Unterseite 141 sind außerdem Befestigungsbohrungen 147 angeordnet, über welche die Pumpe 111 beispielsweise an einer Auflagefläche befestigt werden kann. Dies ist bei anderen existierenden Turbomolekularvakuum-pumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, nicht möglich.

[0049] In den Figuren 2 bis 5 ist eine Kühlmittelleitung 148 dargestellt, in welcher das über die Kühlmittelanschlüsse 139 ein- und ausgeleitete Kühlmittel zirkulieren kann.

[0050] Wie die Schnittdarstellungen der Figuren 3 bis 5 zeigen, umfasst die Vakuumpumpe mehrere Prozess-gaspumpstufen zur Förderung des an dem Pumpeneinlass 115 anstehenden Prozessgases zu dem Pumpenauslass 117.

[0051] In dem Gehäuse 119 ist ein Rotor 149 angeordnet, der eine um eine Rotationsachse 151 drehbare Rotorwelle 153 aufweist.

[0052] 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.

[0053] Die Vakuumpumpe umfasst außerdem in radialer Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. Es existieren andere Turbomolekularvakuum-pumpen (nicht dargestellt), die keine Holweck-Pumpstufen aufweisen.

[0054] 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.

[0055] 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.

[0056] 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.

[0057] Die vorstehend genannten pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Statorhülsen 167, 169 weisen jeweils mehrere spiralförmig um die Rotationsachse 151 herum in axialer Richtung verlaufende Holweck-Nuten auf, während die gegenüberliegenden Mantelflächen der Holweck-Rotorhülsen 163, 165 glatt ausgebildet sind und das Gas zum Betrieb der Vakuumpumpe 111 in den Holweck-Nuten vorantreiben.

[0058] 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.

[0059] Im Bereich des Wälzlagers 181 ist an der Rotorwelle 153 eine konische Spritzmutter 185 mit einem zu dem Wälzlager 181 hin zunehmenden Außendurchmesser vorgesehen. Die Spritzmutter 185 steht mit mindestens einem Abstreifer eines Betriebsmittelspeichers in gleitendem Kontakt. Bei anderen existierenden Turbomolekularvakuumumpumpen (nicht dargestellt) kann anstelle einer Spritzmutter eine Spritzschraube vorgesehen sein. Da somit unterschiedliche Ausführungen möglich sind, wird in diesem Zusammenhang auch der Begriff "Spritzspitze" verwendet.

[0060] Der Betriebsmittelspeicher umfasst mehrere

aufeinander gestapelte saugfähige Scheiben 187, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlager 181, z.B. mit einem Schmiermittel, getränkt sind.

[0061] 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.

[0062] Das Permanentmagnetlager 183 umfasst eine rotorseitige Lagerhälfte 191 und eine statorseitige Lagerhälfte 193, welche jeweils einen Ringstapel aus mehreren in axialer Richtung aufeinander gestapelten permanentmagnetischen Ringen 195, 197 umfassen. Die Ringmagnete 195, 197 liegen einander unter Ausbildung eines radialen Lagerspalts 199 gegenüber, wobei die rotorseitigen Ringmagnete 195 radial außen und die statorseitigen Ringmagnete 197 radial innen angeordnet sind. Das in dem Lagerspalt 199 vorhandene magnetische Feld ruft magnetische Abstoßungskräfte zwischen den Ringmagneten 195, 197 hervor, welche eine radiale Lagerung der Rotorwelle 153 bewirken. Die rotorseitigen Ringmagnete 195 sind von einem Trägerabschnitt 201 der Rotorwelle 153 getragen, welcher die Ringmagnete 195 radial außenseitig umgibt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind von einem statorseitigen Trägerabschnitt 203 getragen, welcher sich durch die Ringmagnete 197 hindurch erstreckt und an radialen Streben 205 des Gehäuses 119 aufgehängt ist. Parallel zu der Rotationsachse 151 sind die rotorseitigen Ringmagnete 195 durch ein mit dem Trägerabschnitt 201 gekoppeltes Deckelelement 207 festgelegt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind parallel zu der Rotationsachse 151 in der einen Richtung durch einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 209 sowie einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 211 festgelegt. Zwischen dem Befestigungsring 211 und den Ringmagneten 197 kann außerdem eine Tellerfeder 213 vorgesehen sein.

[0063] Innerhalb des Magnetlagers ist ein Not- bzw. Fanglager 215 vorgesehen, welches im normalen Betrieb der Vakuumpumpe 111 ohne Berührung leer läuft und erst bei einer übermäßigen radialen Auslenkung des Rotors 149 relativ zu dem Stator in Eingriff gelangt, um einen radialen Anschlag für den Rotor 149 zu bilden, damit eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen verhindert wird. Das Fanglager 215 ist als ungeschmiertes Wälzlager ausgebildet und bildet mit dem Rotor 149 und/oder dem Stator einen radialen Spalt, welcher bewirkt, dass das Fanglager 215 im normalen Pumpbetrieb außer Eingriff ist. Die radiale Auslenkung, bei der das Fanglager 215 in Eingriff gelangt, ist groß genug bemessen, sodass das Fanglager

215 im normalen Betrieb der Vakuumpumpe nicht in Eingriff gelangt, und gleichzeitig klein genug, sodass eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen unter allen Umständen verhindert wird.

[0064] 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.

[0065] 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.

[0066] 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.

[0067] Anhand von Fig. 6 bis 8 wird nachfolgend das der Erfindung zugrunde liegende Konzept rein beispielhaft erläutert.

[0068] Allen in Fig. 6 bis 8 dargestellten Vakuumpumpen 111 ist gemein, dass sie jeweils an einer Außenseite ihres Gehäuses 119 mindestens eine Kühlanordnung 225 zur Kühlung der Vakuumpumpe 111 aufweisen. Die Kühlanordnungen 225 umfassen jeweils einen Grundkörper 227 und eine Vielzahl von stabförmigen, von dem Grundkörper 227 nach außen abstehenden Kühlelementen 229, welche auch als Kühlstäbchen 229 bezeichnet werden und deren Ausgestaltung an anderer Stelle noch genauer erläutert wird.

[0069] Bei den in Fig. 6 bis 8 dargestellten Ausführungsbeispielen sind die Kühlanordnungen 225 jeweils an einem Abschnitt des Gehäuses 119 vorgesehen, welcher eine wärmeerzeugende Komponente aufnimmt. Genauer gesagt sind die in den Fig. 6 bis 8 gezeigten Kühlanordnungen 225 jeweils an dem Unterteil 121 angeordnet, welches als wärmeerzeugende Komponenten

das Wälzlager 181 sowie den Antriebsmotor 125 aufnimmt (vgl. auch Fig. 3). In das Unterteil 121 ist entsprechend Fig. 3 außerdem ein zum Pumpeneinlass 115 abgewandter Endabschnitt des Rotors 149 aufgenommen, welcher bei Vorliegen eines Magnetfelds aufgrund der durch das Magnetfeld in dem rotierenden Rotor 149 induzierten Wirbelströme ebenfalls eine wärmeerzeugende Komponente darstellen kann.

