



(11) **EP 4 390 130 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
19.03.2025 Patentblatt 2025/12

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F04C 18/02 ^(2006.01) **F04B 1/00** ^(2020.01)
F04C 25/02 ^(2006.01) **F04D 19/04** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22215608.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F04C 18/0207; F04B 37/14; F04B 39/0005;
F04B 39/12; F04C 25/02; F04D 19/042;
F04D 29/023; F04C 2220/12; F04C 2230/91;
F05B 2230/90; F05D 2230/90; F05D 2300/514;
F05D 2300/611

(22) Anmeldetag: **21.12.2022**

(54) **PUMPE UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER VERSIEGELUNG**

PUMP AND METHOD FOR FORMING A COATING

POMPE ET PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN REVÊTEMENT

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.06.2024 Patentblatt 2024/26

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 0 280 264 EP-A2- 3 940 234
GB-A- 2 594 314 GB-A- 433 367
JP-A- S6 125 983

(73) Patentinhaber: **Pfeiffer Vacuum Technology AG**
35614 Asslar (DE)

- **M. TAKAYA ET AL: "Novel tribological properties of anodic oxide coating of aluminum impregnated with iodine compound", SURFACE AND COATINGS TECHNOLOGY, vol. 169-170, no. 170, 1 June 2003 (2003-06-01), NL, pages 160 - 162, XP055637529, ISSN: 0257-8972, DOI: 10.1016/S0257-8972(03)00218-4**

(72) Erfinder:

- **KOCI, Bernd**
35641 Schöffengrund (DE)
- **BECKER, Jonas**
35649 Bischoffen (DE)
- **LATTA, Sebastian**
35578Wetzlar (DE)

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 4 390 130 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Pumpe, insbesondere Vakuumpumpe, die beispielsweise zumindest zwei relativ zueinander bewegliche Förderelemente, mindestens eine auf einem der beiden Förderelemente angeordnete Dichtung umfasst. Erfindungsgemäß ist eine zumindest bereichsweise auf insbesondere wenigstens eines der Förderelemente aufgebrachte Versiegelung vorgesehen. Zudem betrifft die Erfindung die Verwendung von mit einer Versiegelung versehenen Bauteilen und mindestens einer Dichtung zur Herstellung von Pumpen, insbesondere Vakuumpumpen als auch ein Verfahren zur Herstellung einer Versiegelung.

[0002] Zur Abdichtung eines Förderraumes von Pumpen, insbesondere Vakuumpumpen, können generell Fluide wie Fette oder Öle herangezogen werden. Eine Kolbenpumpe beispielsweise weist grundsätzlich einen Spalt zwischen dem Förderraum und dem Kolben auf. Dieser Spalt wird bei einer fluidgedichteten bzw. -geschmierten Ausführung während des Betriebs der Pumpe von einem Fluid, meist Öl oder Fett, gefüllt, wobei das Fluid als Dichtung zwischen dem Kolben und dem Förderraum wirkt. Weiterhin können Fehlstellen in der Oberflächenstruktur (Risse, Löcher, Poren, etc.) spaltwirksam sein. Insbesondere weisen einige Beschichtungen (Lacke, Eloxalschichten, etc.) Fehlstellen auf. Nachteilig bei derartigen Pumpen ist, dass die mit der Pumpe geförderten Medien wie Gase oder Dämpfe mit den als Dichtung eingesetzten Fluiden reagieren können, was insbesondere die Dichtwirkung herabsetzen kann. Ein weiteres Problem besteht insbesondere bei Vakuumpumpen in einer Verunreinigung des Rezipienten durch die eingesetzten Fluide.

[0003] Aus diesem Grund werden vor allem für Vakuumpumpen sogenannte trockene Lösungen bevorzugt, bei denen die geförderten Medien nicht mit Fluiden in Kontakt kommen. Hierbei werden grundsätzlich gleitende oder schleifende Dichtungen aus chemisch beständigen Materialien, üblicherweise Kunststoffe, eingesetzt. Bei einer Kolbenpumpe beispielsweise werden derartige Dichtungen in der Regel am Kolben angeordnet. Während des Betriebes schleift die Dichtung an einer Innenwand eines Zylinders, um den resultierenden Förderraum möglichst hermetisch abzudichten. Ein anderes Beispiel einer üblicherweise ebenfalls trocken, d.h. ohne fluide Schmiermittel, betriebenen Pumpe ist eine Scroll- oder Spiralpumpe. Scrollpumpen weisen sichelförmige Schöpfräume auf, die durch einen im Querschnitt spiralförmigen Rotor im Eingriff mit einem gleichartigen spiralförmigen Stator gebildet werden, wobei der Rotor durch einen exzentrischen Antrieb in eine orbitierende Bewegung versetzt wird. Zur Abdichtung der Förderräume sind an den Spiralstirnseiten jeweils Dichtungen vorgesehen, wobei die stirnseitige Dichtung des Rotors gegen den Stator schleift und umgekehrt.

[0004] Nachteilig bei derartigen gleitenden oder schleifenden Dichtungen ist, dass diese in der Regel,

bedingt durch die ständige Gleitreibung, einem sehr starken Verschleiß unterliegen und oft nur eine begrenzte Lebensdauer aufweisen. Insbesondere kann es im Schöpfraum nach einiger Betriebszeit zu einem Abrieb der Dichtungen in Form von Staub kommen. Mit zunehmendem Verschleiß nimmt die Dichtwirkung der schleifenden Dichtung ab, wodurch sich der erreichbare Enddruck verschlechtert.

[0005] Zur Verringerung des Verschleißes können Gleit- bzw. Schutzschichten vorgesehen sein, wie sie zum Beispiel in EP 3 153 706 A1 beschrieben sind. Derartige Versiegelungen können eine durch anodische Oxidation in einem säurehaltigen, insbesondere Oxalsäure, Schwefelsäure oder Gemischen daraus, enthaltenden Elektrolyten gebildete Oxidschicht umfassen. Diese Versiegelungen/Schutzschichten erhöhen darüber hinaus die Korrosions- und Verschleißbeständigkeit des Grundmaterials. Aus GB 433 367 A ist es bekannt, auf der Oberfläche von Teilen aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen zunächst eine Aluminiumoxidschicht zu bilden und diese Oxidschicht anschließend mit einer Lösung eines chlorierten Kautschuks zu imprägnieren.

[0006] Zwischen den sichelförmigen Schöpfräumen befinden sich sehr enge Spalte (wenige 0,01 mm). Im Falle eines Kontaktes beider schöpfraumbildenden Bauteile oder eingedrungener Festkörper sorgt die harte Gleit- und Schutzschicht für eine längere Lebensdauer des Grundmaterials. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass derartige Oxidschichten aufgrund ihrer porösen Struktur erforderliche Enddrücke und Gasdichtigkeiten nicht bzw. erst nach längerer Laufzeit (sogenannte Einlaufzeit) erreichen lassen. Versuche haben zwar gezeigt, dass insbesondere bei neu beschichteten Bauteilen durch einen Ausheizprozess der beschichteten Bauteile verringerte Einlaufzeiten bzw. verbesserte Enddrücke erreicht werden können, jedoch besteht weiterhin Verbesserungsbedarf hinsichtlich der erzielbaren Enddrücke sowie einer Verringerung der Einlaufzeiten.

[0007] Eine erhöhte Korrosionsbeständigkeit ist nicht nur bei Kolbenpumpen und Scrollpumpen erforderlich, sondern auch bei Turbomolekularpumpen. Turbomolekularpumpen sind Vakuumpumpen, welche einen um eine Rotationsachse der Rotorwelle drehenden Rotor aufweisen. Pumpaktive Komponenten können aus einem Leichtmetall, insbesondere Aluminium, gebildet sein, dass zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit mit einer Oxidschicht versehen sind, ähnlich wie oben für die oben genannten Gleit- bzw. Schutzschichten, wie sie beispielsweise in EP 3 153 706 A1 beschrieben sind.

[0008] Im Betrieb kommen die pumpaktiven Komponenten in Kontakt mit dem gepumpten Medium, welches korrosive Wirkung auf die pumpaktive Komponenten haben kann. Es kann dann zu einer elektrolytischen Korrosion kommen, die bei mit einer porösen Oxidschicht versehenen Bauteilen an den Poren beginnt.

[0009] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Pumpen mit verbessertem Korrosionsschutz bereitzustellen.

[0010] Diese Aufgabe wird durch eine Pumpe sowie durch ein Verfahren gemäß den unabhängigen Ansprüchen gelöst.

[0011] Bei der erfindungsgemäßen Pumpe handelt es sich vorzugsweise um eine Vakuumpumpe. Die Pumpe umfasst eine pumpaktive Komponente mit einer Beschichtung, wobei die Beschichtung eine Poren aufweisende Oxidschicht sowie eine fluorfreie Polymer-basierte und/oder Sol-Gel-basierte Versiegelung umfasst, und wobei die Poren der Oxidschicht zumindest teilweise von

[0012] Es hat sich herausgestellt, dass bei einer erfindungsgemäßen Pumpe die pumpaktive Komponente aufgrund der Versiegelung vor Korrosion geschützt ist. Insbesondere die elektrolytische Korrosion, die typischerweise an den Poren beginnt, ist mit der erfindungsgemäßen Versiegelung effektiv unterbunden. Aufgrund der Versiegelung ist dieser Korrosionsschutz für unterschiedliche Pumpenarten, wie beispielsweise Scroll-

[0013] Zudem löst die Versiegelung weitere Aufgaben. Bei Scroll- und Kolbenpumpen wirkt die Versiegelung auch als Gleitschicht, sodass zwei Funktionen erfüllt werden: 1) Gleitschicht/Optimierung des tribologischen Systems. 2) Schutzschicht; Schutz des Grundmaterials vor Beschädigungen, Verschleiß und Korrosion. Versuche haben gezeigt, dass ohne eine harte Oberflächenbeschichtung insbesondere an Scrollpumpen das Grundmaterial innerhalb kürzester Zeit beschädigt werden kann.

