



(11)

EP 3 034 882 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
14.08.2024 Patentblatt 2024/33

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F04D 19/04^(2006.01) F04D 25/06^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15195879.0**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F04D 19/042; F04D 19/044; F04D 25/0606

(22) Anmeldetag: **23.11.2015**

(54) **VAKUUMPUMPE**

VACUUM PUMP

POMPE À VIDE

(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

(30) Priorität: **17.12.2014 DE 102014118881**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.06.2016 Patentblatt 2016/25

(73) Patentinhaber: **PFEIFFER VACUUM GMBH**
35614 Asslar (DE)

(72) Erfinder:
• **Hofmann, Bernd**
35578 Wetzlar (DE)
• **Hofmann, Jan**
35305 Grünberg (DE)
• **Mekota, Mirko**
35630 Ehringhausen (DE)
• **Schnarr, Johannes**
35625 Rechtenbach (DE)

- **Schweighöfer, Michael**
35641 Schöffengrund (DE)
- **Stoll, Tobias**
35644 Hohenahr (DE)
- **Vorwerk, Peter**
35630 Ehringhausen (DE)

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

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A1- 2 829 734	EP-A1- 2 995 820
EP-A2- 1 039 138	EP-A2- 2 631 488
WO-A1-2006/111159	DE-A1- 10 020 946
DE-A1- 102011 114 280	DE-A1- 2 808 125
DE-A1- 3 627 642	DE-U1-202013 002 969
JP-A- H08 144 992	US-A1- 2001 041 134
US-A1- 2005 118 013	

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 3 034 882 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularpumpe, mit wenigstens einem Pumpmechanismus zum Pumpen von Gas längs eines von einem Einlass zu einem Auslass der Vakuumpumpe verlaufenden Pumpkanals, wobei der Pumpkanal durch wenigstens einen ersten Spalt verläuft, in welchem beim Betrieb der Vakuumpumpe eine Pumpfunktion erfüllt wird, und wobei wenigstens ein zweiter Spalt vorgesehen ist, in welchem beim Betrieb der Vakuumpumpe keine Pumpfunktion erfüllt wird.

[0002] Eine derartige Vakuumpumpe ist aus EP 2 631 488 A2 bekannt.

[0003] Vakuumpumpen der eingangs genannten Art stellen üblicherweise eine hohe Kompression, einen hohen zulässigen Vorvakuumdruck und/oder kurze Hochlaufzeiten zur Minimierung von Prozess-Zykluszeiten bereit. Für einige Anwendungen ist es jedoch vorteilhaft, wenn eine Vakuumpumpe im Betrieb nur eine geringe Pumpenkörpertemperatur erreicht, hohe Gaslasten bewältigen kann, bei hohen Umgebungstemperaturen einsetzbar ist und/oder eine geringe Aufnahme an elektrischer Leistung, insbesondere bei Vorvakuumdrücken von 1 bis 10 mbar, aufweist.

[0004] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Vakuumpumpe bereitzustellen, die wenigstens einen der vorgenannten Vorteile bietet.

[0005] Die Aufgabe wird durch eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0006] Der zweite Spalt, in dem während des Pumpenbetriebs keine Pumpfunktion bewirkt wird bzw. auftritt, ist somit im Vergleich zum ersten Spalt, in welchem beim Betrieb eine Pumpfunktion auftritt, bei der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe verhältnismäßig groß ausgestaltet. Dadurch kann insbesondere die Gasreibung im Bereich des zweiten Spaltes gering gehalten werden. Im Vergleich zu einem kleiner ausgestalteten zweiten Spalt kann die erfindungsgemäße Pumpe somit einen bestimmten Enddruck unter Aufnahme einer geringeren elektrischen Leistung erreichen. Durch die reduzierte Leistungsaufnahme erwärmt sich die Vakuumpumpe im Betrieb weniger stark. Dadurch kann die Temperatur des Pumpenkörpers während des Betriebs der Vakuumpumpe niedrig gehalten werden, was bei manchen Anwendungen von Vorteil ist. Außerdem kann der erste Spalt, in dem während des Betriebs der Vakuumpumpe eine Pumpfunktion bewirkt wird und somit ein Pumpeffekt auftritt, derart klein ausgestaltet werden, dass eine bestimmungsgemäße Pumpfunktion, insbesondere eine ausreichend hohe Kompression bzw. ein ausreichend hohes Saugvermögen, durch die den ersten Spalt bildenden Bauteile bereitgestellt werden kann.

[0007] Bei dem zweiten Spalt handelt es sich um einen Spalt, durch den der Pumpkanal verläuft. Dabei tritt im zweiten Spalt allerdings keine Pumpfunktion während des Betriebs der Vakuumpumpe auf. Indem der zweite

Spalt verhältnismäßig groß im Vergleich zum ersten Spalt, in welchem beim Betrieb der Vakuumpumpe eine Pumpfunktion auftritt, ausgebildet ist, kann der Widerstand für das durch den zweiten Spalt zu fördernde Gas gering gehalten werden.

[0008] Der zweite Spalt kann gemäß einem nicht erfindungsgemäßen Beispiel auch außerhalb des Pumpkanals liegen. Bei dem zweiten Spalt kann es sich beispielsweise um einen Spalt in einem Sperrgarlabyrinth handeln. Indem der zweite Spalt verhältnismäßig groß im Vergleich zum ersten Spalt ausgebildet wird, kann eine im zweiten Spalt auftretende Gasreibung gering gehalten werden. Dabei kann ein außerhalb des Pumpkanals vorgesehener zweiter Spalt insbesondere zwischen einem rotierenden und einem stehenden Bauteil angeordnet sein. Alternativ kann der zweite Spalt, insbesondere wenn er sich außerhalb des Pumpkanals befindet, zwischen zwei stehenden Bauteilen ausgebildet sein. Wenngleich der zweite Spalt nicht im Pumpkanal angeordnet sein kann, so kann zwischen dem zweiten Spalt und dem Pumpkanal eine gasleitende Verbindung bestehen, wie z.B. bei einem Sperrgaslabyrinth. Der zweite Spalt kann somit gewissermaßen in der Art eines Nebenschlusses an den Pumpkanal angeschlossen sein bzw. mit dem Pumpkanal in gasleitender Verbindung stehen.

[0009] Bevorzugt bezieht sich der genannte Faktor, der das Größenverhältnis zwischen dem ersten und zweiten Spalt angibt, auf die Breite des ersten bzw. zweiten Spalts. Der zweite Spalt weist somit eine Breite auf, die größer ist als die Breite des ersten Spalts multipliziert mit dem Faktor. Dabei wird die Spaltbreite vorzugsweise senkrecht zur Förderrichtung des zu pumpenden Gases durch den Spalt gemessen.

[0010] Bevorzugt ist mit dem Begriff "Spalt" nicht ein in Pumprichtung des zu fördernden Gases gesehen beliebig kurzer Freiraum bzw. eine beliebig kurze Lücke z.B. zwischen zwei Bauteilen der Vakuumpumpe gemeint, sondern ein jeweiliger Abschnitt, z.B. des Pumpkanals und/oder zwischen zwei Bauteilen, der sich, insbesondere mit zumindest im Wesentlichen gleichbleibender Breite, zumindest über eine vorgegebene Länge, z.B. von wenigstens 5 mm oder von wenigstens 10 mm oder von wenigstens 15 mm, erstreckt.

[0011] Mit der Formulierung, dass im ersten Spalt eine Pumpfunktion erfüllt bzw. bewirkt wird, ist insbesondere gemeint, dass während des Pumpenbetriebs in dem Spalt ein Pumpeffekt bzw. eine Pumpwirkung auftritt. Das zu pumpende Gas wird somit aktiv durch den Spalt gefördert und strömt nicht nur längs des Pumpkanals vom Spalteingang zum Spaltausgang.