[0070] Die jeweiligen Kühlanordnungen 225 können aber auch an anderer Stelle an dem Gehäuse 119 angebracht sein. Beispielsweise kann mindestens eine Kühlanordnung 225 an dem Elektronikgehäuse 123 vorgesehen sein.

[0071] Die in den Fig. 6 bis 8 dargestellten Kühlanordnungen 225 sind jeweils als separat ausgestaltetes Bauteil ausgebildet und über Befestigungsmittel an dem jeweiligen Unterteil 121 befestigt, beispielsweise durch Verschrauben. Grundsätzlich können die Kühlanordnungen 225 aber auch auf andere Weise an den Unterteilen 121 befestigt sein, beispielsweise mittels eines wärmeleitfähigen Klebstoffs.

[0072] Wie anhand der Fig. 6 bis 8 ersichtlich ist, weisen die Kühlstäbchen 229 mit Ausnahme einiger randständiger Kühlstäbchen 229 der in Fig. 8 gezeigte Kühlanordnung 225 jeweils einen kreisförmigen Querschnitt auf und erstrecken sich ihrer Länge nach mit konstantem Querschnitt von dem Grundkörper 227 nach außen.

[0073] In den dargestellten Ausführungsbeispielen sind die Kühlstäbchen 229 einteilig mit dem Grundkörper 227 ausgebildet. Die Kühlstäbchen 229 können aber auch als zu dem Grundkörper 227 separate, an dem Grundkörper 227 einzeln oder gruppenweise befestigte Teile ausgebildet sein.

[0074] Die in Fig. 6 dargestellte Vakuumpumpe 111 weist an ihrem Unterteil 121 zwei Kühlanordnungen 225 auf. Eine erste Kühlanordnung 225 ist an der Unterseite 141 des Unterteils 121 angeordnet und eine zweite Kühlanordnung 225 befindet sich an einer Seitenfläche 231 des Unterteils 121.

[0075] Wärme wird von der unteren Kühlanordnung 225 aktiv mittels eines von einem nicht dargestellten Gebläse erzeugten Luftstroms (Pfeil K) abgeführt, der auf den Grundkörper 227 trifft und über die zwischen den Kühlstäbchen 229 ausgebildeten Zwischenräume zu allen Seiten hin (durch die Pfeile W angedeutet) abgelenkt wird.

[0076] Anders als bei der vorstehend anhand von Fig. 6 erläuterten Einbausituation sind für die Vakuumpumpe 111 von Fig. 7 zusätzliche Luftleitkanäle 233, 235 vorgesehen, deren Begrenzungen in Fig. 7 schematisch durch Linien dargestellt sind und z.B. durch Luftleitbleche gebildet sein können.

[0077] Konkret ist ein auf die untere Kühlanordnung 225 gerichteter und an der Kühlanordnung 225 seitlich mündender Zuluftkanal 233 unterhalb des Elektronikgehäuses 123 vorgesehen. Über den Zuluftkanal 233 kann in Richtung des Pfeils K ein Luftstrom zur unteren Kühlanordnung 225 gelangen. Der Luftstrom ist dabei quer zu

der Längserstreckung der einzelnen Kühlstäbchen 229 der unteren Kühlanordnung 225 ausgerichtet.

[0078] Des Weiteren ist ein von einer der anderen Seiten der unteren Kühlanordnung 225 ausgehender und von der Kühlanordnung 225 zunächst seitlich weg und dann nach oben gerichteter Abluftkanal 235 vorgesehen. Luft kann folglich in einer Richtung einströmen und in einer dazu rechtwinkligen Richtung abströmen, was mit langgestreckten Kühlelementen in Form von Rippen nicht möglich wäre.

[0079] Die in Fig. 7 dargestellte Vakuumpumpe 111 kann sowohl passiv unter Ausnutzung des Kamineffekts als auch aktiv durch Verwendung eines Gebläses gekühlt werden.

[0080] Wenn die Vakuumpumpe 111 in der jeweiligen Einbausituation so ausgerichtet ist, dass sich das Unterteil 141 unten und der Pumpeneinlass 115 oben befindet, dann ist der zur Längserstreckung der Vakuumpumpe 111 parallel ausgerichtete Abluftkanal 235 ebenfalls nach oben gerichtet.

[0081] Während des Betriebs der Vakuumpumpe 111 erwärmt sich die Kühlanordnung 225 und infolgedessen auch die in den Zwischenräumen zwischen den Kühlstäbchen 229 befindliche Luft, die somit in Richtung der Pfeile W über den Abluftkanal 235 nach oben steigt, so dass kühlere Luft über den Zuluftkanal 233 zu der Kühlanordnung 225 nachströmen kann. Hierdurch wird die von der Vakuumpumpe 111 erzeugte Wärme unter Ausnutzung des Kamineffekts über die Kühlanordnung 225 abgeführt. Dieser Effekt kann durch ein Gebläse verstärkt werden, das Luft über den Zuluftkanal 233 der Kühlanordnung 225 zuführt.

[0082] Fig. 8 zeigt eine andere Ausführungsform eines Unterteils 121 einer erfindungsgemäßen Vakuumpumpe. Die Unterseite 141 des Unterteils 121 ist nicht plan ausgestaltet, sondern weist im Bereich des Lagerdeckels 145 eine Erhöhung 237 auf bzw. ist um den Lagerdeckel 145 herum mit einem zurückversetzten Bereich versehen.

[0083] In diesem Bereich ist um den Lagerdeckel 145 herum eine sichelförmige Kühlanordnung 225 vorgesehen, die auf diese Weise an die Form der Unterseite 141 des Unterteils 121 angepasst ist.

[0084] Ein der Kühlanordnung 225 von der Seite zugeführter Luftstrom (Pfeil K) kann an den Kühlstäbchen 229 in alle Richtungen abgelenkt und so zum Teil auch, aber nicht nur, auf einer Kreisbahn (Pfeil W) um die von dem Lagerdeckel 145 gebildete Erhöhung 237 herum geführt werden. Dies wäre mit einer reinen Rippenstruktur nicht möglich.

[0085] Fig. 8 verdeutlicht also beispielhaft, dass die Kühlanordnung 225 durch die Verwendung von Kühlstäbchen 229 auch komplexe Formen annehmen und gleichzeitig eine effiziente Kühlung ermöglichen kann. Durch die freie Formwahl kann die Kühlanordnung 225 an die Formgebung der Vakuumpumpe 111 besser angepasst werden als zum Beispiel eine Rippenstruktur, so dass ein vergleichsweise großer Teil der freien Fläche

an der Außenseite der Vakuumpumpe 111 zur Kühlung genutzt werden kann.

[0086] Es ist anzumerken, dass eine Vakuumpumpe 111 zusätzlich zu den Kühlstäbchen 225 konventionelle Kühlelemente aufweisen kann. In Fig. 8 sind als konventionelle Kühlelemente rein beispielhaft Kühlabschnitte 239 mit einstückig aus dem Unterteil 121 herausgearbeiteten geraden Kühlrippen 241 dargestellt, nämlich zwei an der Seitenfläche 231 des Unterteils 121 ausgebildete Kühlabschnitte 239 und ein an der Unterseite 141 des Unterteils 121 ausgebildeter Kühlabschnitt 239.