[0014] Die Oxidschicht ist vorzugsweise durch anodische Oxidation gebildet, insbesondere in einem säurehaltigen Elektrolyten. Vorzugsweise weist der Elektrolyt Oxalsäure und/oder Schwefelsäure auf, wobei Schwefelsäure noch weiter bevorzugt ist. Bei der Oxidschicht handelt es sich vorzugsweise um ein Eloxal, das durch eine elektrolytische Oxidation von Aluminium gebildet wurde. Diese Oxidschicht kann die oben genannten multifunktionalen Eigenschaften hinsichtlich Gleit- und Schutzwirkung aufweisen, sofern die Versiegelung, wie hierin beschrieben, darauf aufgebracht ist.

[0015] Es hat sich herausgestellt, dass eine erfindungsgemäße Pumpe mit einer Gleitschicht, die eine Oxidschicht und eine Versiegelung, z.B. in Form einer fluorfreien Polymer-Imprägnierung und/oder oder Sol-Gel-Imprägnierung, umfasst, niedrigere Enddrücke ermöglicht, als Gleitschichten, wie sie beispielsweise in EP 3 153 706 A1 oder in EP 3 940 234 A2 beschrieben sind. Die für den Verschleißschutz aufgetragenen harte Oxidschichten weisen Poren, Fehlstellen und thermisch verursachte Risse auf. Die Poren sind hauptsächlich senkrecht zur Schicht angeordnet, wobei es auch innerhalb der Schicht einige horizontal zur Schicht angeordnete Verästelungen gibt, welche die senkrechten Poren miteinander verbinden. Neben den Poren weisen derartige harte Oxidschichten weitere Fehlstellen, z. B. in Form

von Einschlüssen und Rissen auf. Fehlstellen und Poren stellen mikroskopische Kanäle dar, durch die Gase strömen können. Weiterhin können aus diesen Stellen Stoffe, z. B. Wasser, ausgasen. Hierdurch wird die Gasdichtigkeit verringert, was sich unerwünscht auf die erzielbaren Enddrücke auswirkt. Dies bedeutet, dass, insbesondere bei Scrollpumpen, die die erforderlichen Enddrücke und Gasdichtigkeiten nicht bzw. erst nach längerer Laufzeit erreichbar sind. Während des sogenannten Einlaufprozesses werden Poren und Fehlstellen weitestgehend an relevanten Stellen durch den Verschleiß der Dichtung geschlossen. Weiterhin findet eine Ausgasung der eingeschlossenen Medien, z. B. Beschichtungsrückstände, statt. Es hat sich herausgestellt, dass sich durch die Versiegelung die erforderlichen Enddrücke noch schneller erreichen lassen, wobei gleichzeitig ein hoher Verschleißschutz beibehalten wird. Dies lässt sich mutmaßlich damit erklären, dass bei der erfindungsgemäßen Pumpe in der Oxidschicht enthaltene Poren durch die Versiegelung verschlossen sind und ein Gasfluss innerhalb der versiegelten Schicht, z.B. der Gleitschicht, oder ein Ausgasen daraus unterbunden oder zumindest verringert ist. Im Vergleich mit den Versiegelungen bzw. Gleitschichten aus dem oben genannten Stand der Technik, wird vermutet, dass bei der erfindungsgemäßen Pumpe die Poren der Oxidschicht mit dem Sol-Gel-basierten Material der Versiegelung bzw. mit fluorfreiem Polymer, zumindest teilweise gefüllt sind. Hierdurch werden auch Querverbindungen zwischen senkrechten Poren, d.h. die horizontal zur Schicht angeordneten Verästelungen, abgedichtet. Dadurch wird eine noch kürzere Einlaufzeit erreicht, als mit den bekannten Gleitschichten.

[0016] Im Gegensatz zum Stand der Technik, wie in EP 3 153 706 A1 oder in EP 3 940 234 A2 beschrieben, ist die Polymer-basierte Versiegelung fluorfrei. Mit "fluorfrei" sind hierin Materialien beschrieben, die im Wesentlichen kein Fluor enthalten. Dies bedeutet, dass Fluorhaltige Verbindungen zwar in Form von Verunreinigungen oder anderen Zusätzen enthalten sein können, diese jedoch die Grundsätzlichen Eigenschaften der Versiegelung, d.h. die Verbesserung des Korrosionsschutzes, nicht wesentlich verändern. Vorzugsweise bezeichnet "fluorfrei" hierin einen Fluorgehalt von kleiner gleich 100 ppm (= 100 µg/g). Der Fluorgehalt lässt sich beispielsweise mittels Röntgenfluoreszenz-Messungen bestimmen.

[0017] Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Beschichten einer pumpaktiven Komponente einer Pumpe. Das erfindungsgemäße Verfahren umfassend die folgenden Schritte: Schritt A) Bereitstellen der pumpaktiven Komponente aus einem Leichtmetallwerkstück mit einer porösen Oxidschicht auf einer Oberfläche, Schritt B) die pumpaktive Komponente einem Unterdruck Aussetzen, Schritt C) Kontaktieren der porösen Oxidschicht mit einer Lösung, umfassend zumindest einen, insbesondere fluorfreien, polymerisierbaren Versiegelungsvorläufer und/oder zumindest einen Sol-Gel-basierten Versiegelungsvorläufer, wobei zumin-

dest während einem der Schritte A) bis C) an dem pumpaktiven Teil eine Spannung angelegt ist.

[0018] Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird die poröse Oxidstruktur auf der Oberfläche einer pumpaktiven Komponente versiegelt und dadurch vor Korrosion geschützt. Da bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ein Unterdruck angewendet wird, werden Einschlüsse aus den Poren der Oxidstruktur entfernt. Hierdurch kann einerseits der Versiegelungsvorläufer besser und tiefer in die Poren eindringen. Andererseits wird Feuchtigkeit aus der Oxidschicht entfernt, wodurch der Verschleiß der versiegelten Oxidschicht noch geringer ausfällt.

[0019] Das Leichtmetallwerkstück ist insbesondere ein Aluminiumwerkstück, z.B. aus einer der hierin genannten Aluminiumlegierungen.

[0020] Durch das Anlegen einer Spannung findet ein Transport der Versiegelungsvorläufer in die Poren der Oxidschicht statt, sodass eine sehr tiefe Durchdringung der Poren mit der Versiegelung erzielt wird. Es wird angenommen, dass aufgrund dieser Durchdringung sowohl horizontale Poren als auch vertikale Verästelungen durch das erfindungsgemäße Verfahren versiegelt werden. Die erzielbaren Enddrücke und die erforderlichen Einlaufzeiten fallen dadurch sehr niedrig aus.

[0021] Die vorliegende Erfindung betrifft ferner eine Pumpe mit einer pumpaktiven Komponente, welche durch das erfindungsgemäße Verfahren erhältlich ist.

[0022] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt es sich bei der erfindungsgemäßen Pumpe vorzugsweise um eine Spiral- oder Scrollpumpe, insbesondere um eine Spiral- oder Scrollvakuumpumpe, mit als Spiralelemente ausgebildeten Förderelementen. Besonders bevorzugt ist die Versiegelte Oxidschicht zumindest bei einem Tip Seal vorgesehen. Hierbei ist die Versiegelung zumindest bereichsweise auf zumindest eines der als Spiralelemente ausgebildeten Förderelemente aufgebracht. Bei Spiral- oder Scrollpumpen löst die vorliegende Erfindung zusätzliche Aufgaben, wie einer Verkürzung der Einlaufzeit bei gleichzeitig niedrigen erzielbaren Enddrücken.

[0023] Gemäß einer alternativen Ausführungsform handelt es sich bei der erfindungsgemäßen Pumpe um eine Kolbenpumpe, insbesondere um eine Kolbenvakuumpumpe. Die Kolbenpumpe weist zumindest einen Zylinder mit einer Zylinderinnenwand und einem in dem Zylinder bewegbaren Kolben auf. Bei dieser Ausführungsform der Erfindung ist die Versiegelung zumindest bereichsweise auf die Zylinderinnenwand und/oder den Kolben aufgebracht. Ähnlich wie bei der Ausführungsform der Scrollpumpe wirkt bei der Kolbenpumpe die Versiegelung als Gleitschicht der pumpaktiven Komponenten. Die Dichtigkeit und die Einlaufzeiten werden dadurch verkürzt.

[0024] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei der erfindungsgemäßen Pumpe um eine Turbomolekularpumpe, wobei die Versiegelung zumindest bereichsweise auf Rotorscheiben

und/oder Statorscheiben aufgebracht ist. Bei herkömmlichen porösen Oxidschichten auf pumpaktiven Komponenten beginnt eine elektrolytische Korrosion an den Poren der Oxidschicht. Da bei der vorliegenden Erfindung die Poren dieser Oxidschicht versiegelt sind, kann auch die elektrolytische Oxidation nicht stattfinden. Die Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit verbessert daher die Langlebigkeit der Turbomolekularpumpe gemäß dieser bevorzugten Ausführungsform der Erfindung.

[0025] Vorzugsweise ist die pumpaktive Komponente aus einem Leichtmetallwerkstoff gebildet. Bei dem Leichtmetallwerkstoff handelt es sich vorzugsweise um eine Aluminiumlegierung, wobei die vorliegende Erfindung nicht darauf beschränkt ist. Als besonders geeignet haben sich Aluminiumlegierungen der 4000er Serie, 5000er Serie und der 6000er Serie herausgestellt, wobei die Aluminiumlegierungen der 6000er Serie besonders bevorzugt sind. Beispielhafte Vertreter für Aluminiumlegierungen der 6000er Serie sind AlMgSi1 (EN AW-6082) sowie AlMgSi0,5 (EN AW-6060).