[0012] Der erste Spalt ist zwischen einem rotierenden Bauteil und einem stehenden Bauteil der Vakuumpumpe vorgesehen, wobei die beiden Bauteile während des Pumpenbetriebs derart zusammenwirken, dass sie im ersten Spalt die Pumpfunktion bewirken. Durch das Zusammenspiel des rotierenden und des stehenden Bauteils wird somit im ersten Spalt die Pumpwirkung erzielt.

[0013] Der zweite Spalt ist zwischen zwei Bauteilen der Vakuumpumpe vorgesehen, die im Betrieb der Pumpe nicht derart zusammenwirken, dass sie eine Pumpfunktion erfüllen. Es handelt sich bei den beiden Bauteilen, zwischen denen der zweite Spalt vorgesehen ist, um ein rotierendes und ein stehendes Bauteil. Die beiden Bauteile erfüllen dabei allerdings keine Pumpfunktion im Bereich des zweiten Spalts. Alternativ kann es sich gemäß einem nicht erfindungsgemäßen Beispiel bei den beiden Bauteilen auch um statische Bauteile handeln.

[0014] Nach einer Ausgestaltung der Erfindung sind alle Spalte, in denen keine Pumpfunktion erfüllt wird, um zumindest den Faktor größer sind als diejenigen Spalte, durch die der Pumpkanal verläuft und in denen eine Pumpfunktion erfüllt wird. Dadurch kann die Gasreibung längs des Pumpkanals effektiv verringert und die Leistungsaufnahme der Vakuumpumpe zum Erreichen eines bestimmten Enddrucks reduziert werden, insbesondere wenn die Spalte, in denen keine Pumpfunktion auftritt, im Pumpkanal angeordnet sind bzw. der Pumpkanal durch diese Spalte verläuft.

[0015] Der erste Spalt ist ein Holweckspalt, der zwischen einer pumpaktiven Oberfläche eines Holweck-Rotors und einer pumpaktiven Oberfläche eines Holweck-Statorts ausgebildet ist.

[0016] Bei dem zweiten Spalt handelt es sich beispielsweise um einen Spalt zwischen einer glatten Seite eines Holweck-Rotors, die bspw. die Rückseite zu einer pumpaktiven Oberfläche des Holweck-Rotors bildet, und einer gegenüberstehenden glatten Oberfläche eines stehenden Bauteils, so dass sich bei rotierendem Holweck-Rotor zwischen der glatten Rückseite des Holweck-Rotors und der glatten Oberfläche des stehenden Bauteils kein oder allenfalls nur ein geringer Pumpeffekt einstellt.

[0017] Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung umfasst der Pumpmechanismus einen Holweck-Pumpmechanismus mit einem Holweck-Rotor und einem Holweck-Stator umfasst, wobei der erste Spalt ein Holweck-Spalt ist, der zwischen der Mantelfläche des Holweck-Statorts und der Mantelfläche des Holweck-Rotors vorgesehen ist, und wobei der Holweck-Spalt, insbesondere bei Nenndrehzahlen des Holweck-Pumpmechanismus, eine Breite von weniger als 0,5 mm, bevorzugt von weniger als 0,3 mm, aufweist.

[0018] Insbesondere aufgrund des engen Holweck-Spalts kann ein frühzeitiges Absperren des Holweck-Pumpmechanismus bei hohen Vorvakuumdrücken, die im Bereich des Auslasses auftreten können, erreicht werden. Außerdem können geringere Überströmverluste im Bereich des Holweck-Spalts realisiert werden, wodurch das Kompressionsvermögen des Holweck-Pumpmechanismus verbessert werden kann.

[0019] Vorzugsweise kommt ein derart schmaler Holweck-Spalt bei einer Vakuumpumpe zum Einsatz, deren Einlass einen Einlassflansch mit einem Durchmesser von DN 100 oder DN 160 aufweist.

[0020] Nach einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung umfasst der Pumpmechanismus einen Holweck-

Pumpmechanismus mit nur einer einzigen Holweck-Stufe oder mit maximal zwei Holweck-Stufen.

[0021] Dabei kann es vorgesehen sein, dass die Vakuumpumpe, insbesondere vom Bauraum her gesehen, für mehr als zwei, insbesondere ineinander geschachtelte, Holweck-Stufen ausgelegt ist, aber tatsächlich nur eine Holweck-Stufe oder maximal zwei Holweck-Stufen realisiert sind, während die übrigen Holweck-Stufen nicht realisiert sind, z.B. durch Auslassen der Holweckstufe oder durch Weglassen eines von zwei Holweck-Rotoren.

[0022] Vorzugsweise weist der Pumpmechanismus einen Holweck-Pumpmechanismus auf, dessen pumpaktive Oberfläche, insbesondere längs der axialen Richtung der Pumpe gesehen, eine Gesamtlänge aufweist, die geringer als 120 mm, bevorzugt geringer als 95 mm ist. Dadurch kann die Gasreibung im Holweck-Pumpmechanismus vermindert werden, wodurch eine geringere elektrische Leistungsaufnahme der Vakuumpumpe erforderlich ist.

[0023] Nach einer Weiterbildung der Erfindung weist der Holweck-Pumpmechanismus wenigstens einen und bevorzugt genau einen Holweck-Rotor auf, dessen Länge in axialer Richtung der Pumpe gesehen maximal 60 mm, bevorzugt maximal 55 mm, weiter bevorzugt maximal 48 mm, beträgt. Der Holweck-Pumpmechanismus kann somit in axialer Richtung betrachtet verhältnismäßig kurz ausgestaltet sein, wodurch eine geringere Gasreibung im Holweck-Pumpmechanismus bewirkt wird. Dies wirkt sich vorteilhaft auf die erforderliche elektrische Leistungsaufnahme der Vakuumpumpe zum Erreichen eines bestimmten Enddrucks aus.

[0024] Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weist der Pumpmechanismus wenigstens eine turbomolekulare Pumpstufe mit mehreren an einer Rotorwelle befestigten Rotorscheiben und in axialer Richtung zwischen den Rotorscheiben drehfest angeordneten Statorscheiben auf, wobei sich der Pumpkanal durch die turbomolekulare Pumpstufe erstreckt, und wobei in der turbomolekularen Pumpstufe wenigstens eine Rotorscheibe und/oder wenigstens eine Statorscheibe weggelassen ist, so dass die Pumpstufe an der Stelle der weggelassenen Rotorscheibe bzw. Statorscheibe einen Freiraum aufweist.

[0025] Die Vakuumpumpe bietet somit Bauraum für mehr Rotor- und/oder Statorscheiben als tatsächlich in der Vakuumpumpe verbaut sind und weist anstelle der weggelassenen Scheiben einen entsprechenden Freiraum auf. Durch das Weglassen der Rotor- und/oder Statorscheiben kann die Gasreibung in der turbomolekularen Pumpstufe verringert werden. Der ordnungsgemäße Betrieb der Vakuumpumpe kann somit unter geringerer Leistungsaufnahme erfolgen, wodurch eine übermäßige Erwärmung der Vakuumpumpe vermieden und der Stromverbrauch der Vakuumpumpe gesenkt werden kann.

[0026] Vorzugsweise ist wenigstens ein Scheibenpaar, bestehend aus einer Rotorscheibe und der benachbarten, mit der Rotorscheibe zusammenwirkenden Sta-

torscheibe, weggelassen. Insbesondere handelt es sich bei dem weggelassenen Scheibenpaar um das in Richtung Vorvakuum liegende äußerste Scheibenpaar der turbomolekularen Pumpstufe, da durch Weglassen dieses Scheibenpaares ein guter Kompromiss zwischen einer Reduzierung der Gasreibung einerseits und einer Verminderung des Saug- bzw. Kompressionsvermögens der turbomolekularen Pumpstufe andererseits erzielt werden kann.

[0027] Bevorzugt weisen die Rotorscheiben und/oder die Statorscheiben wenigstens einer turbomolekularen Pumpstufe eine ballige Scheibengeometrie auf. Alternativ kann eine abgesetzte Scheibengeometrie vorgesehen sein.