[0087] Anstelle der in Fig. 8 dargestellten Kühlanordnung 225 mit Kühlstäbchen 229 (oder zusätzlich zu derartigen Kühlstäbchen 229) kann auch eine Kühlanordnung 225 mit gekrümmten Kühlrippen 243 vorgesehen sein, wie sie beispielhaft in Fig. 9 gezeigt ist. Die gekrümmten Kühlrippen 243 sind derart gekrümmt, dass sich die Kühlanordnung 225 den Lagerdeckel 145 sichelförmig umgibt. Hierdurch kann ein der Kühlanordnung 225 von der Seite zugeführter Luftstrom (Pfeil K) auf einer Kreisbahn um den Lagerdeckel 145 herum geführt werden und Wärme abführen (Pfeil W).

Bezugszeichenliste

[0088]

111	Turbomolekularpumpe
113	Einlassflansch
115	Pumpeneinlass
117	Pumpenauslass
119	Gehäuse
121	Unterteil
123	Elektronikgehäuse
125	Antriebsmotor, Elektromotor
127	Zubehöranschluss
129	Datenschnittstelle
131	Stromversorgungsanschluss
133	Fluteinlass
135	Sperrgasanschluss
137	Motorraum
139	Kühlmittelanschluss
141	Unterseite
143	Schraube
145	Lagerdeckel
147	Befestigungsbohrung
148	Kühlmittelleitung
149	Rotor
151	Rotationsachse
153	Rotorwelle
155	Rotorscheibe
157	Statorscheibe
159	Abstandsring
161	Rotornabe
163	Holweck-Rotorhülse
165	Holweck-Rotorhülse
167	Holweck-Statorhülse
169	Holweck-Statorhülse

171 Holweck-Spalt
 173 Holweck-Spalt
 175 Holweck-Spalt
 179 Verbindungskanal
 181 Wälzlager
 183 Permanentmagnetlager
 185 Spritzmutter
 187 Scheibe
 189 Einsatz
 191 rotorseitige Lagerhälfte
 193 statorseitige Lagerhälfte
 195 Ringmagnet
 197 Ringmagnet
 199 Lagerspalt
 201 Trägerabschnitt
 203 Trägerabschnitt
 205 radiale Strebe
 207 Deckelelement
 209 Stützring
 211 Befestigungsring
 213 Tellerfeder
 215 Not- bzw. Fanglager
 217 Motorstator
 219 Zwischenraum
 221 Wandung
 223 Labyrinthdichtung
 225 Kühlanordnung
 227 Grundkörper
 229 stabförmiges Kühlelement, Kühlstäbchen
 231 Seitenfläche
 233 Luftleitkanal, Zuluftkanal
 235 Luftleitkanal, Abluftkanal
 237 Erhöhung
 239 Kühlabschnitt
 241 Kühlrippe
 243 gekrümmte Kühlrippe

 K Richtung der Luftzuführung
 W Richtung der Luftabführung

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe (111), insbesondere Turbomolekularvakuumpumpe (111), mit einem Gehäuse (119), in dem ein um eine Rotationsachse (151) drehbarer Rotor (149) und ein Antriebsmotor (125) zum Antreiben des Rotors (149) angeordnet sind und das eine zumindest einen Teil des Pumpenäußeren bildende Außenseite aufweist, wobei an der Außenseite des Gehäuses (119) zumindest eine Kühlanordnung (225) vorgesehen ist, die eine Vielzahl von stabförmigen, nach außen abstehenden Kühlelementen (229) umfasst und/oder die eine Vielzahl von gekrümmten, nach außen abstehenden Kühlrippen (243) umfasst.
2. Vakuumpumpe (111) nach Anspruch 1,

wobei die stabförmigen Kühlelemente (229) einen konstanten Querschnitt aufweisen oder sich nach außen hin verjüngen.

- 5 3. Vakuumpumpe (111) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Kühlelemente (229) regelmäßig, insbesondere in Reihen und Spalten, angeordnet sind.
- 10 4. Vakuumpumpe (111) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Kühlanordnung (225) zumindest abschnittsweise eine die Wärmeabstrahlung erhöhende Oberfläche und/oder Oberflächenbeschichtung aufweist, insbesondere wobei die Kühlanordnung (225) eine zumindest abschnittsweise geschwärzte und/oder eloxierte Oberfläche oder Oberflächenbeschichtung aufweist.
- 15 5. Vakuumpumpe (111) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Kühlanordnung (225) an einem Abschnitt des Gehäuses (119) vorgesehen ist, welcher eine wärmerzeugende Komponente der Vakuumpumpe (111) aufnimmt.
- 20 6. Vakuumpumpe (111) nach Anspruch 5, wobei der Abschnitt den Rotor (149), den Antriebsmotor (125) und/oder ein Lager (181), insbesondere ein Wälzlager (181) oder ein Magnetlager (183), für den Rotor (149) aufnimmt.
- 25 7. Vakuumpumpe (111) nach Anspruch 5 oder 6, wobei der Abschnitt ein Unterteil (121) des Gehäuses (119) bildet, welches einen zu einem Einlass (115) der Pumpe (111) abgewandten Endabschnitt des Rotors (149) aufnimmt, insbesondere wobei das Unterteil (121) einen Auslass (117) der Pumpe (111) aufweist.
- 30 8. Vakuumpumpe (111) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Kühlanordnung (225) einen Grundkörper (227) aufweist, von welchem die Kühlelemente (229) abstehen, insbesondere wobei die Kühlelemente (229) einteilig mit dem Grundkörper (227) ausgebildet oder als separate, an dem Grundkörper (227) einzeln oder gruppenweise befestigte Teile vorgesehen sind.
- 35 9. Vakuumpumpe (111) nach Anspruch 8, wobei der Grundkörper (227) von einem Abschnitt des Gehäuses (119) gebildet ist.
- 40 10. Vakuumpumpe (111) nach Anspruch 8, wobei der Grundkörper (227) als ein zu dem Gehäuse (119) separates Bauteil ausgebildet und insbesondere mittels eines Befestigungsmittels an dem Gehäuse (119) angebracht ist.
- 45 50 55

11. Vakuumpumpe (111) nach Anspruch 10,
wobei der Grundkörper (119) auf einer zu den Kühl-
elementen (229) abgewandten Seite eine Grundflä-
che aufweist, welche zu einer Oberflächengestal-
tung der Außenseite des Gehäuses (119) zumindest 5
abschnittsweise komplementär ausgebildet ist.
12. Vakuumpumpe (111) nach Anspruch 10 oder 11,
wobei eine den Grundkörper (227) seitlich begrenz-
ende Umrandung zu einer an der Außenseite des 10
Gehäuses (119) ausgebildeten Erhöhung (237) oder
Vertiefung zumindest abschnittsweise komlemen-
tär ausgebildet ist.
13. Vakuumpumpe (111) nach einem der Ansprüche 10 15
bis 12,
wobei der Grundkörper (227) von mindestens einer
Durchgangsöffnung durchsetzt ist.