[0026] Die Oberfläche der pumpaktiven Komponente weist eine Oxidschicht auf. Diese Oxidschicht kann auf unterschiedliche Weise gebildet werden. Bekannte Verfahren hierfür sind beispielsweise das Anodisieren. Bei der vorliegenden Erfindung ist die pumpaktive Komponenten vorzugsweise aus einer der zuvor genannten Aluminiumlegierungen gebildet, die durch Anodisieren in einem Säureelektrolyt, mit einer Oxidschicht versehen ist. Der Säureelektrolyt kann beispielsweise eine Schwefelsäureelektrolyt oder ein Oxalsäureelektrolyt sein, wobei der Elektrolyt auch Mischungen aus diesen und anderen Säuren sowie andere Zusätze enthalten kann.

[0027] Bei der erfindungsgemäßen Pumpe beträgt eine Schichtdicke der Versiegelung vorzugsweise kleiner gleich 5 µm, bevorzugter kleiner gleich 3 µm, noch bevorzugter kleiner gleich 1 µm. Die Schichtdicke der Versiegelung lässt sich bei dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren durch Variation der Konzentration und der Art der Vorläuferverbindung, z.B. ein Acrylsalz und/oder ein Derivat davon, durch die Stromstärke sowie durch die Dauer der Behandlung der pumpaktiven Komponente beeinflussen. Diese Schichtdicke lässt sich beispielsweise mittels Elektronenmikroskopaufnahmen bestimmen.

[0028] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es bevorzugt, wenn in Schritt C) die Lösung Ionen und/oder ionische Verbindungen enthält. Durch das Anlegen einer Spannung während des erfindungsgemäßen Verfahrens können die Ionen bzw. ionischen Verbindungen tief in die Poren der Oxidschicht eindringen, um dort dann die Versiegelung bereit zu stellen. Aufgrund des tiefen Eindringens in die Poren, werden auch tiefliegende horizontale Verästelungen der porösen Oxidschicht versiegelt.

[0029] Verner ist es bei dem erfindungsgemäßen Verfahren bevorzugt, in der Lösung von Schritt C) zumindest eine Verbindung, d.h. eine Vorläuferverbindung zum Bilden der Versiegelung, mit funktionellen Gruppen aus den

Familien der organischen Anionen, wie beispielsweise der substituierten Acrylate und/oder substituierten Acetate und/oder substituierten Styrole und/oder substituierten Isocyanate und/oder Carboxyle und/oder Sulfonsäure und/oder aus der Familie der anorganischen Ionen, wie beispielsweise Silicate, Aluminate, enthalten ist. Insbesondere substituierte Acrylate sind bevorzugt. Über die Carbonsäure der Acrylat-Funktion lässt sich eine polymerisierbare jedoch ionische Verbindung mit Hilfe der elektrischen Spannung tief in die Poren der porösen Oxidschicht transportieren, sodass eine tiefgehende Versiegelung möglich ist. Besonders bevorzugt umfasst die Lösung von Schritt C) daher Salze der Acrylsäure und/oder Salze von Acrylsäurederivaten. Die Salze der Acrylsäure und/oder der Acrylsäurederivate können in der Lösung von Schritt C) gelöst oder dispergiert sein. Jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht auf Acrylate und deren Derivate beschränkt.

[0030] Die Konzentration der Verbindung mit funktionellen Gruppen liegt bevorzugt im Bereich von 1,0 bis 25 Gew.-%, bevorzugter im Bereich von 3 bis 20 Gew.-% und noch bevorzugter im Bereich von 5 bis 15 Gew.-%.

[0031] Die Lösung von Schritt C) ist bevorzugt eine wässrige Lösung, insbesondere eine wässrige Acrylatsalz Lösung in Form einer ionogenen Dispersion.

[0032] Bei der vorliegenden Erfindung hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, die Spannung während der Behandlung der pumpaktiven Komponente sukzessive zu erhöhen. Vorzugsweise beträgt die Spannung zwischen 40 und 300 V, insbesondere zwischen 50 und 150 V.

[0033] Die Stromdichte bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist bevorzugt im Bereich von 0,25 bis 20 A/dm², bevorzugter im Bereich von 0,5 bis 15 A/dm², noch bevorzugter im Bereich von 1,0 bis 10 A/dm², höchst bevorzugt im Bereich von 1,5 bis 7,0 A/dm².

[0034] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, die Spannung unter Verwendung eines Gleichstroms an die pumpaktive Komponente anzulegen. Hierdurch werden Vorläufer der Versiegelung tief in die Poren der Oxidschicht transportiert, um dort die Versiegelung zu bilden. Innerhalb der Poren werden die Vorläuferverbindungen, z.B. ein Acrylatsalz und/oder ein Derivat davon, abgeschieden bzw. ausgefällt, sodass sich die Versiegelung innerhalb der Poren bildet. Dies führt zu einer tiefgehenden Imprägnierung, die auch horizontale Verästelungen der porösen Struktur verschließt.

[0035] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die pumpaktive Komponente nach Abschluss der elektrochemischen Behandlung wärmebehandelt. Die Wärmebehandlung wird vorzugsweise bei einer Temperatur im Bereich von 80 °C bis 300 °C, insbesondere im Bereich von 100 bis 230 °C, durchgeführt. Bei der Wärmebehandlung bilden sich aus den Vorläufern der Versiegelung die Versiegelung. Ferner kann aufgrund der Wärmebehandlung eine Feuchtigkeit in der porösen Schicht der pumpakti-

ven Komponente verringert werden, was sich vorteilhaft auf den tribologischen Verschleiß auswirkt.

[0036] Bei einer bevorzugten Variante des vorliegenden erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Versiegelungsvorläufer während der elektrochemischen Behandlung in den Poren ausgefällt. Insbesondere bei Versiegelungen auf Sol-Gel-Basis, dringen zunächst die Vorläufer der Versiegelung, d.h. eine Sole, in die Poren der Oxidschicht ein. Die Ausfällung erfolgt dann gleichzeitig mit der Bildung des Gels, d.h. der Versiegelung. Da die Sole sehr tief in die Poren eindringen kann, erfolgt die Versiegelung auch tief in den Poren. Dadurch werden die Poren zumindest teilweise gefüllt und insbesondere horizontale Verästelungen versiegelt.

[0037] Gemäß einer weiteren bevorzugten Variante des vorliegenden erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Versiegelungsvorläufer in der Pore polymerisiert. Der Versiegelungsvorläufer liegt hierbei zum Beispiel als Monomer oder als Präpolymer vor und kann in Form einer Lösung oder Dispersion tief in die Poren der Oxidschicht eindringen. Durch das Polymerisieren erhöht sich die Größe der Monomere bzw. Präpolymere, sodass diese innerhalb der Poren eine Versiegelung bewirken und in den Poren verbleiben. Auch kann sich aufgrund der Polymerisation die Löslichkeit der Monomere bzw. Präpolymere verändern, sodass diese in den Poren ausfallen und eine tiefgehende Versiegelung, auch von horizontalen Verästelungen in der porösen Struktur der Oxidschicht bewirken.

[0038] Gemäß einer weiteren bevorzugten Variante des vorliegenden erfindungsgemäßen Verfahrens wird in Schritt B) die in Schritt A) bereitgestellte pumpaktive Komponente einem Unterdruck ausgesetzt, d.h. der Unterdruck wird nach der Erzeugung der porösen Oxidschicht angewendet. Prinzipiell kann auch bereits die Erzeugung der porösen Oxidschicht unter Unterdruck erfolgen. Bevorzugt wird die pumpaktive Komponente ohne weitere Trocknung nach dem Erzeugen der Oxidschicht dem weiteren Verfahren ausgesetzt. Sofern nach der Erzeugung der Oxidschicht, z.B. durch Anodisieren, eine Trocknung erfolgt, können die Poren durch natürliche Oxidation verschlossen werden, wodurch die Qualität der Versiegelung beeinträchtigt wird. Daher wird vorzugsweise nach einem Erzeugen der Oxidschicht auf der Oberfläche der pumpaktiven Komponente das weitere Verfahren ohne weitere Trocknung und/oder Einlagerung durchgeführt. In anderen Worten, die Versiegelung wird vorzugsweise nass-in-nass durchgeführt, d.h. lediglich mit einem optionalen Spülen zwischen der Erzeugung der Oxidschicht, z.B. durch Anodisieren, und dem weiteren Verfahren.

[0039] Das erfindungsgemäße Verfahren ist vorzugsweise Bestandteil der Herstellung einer Pumpe, insbesondere einer Vakuumpumpe, wie sie hierin beschrieben ist.

[0040] Gemäß einer bevorzugten Variante der vorliegenden Erfindung ist die erfindungsgemäße Pumpe mit einer pumpaktiven Komponente, die durch das hierin

beschriebene Verfahren erhältlich ist, eine Pumpe mit allen Details, die hierin auch unabhängig von dem erfindungsgemäßen Verfahren für Pumpen beschrieben sind.

[0041] Die Erfindung wird nachfolgend lediglich beispielhaft anhand der schematischen Zeichnungen sowie der Beispiele erläutert.

Fig. 1 zeigt eine Scrollpumpe in einer Schnittansicht.

Fig. 2 zeigt ein Elektronikgehäuse der Scrollpumpe.

Fig. 3 zeigt die Scrollpumpe in perspektivischer Ansicht, wobei ausgewählte Elemente freigestellt sind.

Fig. 4 zeigt einen in die Pumpe integrierten Drucksensor.