[0028] Nach einer Weiterbildung der Erfindung umfasst die Vakuumpumpe wenigstens eine und bevorzugt genau eine einzige turbomolekulare Pumpstufe, die mit maximal 6 Rotorscheiben ausgestattet ist, wobei ein am Einlass der Vakuumpumpe vorgesehener Flansch einen Flanschdurchmesser von DN 100 aufweist.

[0029] Nach einer anderen Weiterbildung der Erfindung umfasst die Vakuumpumpe wenigstens eine und bevorzugt genau eine einzige turbomolekulare Pumpstufe, die mit maximal 4 Rotorscheiben ausgestattet ist, wobei ein am Einlass der Vakuumpumpe vorgesehener Flansch einen Flanschdurchmesser von DN 160 aufweist.

[0030] Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weist die Vakuumpumpe einen Elektromotor zum Antreiben des Pumpmechanismus auf, wobei der Elektromotor einen Stator und einen mit dem Stator zusammenwirkenden, um eine Drehachse drehbaren Rotor aufweist, wobei der Stator ein Paket von Stahlblechen und/oder der Eisenrückschluss des Rotors ein Paket von Stahlblechen aufweist, und wobei die Stahlbleche des Pakets von Stahlblechen des Eisenrückschlusses des Rotors und/oder des Stators mittels Backlack miteinander verbunden und nicht miteinander verschweißt oder vernietet sind.

[0031] Das Paket von Stahlblechen des Rotors und/oder des Stators wird somit ausschließlich durch Backlack zusammengehalten, sodass - insbesondere weil auf Verschweißungen und Vernietungen verzichtet wird - während des Betriebs des Elektromotors in dem jeweiligen Stahlblechpaket Wirbelstromverluste minimiert werden können. Dadurch kann die Erwärmung des Elektromotors und damit einhergehend die Erwärmung der Vakuumpumpe während ihres Betriebs verringert werden. Außerdem kann die erforderliche elektrische Leistungsaufnahme des Elektromotors zum Erreichen eines bestimmten Enddrucks reduziert werden.

[0032] Bei den Stahlblechen handelt es sich insbesondere um Eisenbleche oder um Elektrobleche.

[0033] Nach einer Ausgestaltung der Erfindung weist jedes Stahlblech des Pakets von Stahlblechen des Rotors und/oder des Stators eine Dicke von weniger als 0,4 mm, vorzugsweise von weniger als 0,36 mm, auf. Mit derart dünn ausgestalteten Blechen können Wirbel-

stromverluste im Stahlblechpaket des Rotors und/oder des Stators besonders gering gehalten werden.

[0034] Bevorzugt weist der Elektromotor eine maximale Motorleistung auf, die um einen vorgegebenen Wert, insbesondere um zumindest im Wesentlichen 10 Watt, über der für den bestimmungsgemäßen Betrieb der Vakuumpumpe vorgesehenen Motorleistung liegt. Der Elektromotor weist somit eine verhältnismäßig geringe Antriebsleistung auf, insbesondere im Vergleich zu nach dem Stand der Technik in Vakuumpumpen eingesetzten Elektromotoren, die für eine möglichst kurze Hochlaufzeit ausgelegt sind und somit temporär weit mehr als 10 Watt über der für den Betriebspunkt erforderlichen Motorleistung bereitstellen können.

[0035] Die Reduzierung der maximalen Motorleistung auf den vorgegebenen Wert, wie z.B. 10 Watt, über der für den bestimmungsgemäßen Betrieb der Vakuumpumpe vorgesehenen Motorleistung weist insbesondere den Vorteil auf, dass der Elektromotor kompakt ausgebildet werden kann und während des Betriebs des Elektromotors auftretende Wirbelstromverluste reduziert werden können. Außerdem kann der Einsatz von Kupfer, das insbesondere auf der Seite des Rotors zur Bildung von elektrischen Wicklungen verwendet wird, reduziert werden.

[0036] Der Elektromotor kann für eine Antriebsspannung von zumindest annähernd 48 Volt ausgelegt sein. Bei aus dem Stand der Technik bekannten Vakuumpumpen sind die Elektromotoren normalerweise für eine Antriebsspannung von 24 Volt ausgelegt, sodass bei der erfindungsgemäßen Variante des Elektromotors die Antriebsspannung auf zumindest annähernd 48 Volt gegenüber der normalen Antriebsspannung von 24 Volt verdoppelt ist. Bevorzugt ist dabei die maximale Antriebsspannung gleich der Sicherheitskleinspannung von 50 Volt im Gleisspannungsbetrieb (50 Volt DC). Die Verdoppelung der Antriebsspannung von 24 Volt auf 48 Volt führt bei gleicher Leistungsaufnahme zu einer Halbierung der durch den Elektromotor fließenden Ströme und damit auch zu einer Verringerung von Antriebsverlusten.

[0037] Nach einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung weist die Vakuumpumpe ein Sperrgaslabyrinth mit maximal drei Labyrinthstufen auf. Die Vakuumpumpe kann dabei für mehr als drei Labyrinthstufen ausgelegt sein, wobei die Reduzierung auf maximal drei Labyrinthstufen dadurch erreicht wird, dass weitere Labyrinthstufen weggelassen und somit - trotz des dafür vorgesehenen Bauraums - nicht verbaut wurden. Zur Minimierung der Gasreibung werden dabei bevorzugt diejenigen Labyrinthstufen weggelassen, die den größten Durchmesser haben, da bei diesen die Relativgeschwindigkeiten zwischen dem Rotor und dem Stator des Sperrgaslabyrinths am größten und damit die Reibungsverluste am höchsten sind.

[0038] Die Reduzierung der Labyrinthstufen kann insbesondere dadurch erreicht werden, dass das Sperrgaslabyrinth von einer rotierenden Oberfläche, beispielsweise der Oberfläche eines sich in radialer Richtung erstre-

ckenden Teils der Nabe eines Holweck-Rotors, und einer feststehenden Oberfläche, beispielsweise der der Rotornabe gegenüberstehenden Oberfläche, gebildet wird, und dass die beiden Oberflächen ineinandergreifende, ringförmige Erhöhungen aufweisen, wobei eine der Oberflächen mehr Erhöhungen aufweist als die andere Oberfläche.

[0039] Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist im Betrieb der Vakuumpumpe vorgesehen, dass ein geringer Sperrgasfluss, der insbesondere unterhalb einer vorgegebenen Schwelle liegt, insbesondere unter 15 sccm, durch das Sperrgaslabyrinth strömt. Dadurch kann eine Absenkung der Rotortemperatur erreicht und die im Betrieb der Pumpe auftretende Erwärmung reduziert werden.

[0040] Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann anstelle eines Sperrgaslabyrinths eine Gae- oder Siegbahnstufe eingesetzt werden.

[0041] Vorteilhaft an Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen Vakuumpumpe ist insbesondere, dass deren maximale Leistungsaufnahme gegenüber aus dem Stand der Technik bekannten Vakuumpumpen reduziert ist, insbesondere durch Maßnahmen, die zu einer Verringerung der Wirbelstromverluste im Elektromotor und der Gasreibung des durch die Vakuumpumpe geförderten Gases führen. Eine übermäßige Erwärmung der Vakuumpumpe während des Betriebs kann somit vermieden werden, so dass Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe in Kombination mit einer Luftkühlung anstatt mit einer deutlich aufwändigeren Wasserkühlung verwendet werden können. Außerdem ist ein luftgekühlter Einsatz bei höheren Umgebungstemperaturen, von z.B. größer als 40° C, möglich. Ferner können höhere Gaslasten bei gleicher Leistungsaufnahme bewältigt werden.

[0042] Nachfolgend werden nicht erfindungsgemäße Vakuumpumpen beispielhaft unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen, jeweils schematisch:

Fig. 1 eine Querschnittsansicht einer Variante einer Vakuumpumpe, und

Fig. 2 eine Querschnittsansicht einer weiteren Variante einer Vakuumpumpe.