20

25

30

35

40

45

50

55

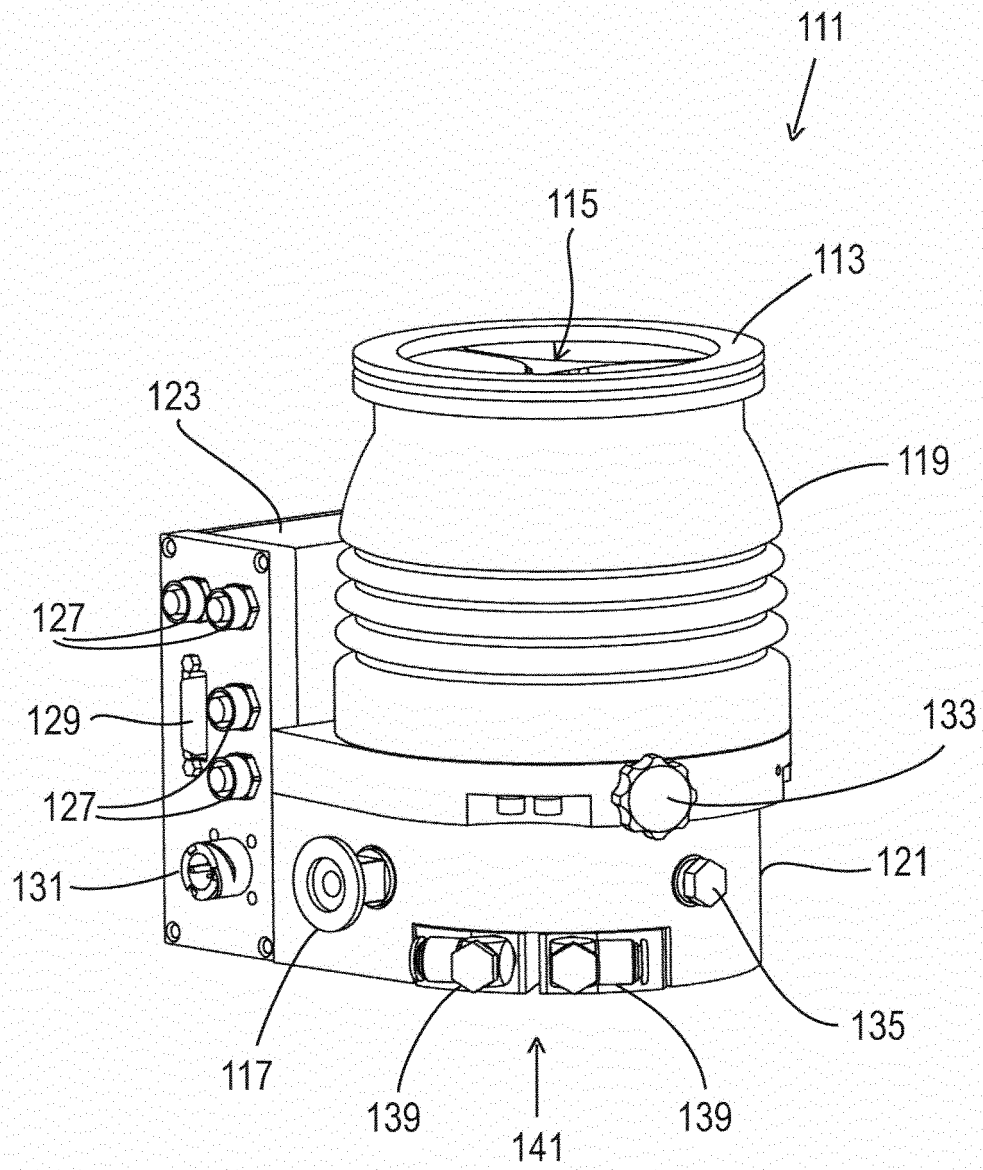


Fig. 1

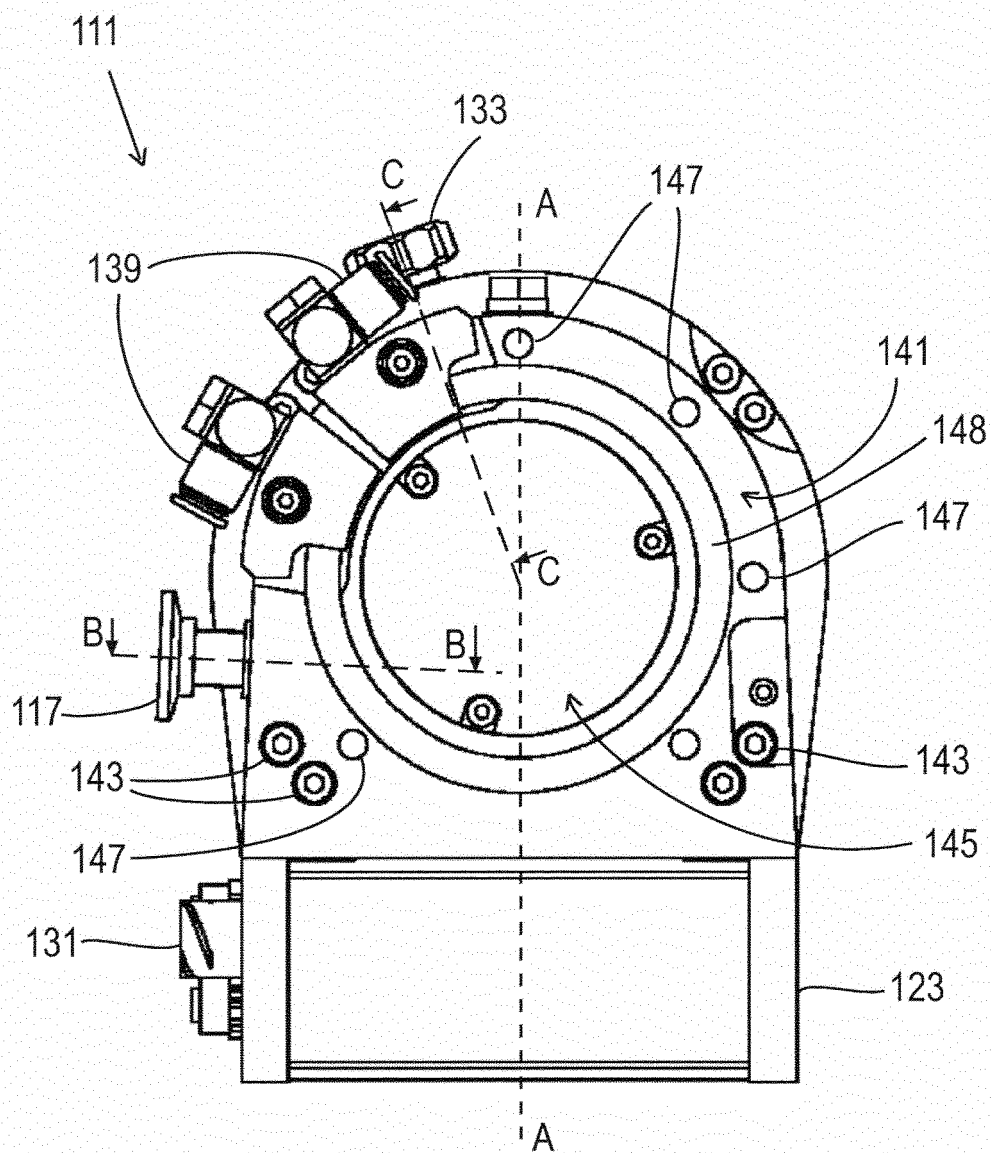