Fig. 5 zeigt ein bewegliches Spiralbauteil der Pumpe.

Fig. 6 zeigt das Spiralbauteil von einer anderen, der in Fig. 5 sichtbaren Seite gegenüberliegenden Seite.

Fig. 7 zeigt eine Einspannvorrichtung für ein Spiralbauteil.

Fig. 8 und 9 zeigen jeweils eine Exzenterwelle mit einem Ausgleichsgewicht von unterschiedlichen Scrollpumpen.

Fig. 10 zeigt ein Gasballastventil mit einem Betätigungsgriff in perspektivischer Ansicht.

Fig. 11 zeigt das Ventil der Fig. 10 in einer Schnittansicht.

Fig. 12 zeigt einen Teilbereich des Spiralbauteils der Fig. 5 und 6.

Fig. 13 zeigt einen Querschnitt des Spiralbauteils durch die Spiralwand in einem äußeren Endbereich.

Fig. 14 zeigt eine Luftleithaube der Scrollpumpe der Fig. 1 in perspektivischer Ansicht.

Fig. 15 zeigt ein Abdrückgewinde in einer Schnittdarstellung.

Fig. 16 zeigt eine Detaildarstellung der Spiral- oder Scrollpumpe aus Fig. 1.

Fig. 17 zeigt eine elektronenmikroskopische Querschnittsansicht einer Oxidschicht.

Fig. 18 zeigt eine stärker vergrößerte elektronenmikroskopische Querschnittsansicht der Oxidschicht von Fig. 16.

Fig. 19 zeigt eine elektronenmikroskopische Aufsicht auf die Oxidschicht von Fig. 16 und 17.

Fig. 20 zeigt die Entwicklung des Vakuums bei Einsatz einer Scrollpumpe mit unterschiedlich beschichteten bzw. unbeschichteten Förderelementen.

Fig. 21 zeigt eine perspektivische Ansicht einer Turbomolekularpumpe.

Fig. 22 zeigt eine Ansicht der Unterseite der Turbomolekularpumpe von Fig. 21.

Fig. 23 zeigt einen Querschnitt der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 22 gezeigten Schnittlinie A-A.

Fig. 24 zeigt eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 22 gezeigten Schnittlinie B-B.

Fig. 25 zeigt eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 22 gezeigten Schnittlinie C-C.

[0042] Auch wenn die vorliegende Erfindung nicht auf Scrollpumpen 20, wie sie in den Fig. 1 bis 16 beispielhaft dargestellt ist, beschränkt ist, hat sie sich als sehr geeignet dafür erwiesen. Prinzipiell kann die erfindungsgemäße Pumpe auch eine Turbomolekularpumpe (siehe die beispielhafte Beschreibung anhand der Fig. 21 bis 25) oder eine Kolbenpumpe sein (in den Figuren nicht dargestellt).

[0043] Die Fig. 1 zeigt eine als Scrollpumpe 20 ausgebildete Vakuumpumpe. Diese umfasst ein erstes Gehäuseelement 22 und ein zweites Gehäuseelement 24, wobei das zweite Gehäuseelement 24 eine pumpaktive Struktur aufweist, nämlich eine Spiralwand 26. Das zweite Gehäuseelement 24 bildet also ein feststehendes Spiralbauteil der Scrollpumpe 20. Die Spiralwand 26 wirkt mit einer Spiralwand 28 eines beweglichen Spiralbauteils 30 zusammen, wobei das bewegliche Spiralbauteil 30 zum Erzeugen einer Pumpwirkung über eine Exzenterwelle 32 exzentrisch erregt wird. Dabei wird ein zu pumpendes Gas von einem Einlass 31, welcher im ersten Gehäuseelement 22 definiert ist, zu einem Auslass 33 gefördert, welcher im zweiten Gehäuseelement 24 definiert ist.

[0044] Die Exzenterwelle 32 ist durch einen Motor 34

angetrieben und durch zwei Wälzlager 36 gelagert. Sie umfasst einen exzentrisch zu ihrer Rotationsachse angeordneten Exzenterzapfen 38, der über ein weiteres Wälzlager 40 seine exzentrische Auslenkung an das bewegliche Spiralbauteil 30 überträgt. An dem beweglichen Spiralbauteil 30 ist zwecks Abdichtung außerdem ein in Fig. 1 linksseitiges Ende eines Wellbalgs 42 befestigt, dessen rechtsseitiges Ende an dem ersten Gehäuseelement 22 befestigt ist. Das linksseitige Ende des Wellbalgs 42 folgt der Auslenkung des beweglichen Spiralbauteils 30.

[0045] Die Scrollpumpe 20 umfasst einen Lüfter 44 zur Erzeugung eines Kühlluftstromes. Für diesen Kühlluftstrom ist eine Luftleithaube 46 vorgesehen, an der der Lüfter 44 auch befestigt ist. Die Luftleithaube 46 und die Gehäuseelemente 22 und 24 sind derart geformt, dass der Kühlluftstrom im Wesentlichen das gesamte Pumpengehäuse umströmt und somit eine gute Kühlleistung erreicht.

[0046] Die Scrollpumpe 20 umfasst ferner ein Elektronikgehäuse 48, in dem eine Steuerungseinrichtung und Leistungselektronikkomponenten zum Antrieb des Motors 34 angeordnet sind. Das Elektronikgehäuse 48 bildet außerdem einen Standfuß der Pumpe 20. Zwischen dem Elektronikgehäuse 48 und dem ersten Gehäuseelement 22 ist ein Kanal 50 sichtbar, durch den ein vom Lüfter 44 erzeugter Luftstrom am ersten Gehäuseelement 22 und auch am Elektronikgehäuse 48 entlanggeführt ist, sodass beide wirksam gekühlt werden.

[0047] Das Elektronikgehäuse 48 ist in Fig. 2 näher veranschaulicht. Es umfasst mehrere gesonderte Kammern 52. In diesen Kammern 52 können Elektronikkomponenten vergossen werden und sind somit vorteilhaft abgeschirmt. Bevorzugt kann beim Vergießen der Elektronikkomponenten eine möglichst minimale Menge des Vergussmaterials verwendet werden. Zum Beispiel kann zuerst das Vergussmaterial in die Kammer 52 eingebracht werden und anschließend die Elektronikkomponente hineingedrückt werden. Vorzugsweise können die Kammern 52 so ausgeführt sein, dass verschiedene Varianten der Elektronikkomponenten, insbesondere verschiedene Bestückungsvarianten einer Platine, in dem Elektronikgehäuse 48 angeordnet werden können und/oder vergossen werden können. Für bestimmte Varianten können dabei auch einzelne Kammern 52 leer bleiben, also keine Elektronikkomponente aufweisen. So kann auf einfache Weise ein sogenanntes Baukastensystem für verschiedene Pumpentypen realisiert werden. Das Vergussmaterial kann insbesondere wärmeleitend und/oder elektrisch isolierende ausgebildet sein.

[0048] An einer in Bezug auf Fig. 2 hinteren Seite des Elektronikgehäuses 48 sind mehrere Wände oder Rippen 54 ausgebildet, die mehrere Kanäle 50 zum Leiten eines Kühlluftstromes definieren. Die Kammern 52 ermöglichen außerdem eine besonders gute Wärmeabfuhr von den in ihnen angeordneten Elektronikkomponenten, insbesondere in Verbindung mit einem wärmeleitenden Vergussmaterial, und hin zu den Rippen 54. Die Elektron-

ikkomponenten lassen sich somit besonders wirksam kühlen und ihre Lebensdauer wird verbessert.

[0049] In Fig. 3 ist die Scrollpumpe 20 als Ganzes perspektivisch dargestellt, wobei jedoch die Luftleithaube 46 ausgeblendet ist, sodass insbesondere das feststehende Spiralbauteil 24 und der Lüfter 44 sichtbar sind. An dem feststehenden Spiralbauteil 24 sind mehrere, sternförmig angeordnete Ausnehmungen 56 vorgesehen, die jeweils zwischen den Ausnehmungen 56 angeordnete Rippen 58 definieren. Der vom Lüfter 44 erzeugte Kühlluftstrom führt durch die Ausnehmungen 56 und vorbei an den Rippen 58 und kühlt so das feststehende Spiralbauteil 24 besonders wirksam. Dabei umströmt der Kühlluftstrom zunächst das feststehende Spiralbauteil 24 und erst anschließend das erste Gehäuseelement 22 bzw. das Elektronikgehäuse 48. Diese Anordnung ist besonders vorteilhaft, da der pumpaktive Bereich der Pumpe 20 aufgrund der Kompression im Betrieb eine hohe Wärmeentwicklung aufweist und daher hier vorrangig gekühlt wird.

[0050] Die Pumpe 20 umfasst einen in diese integrierten Drucksensor 60. Dieser ist innerhalb der Luftleithaube 46 angeordnet und in das feststehende Spiralbauteil 24 eingeschraubt. Der Drucksensor 60 ist über eine nur teilweise dargestellte Kabelverbindung mit dem Elektronikgehäuse 48 und einer darin angeordneten Steuerungseinrichtung verbunden. Dabei ist der Drucksensor 60 in die Steuerung der Scrollpumpe 20 eingebunden. Zum Beispiel kann der Motor 34, der in Fig. 1 sichtbar ist, in Abhängigkeit von einem vom Drucksensor 60 gemessenen Druck angesteuert werden. Z.B. beim Einsatz der Pumpe 20 in einem Vakuumsystem als Vorpumpe für eine Hochvakuumpumpe kann beispielsweise die Hochvakuumpumpe nur dann eingeschaltet werden, wenn der Drucksensor 60 einen ausreichend niedrigen Druck misst. So kann die Hochvakuumpumpe vor einer Beschädigung geschützt werden.