[0043] Die in Fig. 1 gezeigte Vakuumpumpe umfasst einen von einem Einlassflansch 68 umgebenen Pumpeneinlass 70 sowie mehrere Pumpstufen zur Förderung des an dem Pumpeneinlass 70 anstehenden Gases durch einen Pumpkanal 10 zu einem nicht dargestellten Pumpenauslass, in welchen ein in Fig. 1 gezeigter Auslassbereich 71 mündet. Bei dem Auslassbereich 71 handelt es sich bei dem dargestellten Beispiel um denjenigen Abschnitt des Pumpkanals 10, der am stromabwärtigen Ende der inneren Holweck-Stufe liegt. Die Vakuumpumpe umfasst einen Stator mit einem statischen Gehäuse 72 und einen in dem Gehäuse 72 angeordneten Rotor

mit einer um eine Rotationsachse 14 drehbar gelagerten Rotorwelle 12.

[0044] Die Vakuumpumpe ist als Turbomolekularpumpe ausgebildet und umfasst einen Pumpmechanismus, der von mehreren pumpwirksamen miteinander in Serie geschalteten, turbomolekularen Pumpstufen gebildet wird. Die turbomolekularen Pumpstufen weisen mehrere mit der Rotorwelle 12 verbundene turbomolekulare Rotorscheiben 16 und mehrere in axialer Richtung zwischen den Rotorscheiben 16 angeordnete und in dem Gehäuse 72 festgelegte turbomolekulare Statorscheiben 26 auf. Die Statorscheiben 26 werden durch Distanzringe 36 in einem gewünschten axialen Abstand zueinander gehalten. Die Rotorscheiben 16 und die Statorscheiben 26 stellen in einem Schöpfungsbereich 50 eine in Richtung des Pfeils 58, also in Pumprichtung, gerichtete axiale Pumpwirkung bereit. Der Pumpkanal 10 erstreckt sich durch die turbomolekularen Pumpstufen und weiter durch einen der turbomolekularen Pumpstufen nachgeordneten Holweck-Pumpmechanismus hindurch.

[0045] Der Holweck-Pumpmechanismus umfasst in radialer Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. Der rotorseitige Teil der Holweck-Pumpstufen umfasst eine mit der Rotorwelle 12 verbundene Rotornabe 74 und zwei an der Rotornabe 74 befestigte und von dieser getragene zylindermantelförmige Holweck-Rotorhülsen 76, 78, die koaxial zu der Rotationsachse 14 orientiert und in radialer Richtung ineinandergeschachtelt sind. Ferner sind zwei zylindermantelförmige Holweck-Statorhülsen 80, 82 vorgesehen, die ebenfalls koaxial zu der Rotationsachse 14 orientiert und in radialer Richtung ineinandergeschachtelt sind.

[0046] Die pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Pumpstufen sind durch die einander unter Ausbildung eines engen radialen Holweck-Spalts gegenüberliegenden radialen Mantelflächen einer Holweck-Rotorhülse 76, 78 und einer Holweck-Statorhülse 80, 82 gebildet. Dabei ist jeweils eine der pumpaktiven Oberflächen glatt ausgebildet - vorliegend diejenige der Holweck-Rotorhülse 76 bzw. 78 - und die gegenüberliegende pumpaktive Oberfläche der Holweck-Statorhülse 80, 82 umfasst ein Holweck-Gewinde mit schraubenlinienförmig um die Rotationsachse 14 herum in axialer Richtung verlaufenden Nuten, in denen durch die Rotation der jeweiligen Rotorhülse 76, 78 das Gas vorangetrieben und dadurch gepumpt wird.

[0047] Wie Fig. 1 zeigt, verläuft ein erster Holweck-Spalt 83a zwischen der äußeren Holweck-Statorhülse 80 und der äußeren Holweck-Rotorhülse 76. Ein zweiter Holweck-Spalt 83b verläuft zwischen der Holweck-Rotorhülse 76 und der inneren Holweck-Statorhülse 82. Ein dritter Holweck-Spalt 83c verläuft zwischen der inneren Holweck-Statorhülse 82 und der inneren Holweck-Rotorhülse 78. Am stromabwärtigen Ende des Holweck-Spalts 83c mündet der Pumpkanal 10 in den Auslassbereich 71, über den das vom Einlass 70 geförderte Gas in den Auslass (nicht gezeigt) gepumpt wird. Radial innerhalb

der inneren Holweck-Rotorhülse 78 ist ein weiterer Spalt 85a vorgesehen, der im Nebenschluss in den Auslassbereich 71 mündet und den Auslassbereich 71 mit einer Labyrinthdichtung 130 verbindet. Der Spalt 85a ist somit nicht Teil des Pumpkanals 10.

[0048] Bei der dargestellten Variante ist der Spalt 85a, in welchem beim Betrieb der Vakuumpumpe zumindest im Wesentlichen keine Pumpfunktion auftritt, zumindest um einen vorgegebenen Faktor, z.B. 2-mal, 3-mal, 4-mal, 5-mal, 6-mal, 7-mal, 8-mal, 9-mal oder 10-mal, größer als jeder der Holweck-Spalte 83a, 83b und 83c.

[0049] Im Bereich der jeweiligen Holweck-Pumpstufe bilden im Wesentlichen die Nuten den Pumpkanal für das zu pumpende Gas. Die Holweck-Pumpstufen stellen dabei, insbesondere aufgrund des Holweck-Gewindes, eine Pumpwirkung bereit, um das längs des Pumpkanals von den turbomolekularen Pumpstufen geförderte Gas weiter durch die Holweck-Pumpstufen hindurch zum Auslass zu fördern.

[0050] Die drehbare Lagerung der Rotorwelle 12 wird durch ein Wälzlager 84 im Bereich des Pumpenauslasses und ein Permanentmagnetlager 86 im Bereich des Pumpeneinlasses 70 bewirkt.

[0051] Das Permanentmagnetlager 86 umfasst eine rotorseitige Lagerhälfte 88 und eine statorseitige Lagerhälfte 90, welche jeweils einen Ringstapel aus mehreren in axialer Richtung aufeinandergestapelten permanentmagnetischen Ringen 92, 94 umfassen. Die Magnetringe 92, 94 liegen dabei unter Ausbildung eines radialen Lagerspalts einander gegenüber. Die statorseitigen Magnetringe 94 werden von einem statorseitigen Trägerabschnitt getragen, der sich durch die Magnetringe 94 hindurch erstreckt und an radialen Streben 108 des Gehäuses 72 aufgehängt ist. Die statorseitigen Magnetringe 94 sind am zum Pumpeninneren hingewandten Ende des Magnetringstapels durch ein Ausgleichselement 114 sowie einen Befestigungsring 116 festgelegt.

[0052] Innerhalb des Magnetlagers 86 ist ein Not- bzw. Fanglager 98 vorgesehen, welches als ungeschmiertes Wälzlager ausgebildet ist. Im normalen Betrieb der Vakuumpumpe steht das Fanglager 98. Es gelangt erst bei einer übermäßigen radialen Auslenkung des Rotors gegenüber dem Stator in Eingriff und in Rotation, um einen radialen Anschlag für den Rotor zu bilden, der eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen verhindert.

[0053] Im Bereich des Wälzlagers 84 ist an der Rotorwelle 12 eine konische Spritzmutter 100 mit einem zu dem Wälzlager 84 hin zunehmenden Außendurchmesser vorgesehen. Die Spritzmutter 100 steht mit einem Abstreifer eines Betriebsmittelspeichers in gleitendem Kontakt, der mehrere mit einem Betriebsmittel, wie zum Beispiel einem Schmiermittel, getränkte saugfähige Scheiben 102 umfasst. Im Betrieb wird das Betriebsmittel durch kapillare Wirkung von dem Betriebsmittelspeicher über den Abstreifer auf die rotierende Spritzmutter 100 übertragen und infolge der Zentrifugalkraft entlang der Spritzmutter 100 in Richtung des größer werdenden Au-

ßendurchmessers zu dem Wälzlager 84 hin gefördert, wo es zum Beispiel eine schmierende Funktion erfüllt. Das Wälzlager 84 und der Betriebsmittelspeicher sind durch einen wannenförmigen Einsatz 124 und ein Deckelelement 126 der Vakuumpumpe eingefasst.