Fig. 2

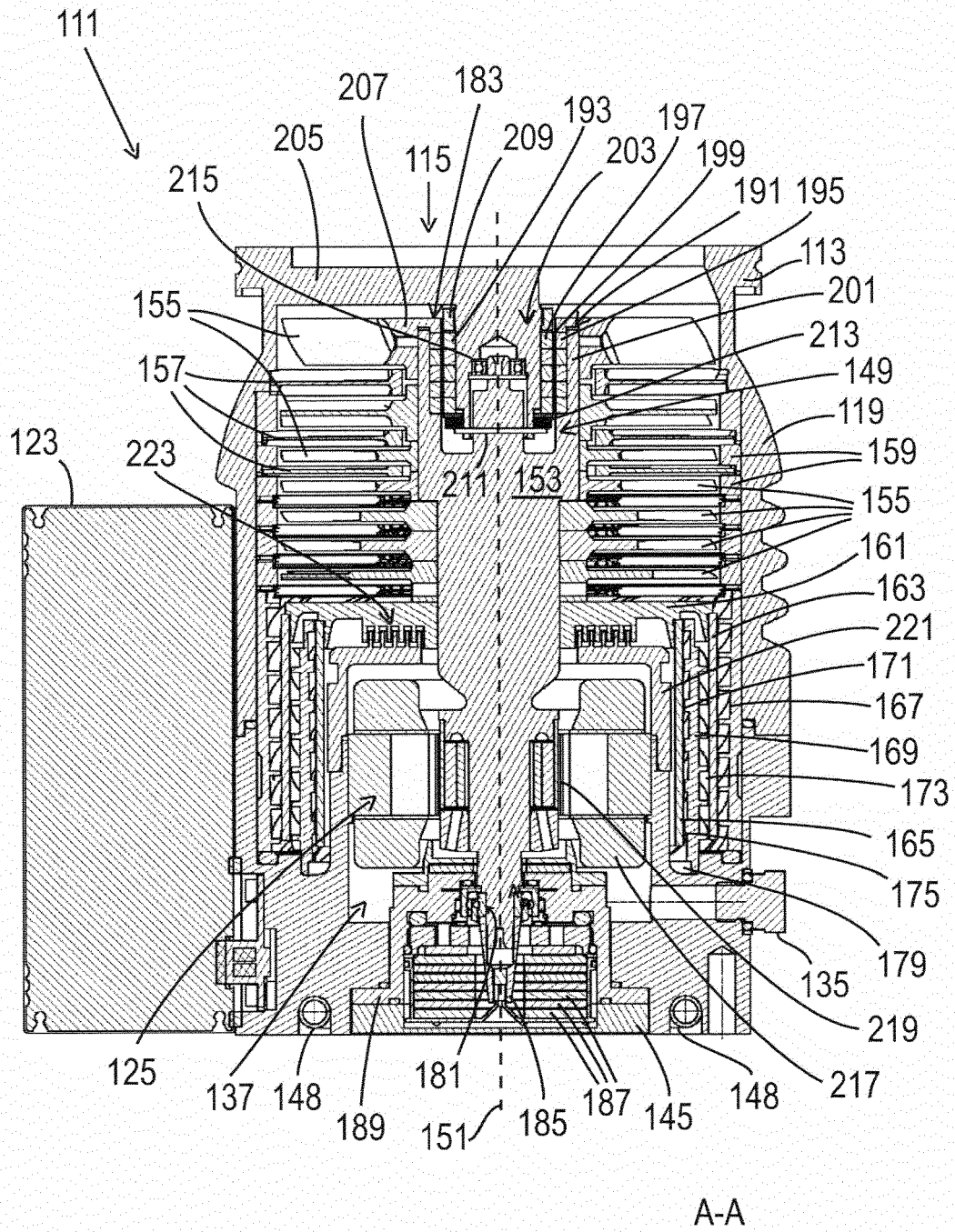


Fig. 3

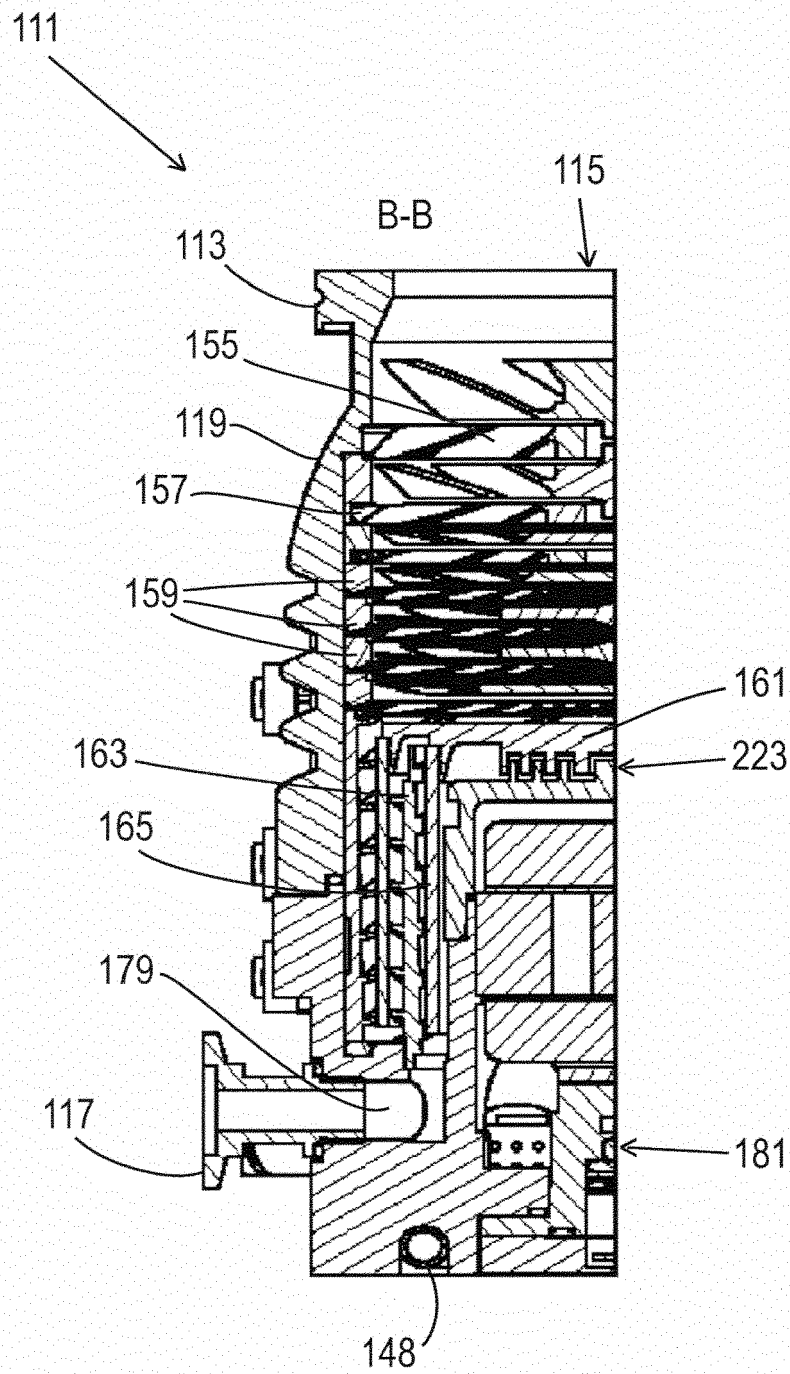