[0051] Fig. 4 zeigt den Drucksensor 60 und seine Anordnung am feststehenden Spiralbauteil 24 in einer Querschnittsdarstellung. Für den Drucksensor 60 ist ein Kanal 62 vorgesehen, der hier in einen nicht pumpaktiven Außenbereich zwischen den Spiralwänden 26 und 28 der feststehenden bzw. beweglichen Spiralbauteile 24 und 30 mündet. Somit misst der Drucksensor 60 einen Ansaugdruck der Pumpe. Alternativ oder zusätzlich kann beispielsweise auch ein Druck zwischen den Spiralwänden 26 und 28 in einem pumpaktiven Bereich gemessen werden. Je nach Position des Drucksensors 60 bzw. des Kanals 62 können also zum Beispiel auch Zwischendrücke gemessen werden.

[0052] Der Drucksensor 60 erlaubt, zum Beispiel über die Ermittlung einer Kompression, insbesondere eine Erkennung eines Verschleißzustandes der pumpaktiven Komponenten, insbesondere eines auch als Tip Seal bezeichneten Dichteelements 64. Weiterhin kann der gemessene Ansaugdruck auch zu einer Regelung der Pumpe verwendet werden (u. a. Pumpendrehzahl). So kann beispielsweise ein Ansaugdruck softwareseitig vor-

gegeben werden und durch Variation der Pumpendrehzahl ein Ansaugdruck eingestellt werden. Auch ist denkbar, dass abhängig vom gemessenen Druck ein verschleißbedingter Druckanstieg durch Drehzahlsteigerung kompensiert werden kann. Somit kann ein Tip Seal-Wechsel verschoben werden bzw. größere Wechselintervalle realisiert werden. Die Daten des Drucksensors 60 können also generell z.B. zur Verschleißbestimmung, zur situativen Steuerung der Pumpe, zur Prozesskontrolle, etc. verwendet werden.

[0053] Der Drucksensor 60 kann zum Beispiel optional vorgesehen sein. Anstelle des Drucksensors 60 kann beispielsweise ein Blindstopfen zum Verschließen des Kanals 62 vorgesehen sein. Ein Drucksensor 60 kann dann beispielsweise bei Bedarf nachgerüstet werden. Insbesondere im Hinblick auf die Nachrüstung, aber auch generell vorteilhaft, kann vorgesehen sein, dass der Drucksensor 60 beim Anschließen an die Steuerungseinrichtung der Pumpe 20 automatisch erkannt wird.

[0054] Der Drucksensor 60 ist im Kühlluftstrom des Lüfters 44 angeordnet. Hierdurch wird auch er vorteilhaft gekühlt. Dies hat außerdem zur Folge, dass keine besonderen Maßnahmen für eine höhere Temperaturbeständigkeit des Drucksensors 60 zu treffen sind und folglich ein kostengünstiger Sensor eingesetzt werden kann.

[0055] Außerdem ist der Drucksensor 60 insbesondere derart angeordnet, dass die äußeren Abmessungen der Pumpe 20 durch ihn nicht vergrößert sind und die Pumpe 20 folglich kompakt bleibt.

[0056] In den Fig. 5 und 6 ist das bewegliche Spiralbauteil 30 in verschiedenen Ansichten gezeigt. In Fig. 5 ist die spiralförmige Struktur der Spiralwand 28 besonders gut sichtbar. Neben der Spiralwand 28 umfasst das Spiralbauteil 30 eine Grundplatte 66, ausgehend von der sich die Spiralwand 28 erstreckt.

[0057] Eine der Spiralwand 28 abgewandte Seite der Grundplatte 66 ist in Fig. 6 sichtbar. An dieser Seite umfasst die Grundplatte unter anderem mehrere Befestigungsausnehmungen, etwa zur Befestigung des Lagers 40 und des Wellbalgs 42, die in Fig. 1 sichtbar sind.

[0058] Außen an der Grundplatte 66 sind drei über den Umfang der Grundplatte 66 beabstandete und gleichmäßig über den Umfang verteilte Haltevorsprünge 68 vorgesehen. Die Haltevorsprünge 68 erstrecken sich dabei radial nach außen. Die Haltevorsprünge 68 weisen insbesondere alle die gleiche radiale Höhe auf.

[0059] Zwischen zwei der Haltevorsprünge 68 erstreckt sich ein erster Zwischenabschnitt 70 des Umfangs der Grundplatte 66. Dieser erste Zwischenabschnitt 70 weist eine größere radiale Höhe auf als ein zweiter Zwischenabschnitt 72 und als ein dritter Zwischenabschnitt 74. Der erste Zwischenabschnitt 70 ist einem äußersten 120°-Abschnitt der Spiralwand 28 gegenüberliegend angeordnet.

[0060] Bei der Herstellung des beweglichen Spiralbauteils 30 werden bevorzugt die Grundplatte 66 und die

Spiralwand 28 aus einem Vollmaterial gemeinsam spannend hergestellt, d. h. die Spiralwand 28 und die Grundplatte 66 sind einteilig ausgebildet.

[0061] Zum Beispiel bei einer Schlichtbearbeitung kann das Spiralbauteil 30 an den Haltevorsprüngen 68 direkt eingespannt sein. Im Rahmen ein und derselben Einspannung kann zum Beispiel auch die in Fig. 6 gezeigte Seite der Grundplatte 66 bearbeitet werden, insbesondere die Befestigungsausnehmungen eingebracht werden. Grundsätzlich kann im Rahmen dieser Einspannung auch die spannende Herstellung der Spiralwand 28 aus dem Vollmaterial erfolgen.

[0062] Das Spiralbauteil 30 kann zu diesem Zweck beispielsweise mit einer Einspannvorrichtung 76 eingespannt sein, wie sie in Fig. 7 gezeigt ist. Diese weist ein hydraulisches Dreibackenfutter 78 zur direkten Anlage an den drei Haltevorsprüngen 68 auf. Außerdem weist die Einspannvorrichtung 76 eine durchgehende Ausnehmung 80 auf, durch die ein Werkzeugzugang zu dem Spiralbauteil 30, insbesondere zu der in Fig. 6 gezeigten Seite desselben, ermöglicht ist. Somit können Bearbeitungsvorgänge von beiden Seiten während einer Einspannung erfolgen, insbesondere wenigstens eine Schlichtbearbeitung der Spiralwand 28 und ein Einbringen von Befestigungsausnehmungen.

[0063] Die Kontur der Haltevorsprünge 68 und der Spanndruck der Einspannvorrichtung 76 sind bevorzugt so gewählt, dass keine kritischen Verformungen des Spiralbauteils 30 stattfinden. Die drei Haltevorsprünge 68 sind bevorzugt so gewählt, dass die äußere Dimension, also der maximale Durchmesser des Spiralbauteils 30 nicht vergrößert werden. Somit kann zum einen Material und zum anderen Zerspanungsvolumen eingespart werden. Die Haltevorsprünge 68 sind insbesondere so ausgeführt und/oder an einer solchen Winkelposition angeordnet, dass die Zugänglichkeit der Verschraubung des Wellbalgs 42 gegeben ist. Die Anzahl der Verschraubungspunkte des Wellbalgs 42 ist bevorzugt ungleich der Anzahl der Haltevorsprünge 68 am beweglichen Spiralbauteil 30.

[0064] An der Exzenterwelle 32 der Fig. 1 sind zwei Ausgleichsgewichte 82 zum Ausgleich einer Unwucht des erregten Systems angebracht. Der Bereich des in Fig. 1 rechtsseitigen Ausgleichsgewichts 82 ist in Fig. 8 vergrößert dargestellt. Das Ausgleichsgewicht 82 ist an der Exzenterwelle 32 festgeschraubt.

[0065] Ein ähnlicher Bildausschnitt ist in Fig. 9 für eine andere Scrollpumpe gezeigt, die bevorzugt derselben Baureihe der Pumpe 20 der Fig. 1 angehört. Die der Fig. 9 zugrunde liegende Pumpe weist insbesondere andere Dimensionen auf und benötigt daher ein anderes Ausgleichsgewicht 82.

[0066] Die Exzenterwellen 32, die Ausgleichsgewichte 82 und die Gehäuseelemente 22 sind so dimensioniert, dass an der jeweils gezeigten Befestigungsposition nur eine bestimmte Art der zwei gezeigten Arten von Ausgleichsgewichten 82 an der Exzenterwelle 32 montierbar ist.

[0067] Die Ausgleichsgewichte 82 sind in den Fig. 8 und 9 zusammen mit bestimmten Abmessungen des für sie vorgesehenen Bauraumes bemaßt, um zu verdeutlichen, dass das Ausgleichsgewicht 82 der Fig. 9 nicht an der Exzenterwelle 32 montierbar ist und umgekehrt. Es versteht sich, dass die angegebenen Maße rein beispielhaft genannt sind.

[0068] So beträgt in Fig. 8 ein Abstand zwischen einer Befestigungsbohrung 84 und einem Wellenabsatz 86 9,7 mm. Das Ausgleichsgewicht 82 der Fig. 8 ist in der entsprechenden Richtung kürzer ausgebildet, nämlich 9 mm lang, kann also problemlos montiert werden. Das Ausgleichsgewicht 82 der Fig. 9 weist jeweils gemessen von der Befestigungsbohrung eine Längserstreckung von 11 mm auf. Somit ist das Ausgleichsgewicht 82 der Fig. 9 nicht an der Exzenterwelle 32 der Fig. 8 montierbar, da der Wellenabsatz 86 mit dem Ausgleichsgewicht 82 bei einer versuchten Montage kollidiert bzw. da somit das Ausgleichsgewicht 82 der Fig. 9 nicht vollständig in Anlage mit der Exzenterwelle 32 der Fig. 8 gebracht werden kann. Dadurch, dass das Ausgleichsgewicht 82 der Fig. 9 in beiden bemaßten Dimensionen größer ist als der Abstand von Befestigungsbohrung 84 und Wellenabsatz 86 in Fig. 8, ist auch eine Montage in umgedrehter Richtung verhindert. Zudem verhindert die Dimension von 21,3 mm des Ausgleichsgewichts 82 der Fig. 8 eine umgedrehte und folglich falsche Montageausrichtung des ansonsten richtigen Ausgleichsgewichts 82.