[0054] Es ist aber auch eine anders gestaltete Lagerung der Rotorwelle 12 möglich. Beispielsweise könnte eine Fünffachsig-Aktiv-Magnetlagerung für die Rotorwelle 12 vorgesehen sein.

[0055] Die Vakuumpumpe umfasst einen als Elektromotor ausgestalteten Antriebsmotor 104 zum drehenden Antreiben des Rotors, dessen Läufer durch die Rotorwelle 12 gebildet ist. Eine Steuereinheit 106 steuert den Motor 104 an.

[0056] Zwischen einzelnen Komponenten der Vakuumpumpe können Dichtungen vorgesehen sein, von denen zur Illustration einige Dichtungen mit dem Bezugszeichen 107 bezeichnet sind.

[0057] Die Vakuumpumpe umfasst ferner einen mit einem Verschlusselement 120 verschlossenen Sperrgas-einlass 122, welcher den in der Vakuumpumpe vorgesehenen Lagerraum für das Wälzlager 84 mit dem Pumpenäußeren verbindet und über den dem Lagerraum ein Sperrgas zuführbar ist.

[0058] Im Bereich zwischen der Rotornabe 74 und einer Trennwand 128, durch die sich die Rotorwelle 12 unter Ausbildung eines radialen Spalts hindurcherstreckt, ist eine Labyrinthdichtung 130 ausgebildet. Eine derartige Labyrinthdichtung 130 wird auch als Sperrgaslabyrinth bezeichnet. Das Sperrgaslabyrinth 130 wird von einer rotierenden Oberfläche 132, die an der Rotornabe 74 ausgebildet ist, und einer komplementären feststehenden Oberfläche 134, die an der Trennwand 128 ausgebildet ist, gebildet.

[0059] Die Oberflächen 132 und 134 weisen ineinandergreifende, ringförmig ausgestaltete Erhöhungen auf, wie Fig. 1 zeigt. Bei der Vakuumpumpe der Fig. 1 sind auf jeder Oberfläche 132, 134 fünf ringförmige Erhöhungen vorgesehen, sodass in diesem Zusammenhang auch von einem fünfstufigen Sperrgaslabyrinth gesprochen wird.

[0060] Der Grundaufbau der Vakuumpumpe der Fig. 2 entspricht dem Aufbau der Vakuumpumpe der Fig. 1. Allerdings ist die Vakuumpumpe der Fig. 2 im Hinblick auf eine reduzierte Leistungsaufnahme noch weiter optimiert, insbesondere um die Erwärmung der Pumpe während des Betriebs bei Luftkühlung niedrig zu halten, um den Stromverbrauch der Vakuumpumpe zu senken und um höhere Gaslasten bei gleicher Leistungsaufnahme zu ermöglichen.

[0061] Dies wird insbesondere dadurch erreicht, dass bei der Vakuumpumpe der Fig. 2 in der vom Pumpeneinlass 70 abgewandten turbomolekularen Pumpstufe das am weitesten entfernt vom Pumpeneinlass 70 liegende Paar bestehend aus einer Rotorscheibe 16 und einer Statorscheibe 26 weggelassen wurde, sodass an der Stelle der weggelassenen Scheiben ein Freiraum 136 gebildet ist. Durch das Weglassen des Scheiben-

paares entfällt die an diesem Scheibenpaar auftretende Gasreibung aufgrund der Förderung des Gases längs des durch die Pumpstufe verlaufenden Pumpkanals 10, wodurch eine geringere Leistungsaufnahme des Elektromotors 104 erforderlich ist.

[0062] Bei der Vakuumpumpe der Fig. 2 wurde die innere Holweck-Rotorhülse (vgl. das Bezugszeichen 78 in Fig. 1) weggelassen, sodass die Vakuumpumpe der Fig. 2 nur noch zwei ineinander geschachtelte, die Holweck-Rotorhülse 76 umfassende Holweck-Pumpstufen aufweist. Durch die Reduzierung der Holweckstufen auf z.B. zwei Stufen kann die Gasreibung reduziert werden.

[0063] Wie die Fig. 2 außerdem zeigt, ist bei der Vakuumpumpe der Fig. 2 das Sperrgaslabyrinth 130 auf drei Stufen reduziert, indem in der pumpaktiven Oberfläche 134 auf Seiten der Trennwand 128 anstelle der fünf ringförmigen Erhebungen (vgl. Fig. 1) nur noch die drei inneren ringförmigen Erhebungen vorgesehen sind. Es wurde somit zur Minimierung der Gasreibung im Sperrgaslabyrinth 130 auf die beiden äußeren Labyrinthstufen verzichtet, da bei diesen die Relativgeschwindigkeiten zwischen der feststehenden Trennwand 128 und der im Betrieb der Pumpe rotierenden Rotornabe 74 am größten und damit die Gasreibungsverluste am höchsten sind. Durch das Weglassen von Sperrgaslabyrinthstufen kann somit die Gasreibung reduziert werden. Außerdem lässt sich die erforderliche Leistungsaufnahme des Elektromotors 104 zum Erreichen eines bestimmten Enddrucks reduzieren.

[0064] Bei der Vakuumpumpe der Fig. 2 kann der Elektromotor 104 sowohl statorseitig als auch rotorseitig ein Paket von mit Backlack überzogenen und durch Backlack zusammengehaltenen Elektroblechen aufweisen, sodass die Stahlbleche des jeweiligen Pakets von Stahlblechen nur mittels Backlack miteinander verbunden und nicht durch Verschweißen oder Vernieten zusammengehalten werden. Bei dem rotorseitigen Paket von Elektroblechen handelt es sich insbesondere um den Eisenrückschluss des Rotors des Elektromotors 104. Durch die Beschichtung der Elektrobleche mit Backlack sind die Elektrobleche gegeneinander isoliert, wodurch Wirbelstromverluste in den Paketen reduziert werden können. Eine weitere Reduzierung der Wirbelstromverluste wird dadurch erreicht, dass jedes Stahlblech des Pakets von Stahlblechen des Eisenrückschlusses des Rotors und/oder des Stators eine Dicke von weniger als 0,4 mm, vorzugsweise von weniger als 0,36 mm und besonders bevorzugt eine Dicke von zumindest annähernd 0,35 mm, aufweist.

[0065] Bei der Vakuumpumpe der Fig. 2 wurde außerdem die verbleibende Holweck-Rotorhülse 76 bezogen auf die axiale Richtung der Vakuumpumpe, beispielsweise auf 46 mm, verkürzt, sodass sich insgesamt aufgrund der verbliebenen zwei Holweckpumpstufen eine pumpaktive Länge von 92 mm ergibt. Durch die kurze pumpaktive Länge der Holweckpumpstufen kann eine weitere Reduzierung der Gasreibung und damit der erforderlichen Leistungsaufnahme des Elektromotors 104 zum

Erreichen eines bestimmten Enddrucks erreicht werden.

[0066] Ferner wurde der Elektromotor 104 so ausgelegt, dass seine maximale Motorleistung höchstens 10 Watt über der für den Betriebspunkt erforderlichen Motorleistung liegt und/oder dass er eine Antriebsspannung von 48 Volt aufnimmt.