Fig. 4

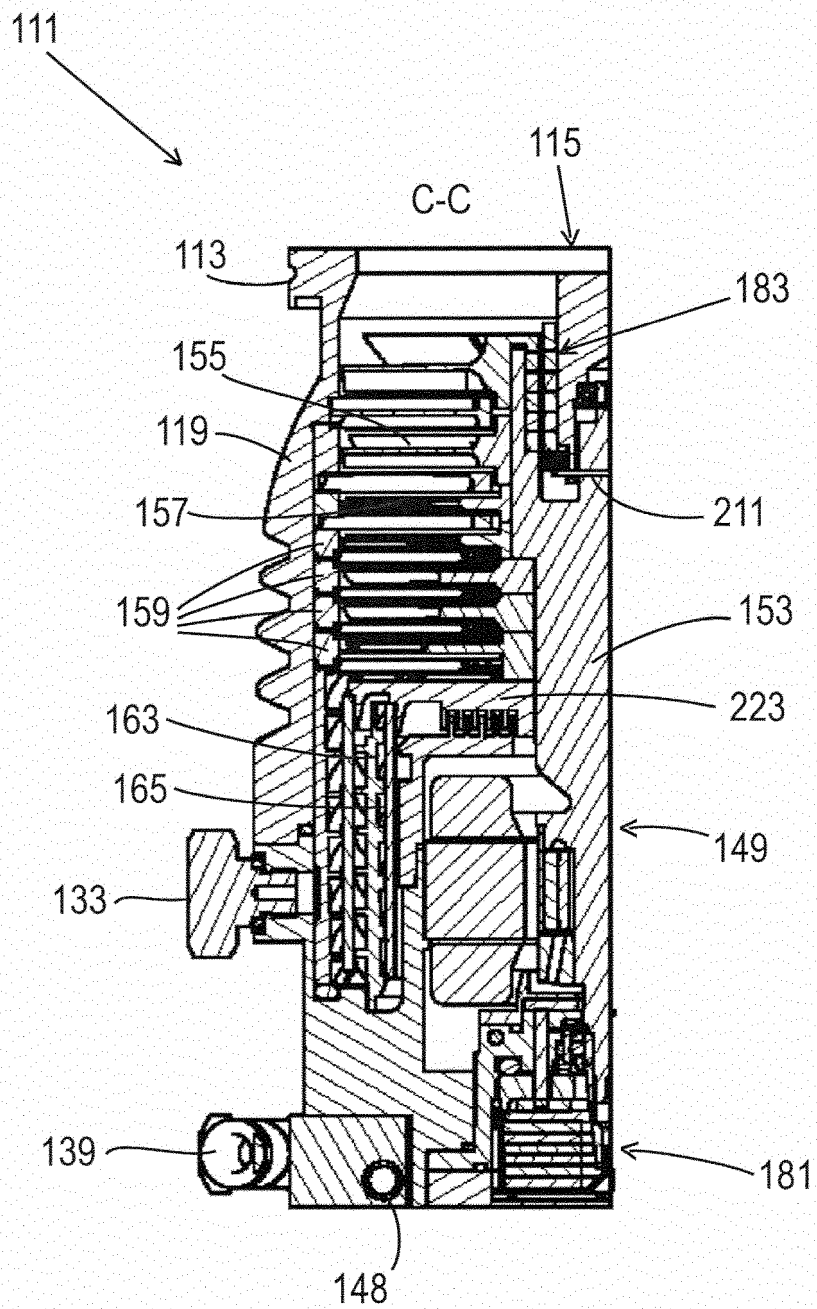


Fig. 5

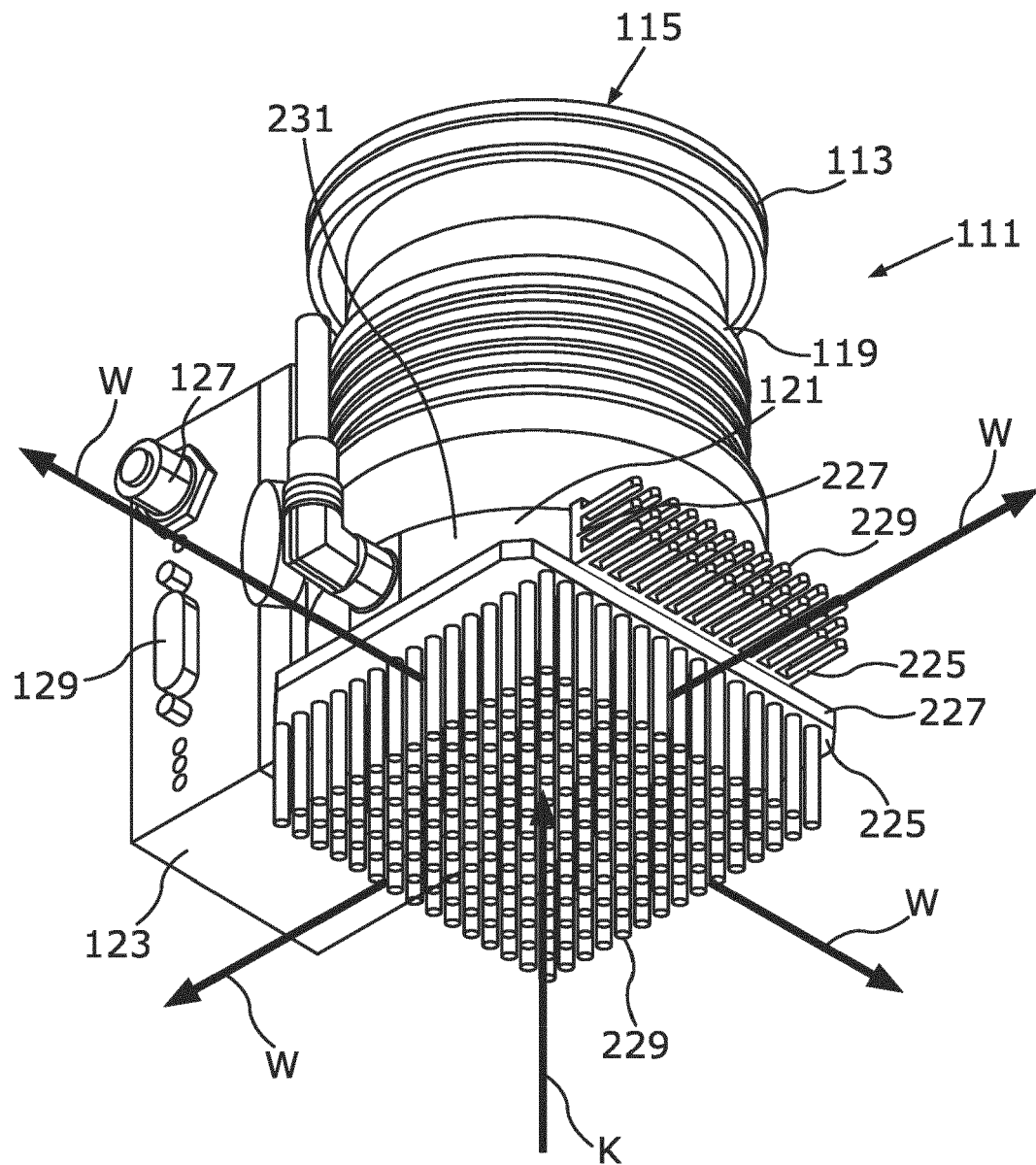


Fig. 6