[0069] In Fig. 9 beträgt ein Abstand in Längsrichtung zwischen der Befestigungsbohrung 84 und einer Gehäuseschulter 88 17,5 mm. Das Ausgleichsgewicht 82 der Fig. 8 mit seiner Erstreckung von 21,3 mm würde beim Einschieben der Exzenterwelle 32 der Fig. 9 mit der Gehäuseschulter 88 kollidieren, sodass keine vollständige Montage möglich wäre. Die falsche Montage ist zwar zunächst möglich, wird aber zuverlässig erkannt. Bei einer um die Achse der Befestigungsbohrung 84 verdrehten Montage des Ausgleichsgewicht 82 der Fig. 8 an der Exzenterwelle 32 der Fig. 9 würde die Erstreckung von 21,3 mm mit der Wellenschulter 86 kollidieren, die nur in einem Abstand von 13,7 mm von der Befestigungsbohrung 84 angeordnet ist.

[0070] Die Ausgleichsgewichte 82, insbesondere ein motorseitiges Ausgleichsgewicht 82, sind allgemein so ausgeführt, dass eine Verwechslung des Ausgleichsgewichts mit solchen anderer Baugrößen bei der Montage und/oder beim Service vermieden wird. Die Ausgleichsgewichte werden bevorzugt mittels Durchgangsschrauben befestigt. Ähnliche Ausgleichsgewichte verschiedener Pumpengrößen sind insbesondere so ausgeführt, dass aufgrund angrenzender Absätze auf der Welle, der Positionen von Gewinde und Durchgangsbohrung des Ausgleichsgewichts sowie von Absätzen innerhalb des Gehäuses eine Montage des falschen Ausgleichsgewichts verhindert wird.

[0071] In den Fig. 10 und 11 ist ein Gasballastventil 90 der Scrollpumpe 20 gezeigt. Dieses ist auch in der Gesamtdarstellung der Pumpe 20 in Fig. 3 sichtbar und am

feststehenden Spiralbauteil 24 angeordnet.

[0072] Das Gasballastventil 90 umfasst einen Betätigungsgriff 92. Dieser umfasst einen Kunststoffkörper 94 und ein Basiselement 96, welches bevorzugt aus Edelstahl hergestellt ist. Das Basiselement 96 umfasst eine durchgehende Bohrung 98, die einerseits zum Anschluss und Einleiten eines Ballastgases vorgesehen ist und andererseits ein Rückschlagventil 100 umfasst. Die Bohrung 98 ist außerdem in den Darstellungen mittels eines Stopfens 102 verschlossen. Anstelle des Stopfens 102 kann beispielsweise auch ein Filter vorgesehen sein, wobei das Ballastgas bevorzugt Luft sein kann und über den Filter insbesondere direkt in das Ventil 90 eintritt.

[0073] Der Betätigungsgriff 92 ist mit drei Befestigungsschrauben 104 an einem drehbaren Element 106 des Ventils 90 befestigt, die in einer jeweiligen Bohrung 108 angeordnet sind und von denen in der gewählten Schnittdarstellung der Fig. 11 nur eine sichtbar ist. Das drehbare Element 106 ist mit einer nicht dargestellten, durch eine Bohrung 110 verlaufende Befestigungsschraube am zweiten Gehäuseelement 24 drehbar befestigt.

[0074] Zur Betätigung des Ventils 90 wird ein manuell am Betätigungsgriff 92 angelegtes Drehmoment an das drehbare Element 106 übertragen und dieses somit gedreht. Somit gelangt die Bohrung 98 in Kommunikation mit einem Inneren des Gehäuses. Für das Ventil 90 sind dabei drei Schaltstellungen vorgesehen, nämlich die in Fig. 10 dargestellte, welche eine Sperrstellung ist, und jeweils eine nach rechts und nach links verdrehte Stellung, in denen die Bohrung 98 mit unterschiedlichen Bereichen des Inneren des Gehäuses in Kommunikation steht.

[0075] Die Bohrungen 108 und 110 sind durch einen Deckel 112 verschlossen. Die Dichtwirkung des Gasballastventiles 90 beruht auf axial verpressten O-Ringen. Bei Betätigung des Ventils 90 wird eine Relativbewegung auf die O-Ringe ausgeübt. Gelangen Verschmutzungen, wie etwa Partikel, an die Oberfläche eines O-Rings, so birgt dies die Gefahr eines frühzeitigen Ausfalls. Der Deckel 112 verhindert ein Eindringen von Verschmutzungen und ähnlichem an die Schrauben des Griffes 92.

[0076] Dieser Deckel 112 wird über eine Übermaßpassung dreier Zentrierelemente befestigt. Konkret weist der Deckel 112 für jede Bohrung 108 einen nicht dargestellten Einsteckzapfen auf, mit denen der Deckel 112 in den Bohrungen 108 gehalten ist. Die Bohrungen 108 und 110 sowie die darin angeordneten Befestigungsschrauben sind somit vor Verschmutzungen geschützt. Insbesondere bei der in der Bohrung 110 angeordneten, nicht dargestellten Befestigungsschraube, die eine Drehbewegung erlaubt, kann so ein Verschmutzungseintrag in die Ventilmechanik wirksam minimiert werden und so die Lebensdauer des Ventils verbessert werden.

[0077] Der Kunststoff-Griff mit umspritztem Edelstahl-Basisteil sorgt für eine gute Korrosionsbeständigkeit bei gleichzeitig niedrigen Herstellkosten. Weiterhin bleibt

der Kunststoff des Griffs aufgrund der eingeschränkten Wärmeleitung kühler und lässt sich dadurch besser bedienen.

[0078] Für den Lüfter 44, wie er beispielsweise in den Fig. 1 und 3 sichtbar ist, ist bevorzugt eine Drehzahlregelung vorgesehen. Der Lüfter wird mittels PWM abhängig von Leistungsaufnahme und Temperatur des Leistungsmoduls gesteuert, welches z.B. im Elektronikgehäuse 48 untergebracht ist. Die Drehzahl wird analog zur Leistungsaufnahme eingestellt. Die Regelung wird jedoch erst ab einer Modultemperatur von 50 °C zugelassen. Falls die Pumpe in Temperaturbereiche eines möglichen Deratings (temperaturbedingte Leistungsreduktion) hineinkommt, wird automatisch die max. Lüfterdrehzahl angesteuert. Mit dieser Regelung wird ermöglicht, dass bei kalter Pumpe ein minimaler Geräuschpegel erreicht wird, dass im Enddruck bzw. bei geringer Last ein niedriger Geräuschpegel - entsprechend dem Pumpengeräusch - herrscht, dass eine optimale Kühlung der Pumpe bei gleichzeitig niedrigem Geräuschpegel erreicht wird, und dass vor einer temperaturbedingten Leistungsreduktion die max. Kühlleistung sichergestellt wird.

[0079] Die maximale Lüfterdrehzahl kann, insbesondere situativ, anpassbar sein. Z. B. kann es für eine hohe Wasserdampfverträglichkeit zielführend sein, die maximale Lüfterdrehzahl herabzusetzen.

[0080] In Fig. 12 ist das bewegliche Spiralbauteil 30 teilweise und gegenüber Fig. 5 vergrößert dargestellt. Eine Schnittansicht des Spiralbauteils 30 entlang der in Fig. 12 angedeuteten Linie A:A ist in Fig. 13 schematisch und nicht maßstabsgerecht dargestellt.

[0081] Die Spiralwand 28 weist an ihrem der Grundplatte 66 abgewandten und einer Grundplatte des hier nicht dargestellten, festen Spiralbauteils 24 zugewandten Ende eine Nut 114 zur Einlage eines hier ebenfalls nicht dargestellten Dichtungselements 64 auf, nämlich eines sogenannten Tip Seals. Die Anordnung im Betriebszustand ist z.B. in Fig. 4 gut sichtbar. Gemäß einer vorzugsweisen Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpe ist ein Tip Seal vorgesehen, welcher in schleifenden Kontakt mit der Gleitschicht, d.h. der versiegelten Oxidschicht, steht.

[0082] Die Nut 114 ist nach außen und nach innen durch zwei gegenüberliegende Seitenwände begrenzt, nämlich durch eine innere Seitenwand 116 und eine äußere Seitenwand 118. In einem ersten Spiralabschnitt 120 ist die äußere Seitenwand 118 dicker ausgeführt als die innere Seitenwand 116 im ersten Spiralabschnitt 120 und dicker als beide Seitenwände 116 und 118 in einem anderen, zweiten Spiralabschnitt 122.

[0083] Der erste Spiralabschnitt 120 erstreckt sich vom in Fig. 12 angedeuteten Ort bis zum äußeren Ende der Spiralwand 28, wie es beispielsweise auch in Fig. 5 angedeutet ist. Der erste Spiralabschnitt 120 erstreckt sich hier beispielhaft über etwa 163°.

[0084] Der erste Spiralabschnitt 120 bildet einen äußeren Endabschnitt der Spiralwand 28. Dabei ist der

erste Spiralabschnitt 120 zumindest teilweise, insbesondere vollständig in einem nicht pumpaktiven Bereich der Spiralwand 28 angeordnet. Insbesondere kann der erste Spiralabschnitt 120 den nicht pumpaktiven Bereich der Spiralwand 28 zumindest im Wesentlichen vollständig ausfüllen.