[0067] Bei der Vakuumpumpe der Fig. 2 wurden außerdem diejenigen Spalte, durch die der Pumpkanal verläuft und die sich jeweils zwischen einem rotierenden und einem stehenden Bauteil der Vakuumpumpe befinden, wobei die beiden Bauteile derart zusammenwirken, dass sie eine Pumpwirkung bereitstellen, derart ausgelegt, dass derartige Spalte zumindest um einen Faktor, etwa 5-mal, kleiner sind als diejenigen Spalte der Vakuumpumpe, in denen kein Pumpeffekt auftritt. Bei sämtlichen Spalte, in denen kein Pumpeffekt auftritt, handelt es sich insbesondere um Spalte, durch die der Pumpkanal verläuft und/oder um Spalte zwischen einem beweglichen und einem stationären Bauteil. Es kann sich aber auch um Spalte handeln, die zwischen zwei jeweils stationären Bauteilen vorgesehen sind.

[0068] Beispielsweise wurde sowohl der zwischen der äußeren Holweck-Statorhülse 80 und der äußeren Holweck-Rotorhülse 76 verlaufende Holweck-Spalt 83a als auch der zwischen der inneren Holweck-Statorhülse 82 und der äußeren Holweck-Rotorhülse 76 verlaufende Holweckspalt 83b so ausgelegt, dass der sich radial innerhalb der Holweck-Statorhülse 82 erstreckende Spalt 85 um den Faktor, z.B. 5-mal, größer ist als der Spalt 83a und der Spalt 83b.

[0069] Besonders vorteilhaft ist es außerdem, wenn die Holweck-Spalte 83a und 83b derart ausgelegt sind, dass sie bei Nenndrehzahlen der Holweck-Nabe 74 eine Breite von weniger als 0,3 mm aufweisen. Dies führt zu geringeren Überströmverlusten in der Holweck-Pumpstufe und insbesondere auch zu höherer Kompression, wodurch die Leistungsfähigkeit der Vakuumpumpe verbessert werden kann.

Bezugszeichenliste

[0070]

10	Pumpkanal
12	Rotorwelle
14	Rotationsachse
16	Rotorscheibe
26	Statorscheibe
36	Distanzring
50	Schöpfbereich
58	Pfeil
68	Einlassflansch
70	Pumpeneinlass
71	Auslassbereich
55	72 Gehäuse
74	Rotornabe
76, 78	Holweck-Rotorhülse
80, 82	Holweck-Statorhülse

83a, 83b, 83c	Holweck-Spalt	
84	Wälzlager	
85	Spalt	
85a	Spalt	
86	Permanentmagnetlager	5
88	rotorseitige Lagerhälfte	
90	statorseitige Lagerhälfte	
92, 94	permanentmagnetischer Ring	
98	Fanglager	
100	Spritzmutter	10
102	saugfähige Scheibe	
104	Antriebsmotor	
106	Steuereinheit	
107	Dichtung	
108	Strebe	15
114	Ausgleichselement	
116	Befestigungsring	
120	Verschlusselement	
122	Sperrgaseinlass	
124	Einsatz	20
126	Deckelelement	
128	Trennwand	
130	Labyrinthdichtung	
132, 134	pumpaktive Oberfläche	
136	Freiraum	25

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularpumpe, mit

wenigstens einem Pumpmechanismus zum Pumpen von Gas längs eines von einem Einlass (70) zu einem Auslass der Vakuumpumpe verlaufenden Pumpkanals (10),

wobei der Pumpkanal (10) durch wenigstens einen ersten Spalt (83a, 83b, 83c) verläuft, in welchem beim Betrieb der Vakuumpumpe eine Pumpfunktion erfüllt wird,

wobei der erste Spalt (83a, 83b, 83c) ein Holweckspalt ist,

wobei wenigstens ein zweiter Spalt (85, 85a) vorgesehen ist, in welchem beim Betrieb der Vakuumpumpe keine Pumpfunktion erfüllt wird, wobei der Pumpkanal (10) durch den zweiten Spalt verläuft,

wobei der zweite Spalt (85, 85a) zumindest um einen Faktor, insbesondere 2-mal, 3-mal, 4-mal, 5-mal, 6-mal, 7-mal, 8-mal, 9-mal oder 10-mal, größer ist als der erste Spalt (83a, 83b, 83c), wobei der zweite Spalt (85, 85a) zwischen zwei Bauteilen (82, 128) der Vakuumpumpe vorgesehen ist, die beim Betrieb der Vakuumpumpe nicht derart zusammenwirken, dass sie eine Pumpfunktion bewirken,

wobei es sich bei den beiden Bauteilen, zwischen denen der zweite Spalt (85, 85a) vorge-

sehen ist, um ein rotierendes Bauteil und ein stehendes Bauteil handelt,

wobei der zweite Spalt (85, 85a) und der erste Spalt (83a, 83b, 83c) parallel zueinander und bezogen auf eine Rotationsachse (14) des rotierenden Bauteils konzentrisch ineinander liegend verlaufen, und

wobei die Vakuumpumpe einen Sperrgaseinlass (122) umfasst.

2. Vakuumpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle Spalte (85, 85a), in denen beim Betrieb der Vakuumpumpe keine Pumpfunktion erfüllt wird, um zumindest den Faktor größer sind als diejenigen Spalte (83a, 83b), durch die der Pumpkanal (10) verläuft und in denen beim Betrieb der Vakuumpumpe eine Pumpfunktion erfüllt wird, wobei, bevorzugt, es sich bei allen Spalte (85), in denen beim Betrieb keine Pumpfunktion erfüllt wird, um Spalte handelt, durch die der Pumpkanal (10) verläuft.
3. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pumpmechanismus einen Holweck-Pumpmechanismus mit einem Holweck-Rotor (76) und einem Holweck-Stator (80, 82) umfasst, wobei der erste Spalt (83a, 83b, 83c) ein Holweck-Spalt ist, der zwischen einer Mantelfläche des Holweck-Stators (80, 82) und einer Mantelfläche des Holweck-Rotors (76) ausgebildet ist, der Holweck-Spalt (83a, 83b, 83c), insbesondere bei Nenndrehzahlen des Holweck-Pumpmechanismus, eine Breite von weniger als 0,5 mm, bevorzugt von weniger als 0,3 mm, aufweist.
4. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pumpmechanismus einen Holweck-Pumpmechanismus aufweist, dessen pumpaktive Oberfläche in axialer Richtung der Pumpe gesehen eine Gesamtlänge aufweist, die geringer als 120 mm, bevorzugt geringer als 95 mm, ist.
5. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pumpmechanismus einen Holweck-Pumpmechanismus mit nur einer einzigen Holweck-Stufe oder mit maximal zwei Holweck-Stufen umfasst.
6. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rotorscheiben (16) und/oder die Statorscheiben (26) wenigstens einer turbomolekularen Pumpstufe

eine ballige Scheibengeometrie aufweisen.

7. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Vakuumpumpe eine und bevorzugt genau eine turbomolekulare Pumpstufe mit maximal 6 Rotorscheiben (16) aufweist und ein am Einlass (70) der Vakuumpumpe vorgesehener Flansch einen Flanschdurchmesser von DN 100 aufweist, oder

dass die Vakuumpumpe eine und bevorzugt genau eine turbomolekulare Pumpstufe mit maximal 4 Rotorscheiben (16) aufweist und ein am Einlass (70) der Vakuumpumpe vorgesehener Flansch einen Flanschdurchmesser von DN 160 aufweist.

8. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

ein Sperrgaslabyrinth (130) mit einer maximalen Anzahl an Labyrinthstufen, insbesondere mit maximal drei Labyrinthstufen, vorgesehen ist.

9. Vakuumpumpe nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet, dass

das Sperrgaslabyrinth (130) eine rotierende Oberfläche (132) und eine feststehende Oberfläche (134) aufweist, wobei die beiden Oberflächen (132, 134) ineinandergreifende, ringförmige Erhöhungen aufweisen, wobei eine der Oberflächen (132) mehr Erhöhungen aufweist als die andere Oberfläche (134).