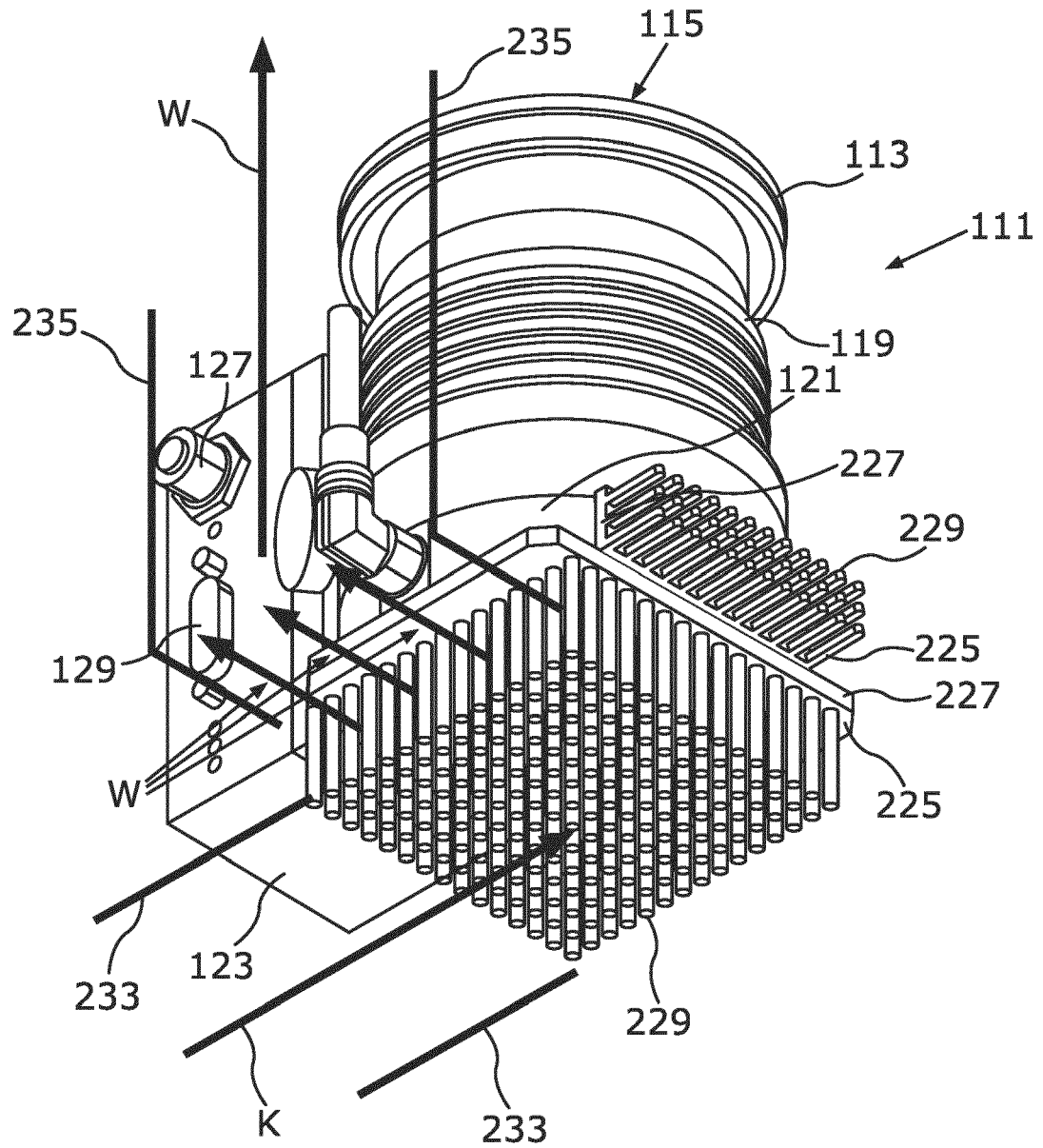
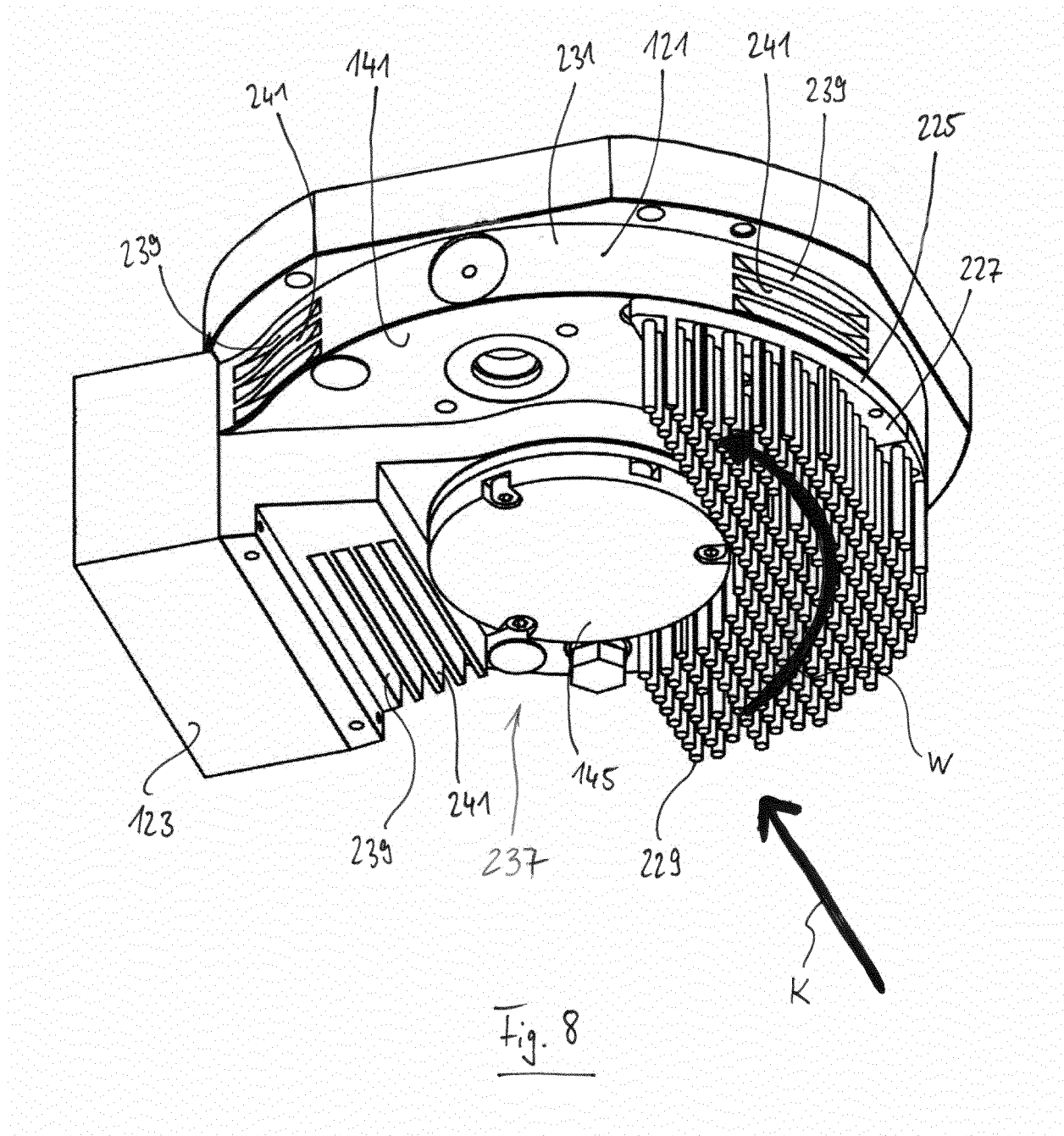
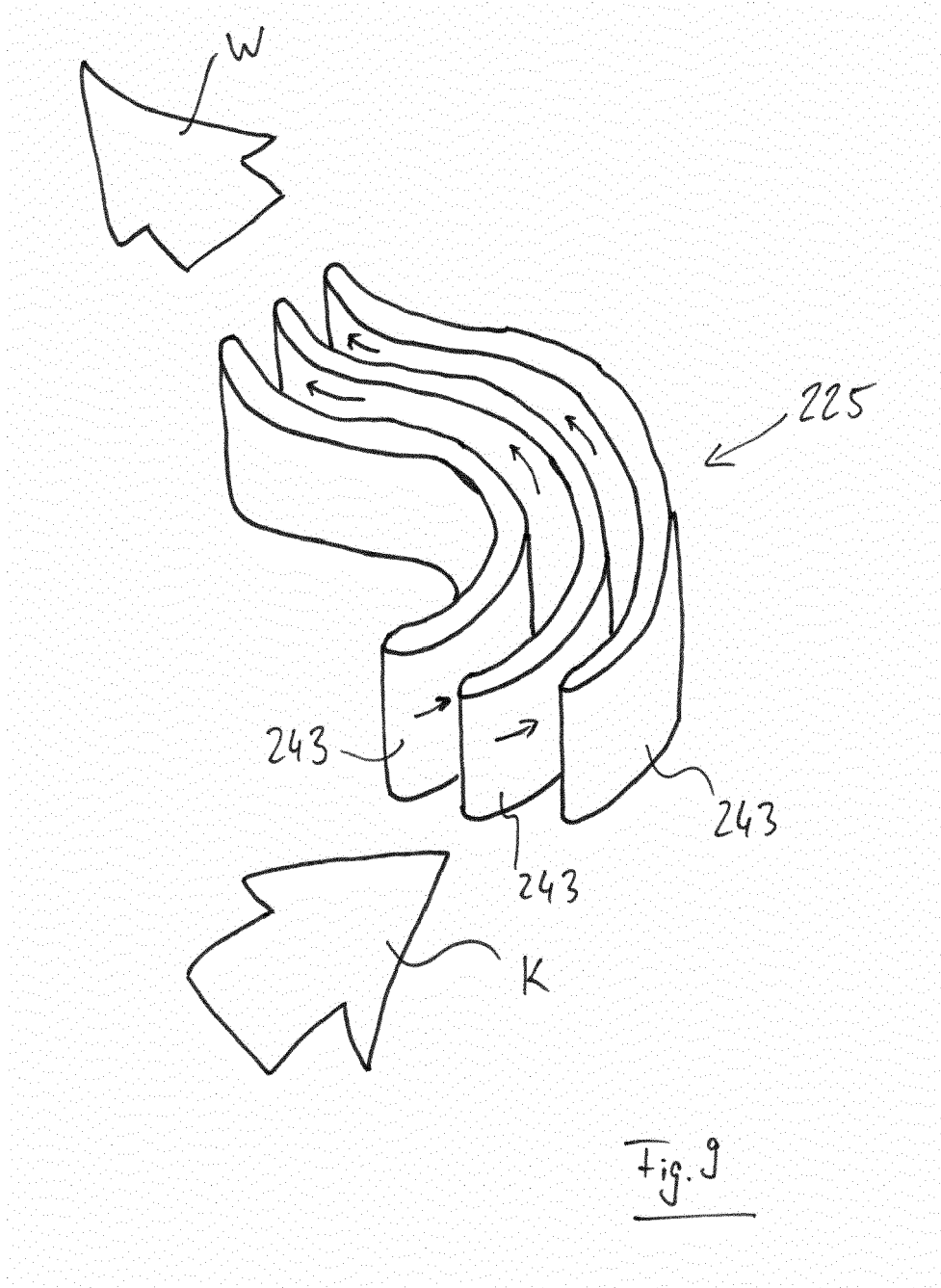