[0085] Wie es in Fig. 5 sichtbar ist, kann bevorzugt der erste Zwischenabschnitt 70 zwischen zwei Haltevorsprüngen 68, welcher eine größere radiale Höhe hat, als andere Zwischenabschnitte 72 und 74, dem ersten Spiralabschnitt 120 gegenüberliegend angeordnet sein. Eine durch die dickere Seitenwand 118 eingebrachte Unwucht kann somit durch das größere Gewicht des ersten Zwischenabschnitt 70 ausgeglichen werden.

[0086] Für eine geringe Systembelastung der Lager und anderer Bauteile sollte das bewegliche Spiralbauteil allgemein bevorzugt ein geringes Eigengewicht besitzen. Daher werden die Spiralwände generell sehr dünn ausgeführt. Weiterhin ergeben sich bei dünneren Wänden geringere Pumpenabmessungen (signifikanter Außendurchmesser). Die Seitenwände der Tip Seal-Nut sind in der Folge besonders dünn. Das Verhältnis der TipSeal-Wanddicke zur gesamten Spiralwanddicke beträgt z.B. höchstens 0,17. Aufgrund der Tip Seal-Nut ist jedoch die Spiralwandspitze sehr empfindlich gegenüber Stößen beim Handling, wie etwa bei der Montage oder beim Wechseln des Tip Seal. Durch leichte Stöße, z. B. auch beim Transport, kann die Seitenwand der Nut nach innen gedrückt werden, sodass sich das Tip Seal nicht mehr montieren lässt. Zur Lösung dieses Problems umfasst die Nut eine unsymmetrische Wanddicke, insbesondere eine nach außen lokale Aufdickung der Spiralwand. Dieser Bereich ist bevorzugt nicht pumpaktiv und kann daher mit einer größeren Toleranz gefertigt werden. Durch die einseitige Aufdickung an der, insbesondere letzten halben, Windung werden Schädigungen deutlich reduziert. An übrigen Stellen des Bauteils ist bevorzugt eine Aufdickung der Spiralwand nicht notwendig, da die Wand durch überstehende Elemente des Bauteils geschützt ist.

[0087] Die in Fig. 1 gezeigte Luftleithaube 46 definiert einen Luftstrom, wie er durch einen gestrichelten Pfeil 124 angedeutet ist. Der Lüfter 44 ist mit einer Steuerungseinrichtung in dem Elektronikgehäuse 48 über ein nicht dargestelltes Kabel, welches durch die Luftleithaube 46 verläuft, und über eine Steckverbindung verbunden. Diese umfasst eine Buchse 126 und einen Stecker 128. Die Buchse 126 ist am Elektronikgehäuse 48 gelagert und/oder an einer in dem Elektronikgehäuse 48 angeordneten Platine befestigt. Die Buchse 126 ist beispielsweise auch in den Fig. 2 und 3 sichtbar. Der Stecker 128 ist über das nicht dargestellte Kabel mit dem Lüfter 44 verbunden.

[0088] Die Steckverbindung 126, 128 ist durch eine Trennwand 130 von dem Luftstrom 124 getrennt. Der Luftstrom 124, der zum Beispiel Stäube oder ähnliche Verschmutzungen enthalten kann, wird somit von der Steckverbindung 126, 128 ferngehalten. Somit wird ei-

nerseits die Steckverbindung 126, 128 selbst geschützt und es wird andererseits verhindert, dass die Verschmutzungen durch die für die Buchse 126 vorgesehene Öffnung im Elektronikgehäuse 48 in dieses hinein und zur Steuerungseinrichtung und/oder Leistungselektronik gelangen.

[0089] Die Luftleithaube 46 ist in Fig. 14 separat und perspektivisch dargestellt. Es ist unter anderem die Trennwand 130 mit dem dahinter definierten, für den Stecker 128 vorgesehenen Raum sichtbar. Die Trennwand 130 umfasst eine hier als V-förmige Kerbe ausgeführte Ausnehmung 132 zur Durchführung eines Kabels vom Stecker 128 zum Lüfter 44.

[0090] Z.B. zur Kostenersparnis können kostengünstige Steckverbinder ohne Abdichtung (z.B. kein IP-Schutz) zum Einsatz kommen, da die Trennwand 130 dafür sorgt, dass die angesaugte Luft nicht über den Durchbruch des Steckverbinders 126, 128 an die Elektronik gelangt. Das Kabel des Lüfters wird durch die V-förmige Kerbe 132 seitlich durch die Trennwand 130 geführt. Die Kerbe 132 weist einen seitlichen Versatz zu dem Steckverbinder 126, 128 auf, wodurch eine Labyrinthwirkung und somit eine weitere Verringerung der Leckage von Kühlluft zu dem Steckverbinder 126, 128 erreicht werden. Durch eine Trennwand 130 innerhalb der Luftleithaube 46 wird außerdem die Luftführung in den Kanal 50 zwischen Elektronikgehäuse 48 und Pumpengehäuse 22 verbessert. Es entsteht weniger Verwirbelung und Gegendruck für den Lüfter 44.

[0091] Die Fig. 15 zeigt einen Anlagebereich zwischen dem ersten Gehäuseelement 22 und dem zweiten Gehäuseelement bzw. feststehenden Spiralbauteil 24 in einer schematischen Schnittdarstellung. Das zweite Gehäuseelement 24 ist mit einer Übergangspassung 134 teilweise in das erste Gehäuseelement 22 eingesteckt. Dabei ist eine Abdichtung mittels eines O-Rings 136 vorgesehen. Die Übergangspassung 134 dient zum Beispiel auch der Zentrierung des zweiten Gehäuseelements 24 gegenüber dem ersten Gehäuseelement 22.

[0092] Zu Wartungszwecken, zum Beispiel zum Austausch des Dichtungselements 64, muss das zweite Gehäuseelement 24 zum Beispiel demontiert werden. Dabei kann es vorkommen, dass die Übergangspassung 134 oder der O-Ring 136 klemmen, wenn das zweite Gehäuseelement 24 nicht gerade genug herausgezogen wird. Zur Lösung dieses Problems ist ein Abdrückgewinde 138 vorgesehen. Bevorzugt kann auch zumindest im Wesentlichen radial gegenüberliegend ein zweites Abdrückgewinde vorgesehen sein. Zum möglichst geraden und geführten Lösen des zweiten Gehäuseelements 24 kann eine Schraube in das Abdrückgewinde 38 eingeschraubt werden, bis die Schraube aus diesem heraus hervorsteht und in Anlage mit dem ersten Gehäuseelement 22 gelangt. Durch weiteres Einschrauben werden die Gehäuseelemente 22 und 24 voneinander weggedrückt.

[0093] Zum Abdrücken können zum Beispiel die zur Befestigung des zweiten Gehäuseelements 24 am ers-

ten Gehäuseelement 22 vorgesehenen Befestigungsschrauben 142 verwendet werden, wie sie beispielsweise in den Fig. 1 und 3 bezeichnet sind. Zu diesem Zweck weist das Abdrückgewinde 138 bevorzugt die gleiche Gewindeart auf, wie für die Befestigungsschrauben 142 vorgesehene Befestigungsgewinde.

[0094] Am zweiten Gehäuseelement 22 ist eine Senkung 140 vorgesehen, die dem Abdrückgewinde 138 zugeordnet ist. Falls beim Einschrauben der Schraube in das Abdrückgewinde 138 Abriebpartikel ausgetragen werden, sammeln sich diese in der Senkung 140. Somit wird verhindert, dass derartige Abriebpartikel zum Beispiel eine vollständige Anlage der Gehäuseelemente 22 und 24 aneinander verhindern.

[0095] Bei der Montage des festen Spiralbauteils 24 müssen die Schrauben wieder herausgedreht werden, da sonst ein vollständiges Verschrauben (Richtiger Sitz auf der Planfläche des Gehäuses) des feststehenden Spiralbauteils 24 am ersten Gehäuseelement 22 womöglich verhindert ist. Leckage, Schiefstellung und Verringerung der Pumppformance können die Folge sein. Zur Vermeidung dieses Montagefehlers verfügt die Luftleithaube 46 über wenigstens einen, insbesondere zusätzlichen, in Fig. 14 gezeigten Dom 144, der ein Montieren der Luftleithaube 46 nur dann ermöglicht, wenn die zum Abdrücken verwendeten Schrauben, insbesondere die Befestigungsschrauben 142, wieder entfernt worden sind. Denn die Luftleithaube 46 mit dem Dom 144 ist derart ausgebildet, dass sie mit einem Schraubenkopf einer etwaig in das Abdrückgewinde 138 eingeschraubten Abdrückschraube kollidieren würde, sodass die Luftleithaube 46 nicht vollständig montierbar wäre. Insbesondere kann die Luftleithaube 46 nur bei vollständig demontierten Abdrückschrauben montiert werden.

[0096] Fig. 16 zeigt schematisch eine Detaildarstellung der Spiral- oder Scrollpumpe 20 gemäß den vorherigen Figuren, in dem Bereich, wo die Dichtung 150 den mit der Gleitschicht 152, d.h. der versiegelten Oxidschicht, versehenen Träger 154, in Form der Grundplatte 66, berührt. Insbesondere erfolgt die Anordnung der Spiralelemente 26, 28 derart, dass die Dichtung 150 gegen den Träger 154, in Form der Grundplatte 66, gepresst wird. Das Anpressen der Dichtung an die Grundplatte erfolgt über die Druckdifferenz zwischen beiden Seiten der Spiralelemente 26, 28. Die Dichtung 150 ist über eine Grenzfläche 151 mit den Spiralelementen 26, 28 verbunden. Die Oxidschicht und die Versiegelung der Gleitschicht 152 sind nicht separat dargestellt, da die Versiegelung in die Poren und Fehlstellen der Oxidschicht eingedrungen ist und diese verschließt. Ein zusätzlicher Schichtaufbau findet nicht unbedingt statt. Die vorzugsweise fluorfreie Versiegelung fördert nicht nur die Trockenschmiereigenschaften der Gleitschicht 152 und vermindert zusätzlich deren Verschleiß, sondern verbessert auch die Gasdichtigkeit der Gleitschicht 152, wodurch sich eine Verbesserung der erreichbaren Enddrücke sowie zu Verkürzung der Einlaufzeit ergibt.