Claims

1. A vacuum pump, in particular a turbomolecular pump, comprising

at least one pump mechanism for pumping gas along a pump channel (10) extending from an inlet (70) to an outlet of the vacuum pump, wherein the pump channel (10) extends through at least one first gap (83a, 83b, 83c) in which a pumping function is performed during operation of the vacuum pump, wherein the first gap (83a, 83b, 83c) is a Holweck gap, wherein at least one second gap (85, 85a) is provided in which no pumping function is performed during operation of the vacuum pump, wherein the pump channel (10) extends through the second gap, wherein the second gap (85, 85a) is larger by at least a factor, in particular 2 times, 3 times, 4 times, 5 times, 6 times, 7 times, 8 times, 9 times

or 10 times, than the first gap (83a, 83b, 83c), wherein the second gap (85, 85a) is provided between two components (82, 128) of the vacuum pump which, during operation of the vacuum pump, do not interact such that they effect a pumping function,

wherein the two components between which the second gap (85, 85a) is provided are a rotating component and a stationary component, wherein the second gap (85, 85a) and the first gap (83a, 83b, 83c) extend parallel to one another and, with respect to an axis of rotation (14) of the rotating component, extend concentrically disposed within one another, and wherein the vacuum pump comprises a sealing gas inlet (122).

2. A vacuum pump according to claim 1, **characterized in that**

all the gaps (85, 85a) in which no pumping function is performed during operation of the vacuum pump are larger by at least the factor than those gaps (83a, 83b) through which the pump channel (10) extends and in which a pumping function is performed during operation of the vacuum pump, with, preferably, all the gaps (85) in which no pumping function is performed during operation being gaps through which the pump channel (10) extends.

3. A vacuum pump according to claim 1 or 2, **characterized in that**

the pump mechanism comprises a Holweck pump mechanism having a Holweck rotor (76) and a Holweck stator (80, 82), with the first gap (83a, 83b, 83c) being a Holweck gap which is formed between a lateral surface of the Holweck stator (80, 82) and a lateral surface of the Holweck rotor (76), the Holweck gap (83a, 83b, 83c) has a width of less than 0.5 mm, preferably of less than 0.3 mm, in particular at nominal rotational speeds of the Holweck pump mechanism.

4. A vacuum pump according to any one of the preceding claims, **characterized in that**

the pump mechanism has a Holweck pump mechanism whose pump-active surface, viewed in the axial direction of the pump, has a total length which is less than 120 mm, preferably less than 95 mm.

5. A vacuum pump according to any one of the preceding claims, **characterized in that**

the pump mechanism comprises a Holweck pump mechanism having only a single Holweck stage or a maximum of two Holweck stages.

6. A vacuum pump according to any one of the preceding

ing claims, **characterized in that** the rotor disks (16) and/or the stator disks (26) of at least one turbomolecular pump stage have a spherical disk geometry.

7. A vacuum pump according to any one of the preceding claims, **characterized in that**

the vacuum pump has one and preferably exactly one turbomolecular pump stage with a maximum of 6 rotor disks (16) and a flange provided at the inlet (70) of the vacuum pump has a flange diameter of DN 100, or

in that the vacuum pump has one and preferably exactly one turbomolecular pump stage with a maximum of 4 rotor disks (16) and a flange provided at the inlet (70) of the vacuum pump has a flange diameter of ON 160.

8. A vacuum pump according to any one of the preceding claims, **characterized in that**

a sealing gas labyrinth (130) having a maximum number of labyrinth steps, in particular having a maximum of three labyrinth steps, is provided.

9. A vacuum pump according to claim 8, **characterized in that**

the sealing gas labyrinth (130) has a rotating surface (132) and a stationary surface (134), with the two surfaces (132, 134) having annular elevated portions engaging into one another, with one of the surfaces (132) having more elevated portions than the other surface (134).

Revendications

1. Pompe à vide, en particulier pompe turbomoléculaire, comprenant

au moins un mécanisme de pompage pour pomper du gaz le long d'un canal de pompage (10) s'étendant d'une entrée (70) à une sortie de la pompe à vide,

dans laquelle

le canal de pompage (10) s'étend à travers au moins un premier interstice (83a, 83b, 83c) dans lequel une fonction de pompage est remplie lors du fonctionnement de la pompe à vide, le premier interstice (83a, 83b, 83c) est un interstice de Holweck,

il est prévu au moins un deuxième interstice (85, 85a) dans lequel aucune fonction de pompage n'est remplie lors du fonctionnement de la pompe à vide, le canal de pompage (10) s'étendant à travers le deuxième interstice, le deuxième interstice (85, 85a) est plus grand que le premier interstice (83a, 83b, 83c) d'au moins un facteur,

en particulier de 2 fois, 3 fois, 4 fois, 5 fois, 6 fois, 7 fois, 8 fois, 9 fois ou 10 fois,

le deuxième interstice (85, 85a) est prévu entre deux composants (82, 128) de la pompe à vide qui, lors du fonctionnement de la pompe à vide, n'interagissent pas de manière à provoquer une fonction de pompage,

les deux composants entre lesquels est prévu le deuxième interstice (85, 85a) sont un composant rotatif et un composant stationnaire,

le deuxième interstice (85, 85a) et le premier interstice (83a, 83b, 83c) s'étendent parallèlement l'un à l'autre et concentriquement l'un dans l'autre par rapport à un axe de rotation (14) du composant rotatif, et

la pompe à vide comprend une entrée de gaz de barrage (122).

2. Pompe à vide selon la revendication 1, **caractérisée en ce que**

tous les interstices (85, 85a) dans lesquels aucune fonction de pompage n'est remplie lors du fonctionnement de la pompe à vide sont plus grands d'au moins un facteur que les interstices (83a, 83b) à travers lesquels s'étend le canal de pompage (10) et dans lesquels une fonction de pompage est remplie lors du fonctionnement de la pompe à vide, et

de préférence, tous les interstices (85) dans lesquels aucune fonction de pompage n'est remplie lors du fonctionnement sont des interstices à travers lesquels s'étend le canal de pompage (10).

3. Pompe à vide selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que**

le mécanisme de pompage comprend un mécanisme de pompage de Holweck présentant un rotor de Holweck (76) et un stator de Holweck (80, 82), le premier interstice (83a, 83b, 83c) étant un interstice de Holweck qui est formé entre une surface enveloppe du stator de Holweck (80, 82) et une surface enveloppe du rotor de Holweck (76),

l'interstice de Holweck (83a, 83b, 83c) présente une largeur inférieure à 0,5 mm, de préférence inférieure à 0,3 mm, en particulier aux vitesses de rotation nominales du mécanisme de pompage de Holweck.

4. Pompe à vide selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que**

le mécanisme de pompage comprend un mécanisme de pompage de Holweck dont la surface active en pompage a une longueur totale, vue dans la direction axiale de la pompe, qui est inférieure à 120

mm, de préférence inférieure à 95 mm.

5. Pompe à vide selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** 5
le mécanisme de pompage comprend un mécanisme de pompage de Holweck présentant un seul étage de Holweck ou au maximum deux étages de Holweck.
6. Pompe à vide selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** 10
les disques de rotor (16) et/ou les disques de stator (26) d'au moins un étage de pompage turbomoléculaire présentent une géométrie de disque bombée. 15
7. Pompe à vide selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que**
la pompe à vide comprend un, de préférence précisément un étage de pompage turbomoléculaire présentant au maximum 6 disques de rotor (16), et une bride prévue à l'entrée (70) de la pompe à vide présente un diamètre de bride de DN 100, ou 20
en ce que la pompe à vide présente un, de préférence précisément un étage de pompage turbomoléculaire présentant au maximum 4 disques de rotor (16), et une bride prévue à l'entrée (70) de la pompe à vide présente un diamètre de bride de DN 160. 25 30
8. Pompe à vide selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que**
il est prévu un labyrinthe de gaz de barrage (130) avec un nombre maximal d'étages de labyrinthe, en particulier avec trois étages de labyrinthe au maximum. 35
9. Pompe à vide selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** 40
le labyrinthe de gaz de barrage (130) comprend une surface rotative (132) et une surface stationnaire (134), les deux surfaces (132, 134) présentant des bossages annulaires imbriqués, l'une des surfaces (132) présentant plus de bossages que l'autre surface (134). 45