Fig. 7







EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 21 8345

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

2

EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2008/145214 A1 (METZGER JUERGEN [DE] ET AL) 19. Juni 2008 (2008-06-19)	1-7	INV.
Y	* Abbildungen 1-3 *	8-13	F04D19/04
	-----		F04D29/58
Y	JP 2014 105695 A (SHIMADZU CORP) 9. Juni 2014 (2014-06-09)	8-13	
	* Abbildungen 1-8b *		

X	JP 2010 053770 A (VACUUM PRODUCTS KK) 11. März 2010 (2010-03-11)	1	
	* Abbildungen 1-15 *		

X	EP 3 584 442 A1 (EDWARDS JAPAN LTD [JP]) 25. Dezember 2019 (2019-12-25)	1	
	* Abbildungen 1-8 *		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		9. Juni 2022	Morales Gonzalez, M
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie		E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	
A : technologischer Hintergrund		D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
O : mündliche Offenbarung		L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument	
P : Zwischenliteratur		& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

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

EP 21 21 8345

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

09-06-2022

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	US 2008145214 A1	19-06-2008	DE 102006058843 A1 EP 1936198 A2 JP 2008151123 A US 2008145214 A1	19-06-2008 25-06-2008 03-07-2008 19-06-2008
20	JP 2014105695 A	09-06-2014	JP 6102222 B2 JP 2014105695 A	29-03-2017 09-06-2014
25	JP 2010053770 A	11-03-2010	JP 5306741 B2 JP 2010053770 A	02-10-2013 11-03-2010
30	EP 3584442 A1	25-12-2019	CN 110249129 A EP 3584442 A1 JP 2018132024 A KR 20190113783 A US 2020232469 A1 WO 2018150911 A1	17-09-2019 25-12-2019 23-08-2018 08-10-2019 23-07-2020 23-08-2018
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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