50

55

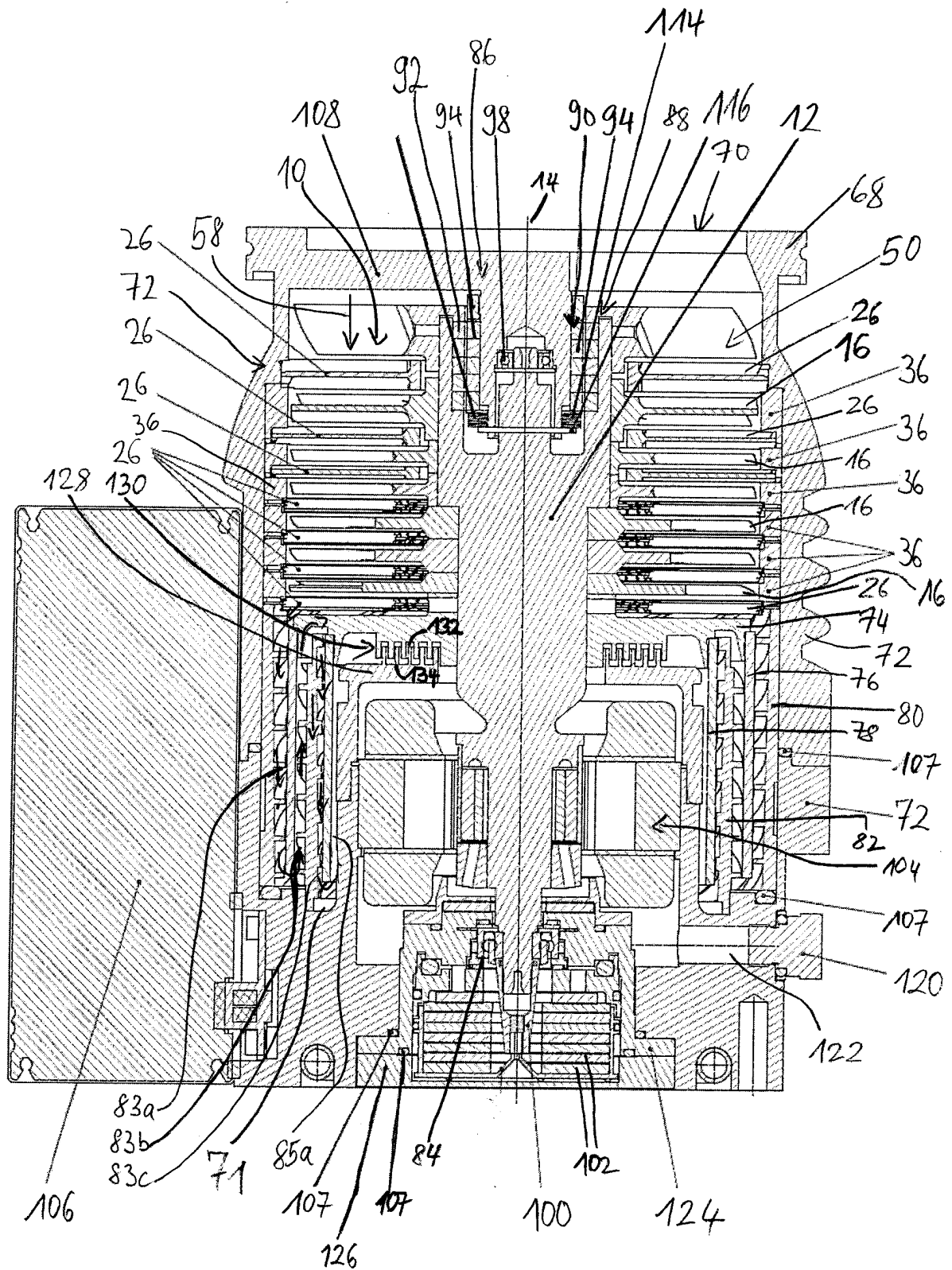


Fig. 1

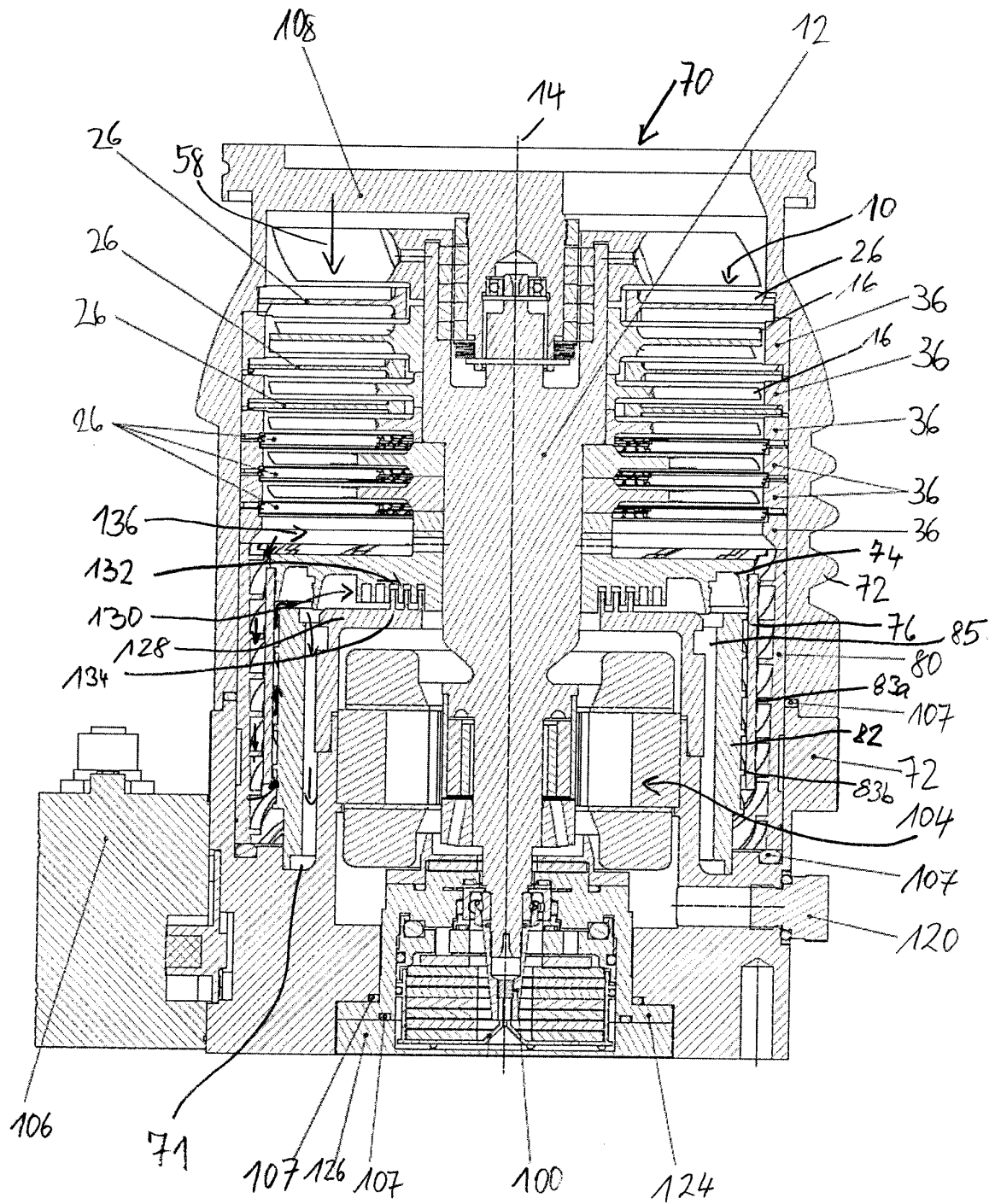


Fig. 2

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2631488 A2 [0002]