[0097] Die Träger 154, in Form der Grundplatte 66, und

die spiralförmigen Wände 26, 28 sind jeweils einstückig ausgebildet und bestehen aus einer Aluminiumlegierung des Typs AlMgSi. Bei der Oxidschicht der Gleitschicht 152 handelt es sich um eine durch anodische Oxidation in einem Schwefelsäureelektrolyten erzeugte Aluminiumoxidschicht. Die Gleitschicht 152 ist insbesondere auf allen den Förderräumen zugewandten Flächen der Spiralbauteile 24, 30 aufgebracht. Bei der in Fig. 6 dargestellten Dichtung 150 (Tip Seals) handelt es sich beispielsweise um ein Acrylatbasiertes fluorfreies Polymer.

[0098] Die erfindungsgemäße Pumpe kann einzelne oder mehrere der oben unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 16 beschriebenen Merkmale aufweisen, wobei bei einer erfindungsgemäßen Pumpe beliebige Kombinationen dieser Merkmale realisiert sein können.

[0099] In Fig. 17 ist eine Elektronenmikroskopieaufnahme eines Querschnitts gezeigt, welcher eine Oxidschicht 156 mit einer Dicke von 39,08 μm zeigt, die auf einer Grundplatte 66 aufgebracht ist. Der Maßstab in Fig. 17 zeigt eine Länge von 10 μm . Die Oxidschicht 156 weist Risse 158 und Fehlstellen 158 auf, welche die Gasdichtigkeit beeinträchtigen. Eine noch weiter vergrößerte Ansicht ist in Fig. 18 gezeigt, bei welcher die Porenstruktur als auch die Fehlstellen, welche die Poren miteinander verbinden, erkennbar sind. Der Maßstab in Fig. 18 zeigt eine Länge von 200 nm. Die poröse Struktur der Oxidschicht 156 lässt sich auch anhand von Fig. 19 erkennen, welche eine elektronenmikroskopische Aufsicht auf die Oxidschicht von Fig. 17 und Fig. 18 zeigt, wobei die Poren 160 als dunkle, vertikal verlaufende Streifen, erscheinen und auch sehr kleine Fehlstellen 158 als dunkle Flecken erkennbar sind, die benachbarte Poren 160 miteinander verbinden. Der Maßstab in Fig. 18 zeigt eine Länge von 200 nm. Es sind sehr kleine Poren 160 als auch größere Poren 160 sowie Risse 158 und deren Verästelungen zu erkennen. In den Figuren 17 bis 19 sind nur jeweils wenige Poren und Fehlstellen mit Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0100] Die Wirkung der Gleitschicht der erfindungsgemäßen Pumpe ist anhand des in Fig. 20 gezeigten Graphen erkennbar. Auf der Abszissenachse (X-Achse) ist die Zeit in Stunden aufgetragen, auf der Ordinatenachse der Druck in hPa. Jeweils unter identischen Bedingungen wurde mit Scrollvakuumpumpen ein Unterdruck erzeugt, wobei die Entwicklung des jeweiligen Unterdrucks über die Zeit aufgezeichnet wurde.

[0101] Bei allen Linien A bis D wurde jeweils eine Pumpe vom Typ HiScroll eingesetzt, die sich nur darin unterscheiden, dass bei Linie A die Förderelemente keine Beschichtung aufweisen. Bei Linie B weisen die Förderelemente eine, wie in EP 3 153 706 A1 beschriebene Beschichtung auf, wobei zur Erzeugung der Oxidschicht ein Schwefelsäureelektrolyt verwendet wurde, d.h. eine anodisch hergestellte Oxidschicht. Linie C zeigt die Entwicklung des Vakuums mit einer versiegelten Gleitschicht auf Basis eines fluorhaltigen Polymers, wie in EP 3 940 234 A2 beschreiben. Linie D zeigt die Entwicklung des Vakuums mit einer erfindungsgemäßen

Vakuumpumpe, bei welcher die Oxidschicht zusätzlich mit einer fluorfreien Polymer-basierten Versiegelung auf Acrylat-basis versehen ist. Die Versiegelung der Oxidschicht von Linie D wurde hergestellt, wie anhand des nachfolgenden Beispiels beschrieben.

[0102] Wie anhand Linie A erkennbar ist, lässt sich zwar mit unbeschichteten Förderelementen sehr schnell ein niedriger Enddruck erzielen, jedoch ist dieser aufgrund des Verschleißes der Förderelemente nicht stabil. Ein stabiler, jedoch selbst nach langer Einlaufphase verhältnismäßig hoher Enddruck ist erreichbar, wenn die Förderelemente eine anodische Beschichtung aufweisen. Dies wird anhand von Linie B deutlich. Bei der Pumpe von Linie B wurde nach kurzer Laufzeit der Versuch unterbrochen und eine Versiegelung auf die Oxidschicht aufgebracht. Bei Fortsetzung des Versuchs fällt auf, dass der Druck wesentlich schneller abfällt und ein deutlich niedrigerer Enddruck erreicht wird. Linie C zeigt, dass sich mit der aus dem Stand der Technik bekannten fluorhaltigen Versiegelung zwar ein geringerer Enddruck erreichen lässt, jedoch besteht weiterhin die Notwendigkeit einer gewissen Einlaufphase sowie der Nachteil auf fluorhaltige Komponenten zurückzugreifen, die aufgrund ihrer Beständigkeit in der Natur aus Umweltschutzgründen möglicherweise nicht ideal sind. Die versiegelten Förderelemente, wie sie bei Linie D eingesetzt wurden, d.h. bei einer erfindungsgemäßen Pumpe, ermöglichen einen deutlich geringeren Enddruck als bei Linie B (bis zur Unterbrechung des Versuchs), wobei das erzielte Vakuum anders als bei Linie A stabil ist. Bei den Linien B und C ist mit einer deutlich längeren Einlaufzeit zu rechnen bis zum Erreichen der niedrigeren Enddrücke. Mit der erfindungsmäßigen Versiegelung wird somit tendenziell nicht nur ein ausgezeichneter erreichbarer Enddruck erreicht, sondern auch die Einlaufzeit deutlich reduziert. Dies verdeutlicht die bemerkenswerten Effekte, die aufgrund der Versiegelung der Porenstruktur der Oxidschicht hinsichtlich kurzen Einlaufzeiten, niedrigen Enddrücken und hohen Korrosions- und Verschleißbeständigkeiten erzielt werden.

[0103] Die erfindungsgemäße Pumpe kann jedoch auch eine Turbomolekularpumpe sein, wie sie in den Fig. 21 bis 25 allgemein beschrieben ist.

[0104] Die in Fig. 21 gezeigte Turbomolekularpumpe 111 umfasst einen von einem Einlassflansch 113 umgebenen Pumpeneinlass 115, an welchen in an sich bekannter Weise ein nicht dargestellter Rezipient angeschlossen werden kann. Das Gas aus dem Rezipienten kann über den Pumpeneinlass 115 aus dem Rezipienten gesaugt und durch die Pumpe hindurch zu einem Pumpenauslass 117 gefördert werden, an den eine Vorvakuumpumpe, wie etwa eine Drehschieberpumpe, angeschlossen sein kann.

[0105] Der Einlassflansch 113 bildet bei der Ausrichtung der Vakuumpumpe gemäß Fig. 21 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 Elektron-

ikgehäuse 123 sind elektrische und/oder elektronische Komponenten der Vakuumpumpe 111 untergebracht, z.B. zum Betreiben eines in der Vakuumpumpe angeordneten Elektromotors 125 (vgl. auch Fig. 23). 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.

[0106] Es existieren auch Turbomolekularpumpen, die kein derartiges angebrachtes Elektronikgehäuse aufweisen, sondern an eine externe Antriebselektronik angeschlossen werden.

[0107] 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. 23) 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. Andere existierende Turbomolekularvakuumpumpen (nicht dargestellt) werden ausschließlich mit Luftkühlung betrieben.

[0108] Die untere Seite 141 der Vakuumpumpe kann als Standfläche dienen, sodass die Vakuumpumpe 111 auf der Unterseite 141 stehend betrieben werden kann. Die Vakuumpumpe 111 kann aber auch über den Einlassflansch 113 an einem Rezipienten befestigt werden und somit gewissermaßen hängend betrieben werden. Außerdem kann die Vakuumpumpe 111 so gestaltet sein, dass sie auch in Betrieb genommen werden kann, wenn sie auf andere Weise ausgerichtet ist als in Fig. 21 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.

[0109] Andere existierende Turbomolekularvakuumpumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, können nicht stehend betrieben werden.

[0110] An der Unterseite 141, die in Fig. 22 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.

[0111] 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 Turbo-

molekularvakuumpumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, nicht möglich.

[0112] In den Figuren 22 bis 25 ist eine Kühlmittelleitung 148 dargestellt, in welcher das über die Kühlmittelanschlüsse 139 ein- und ausgeleitete Kühlmittel zirkulieren kann.

[0113] Wie die Schnittdarstellungen der Figuren 23 bis 25 zeigen, umfasst die Vakuumpumpe mehrere Prozessgaspumpstufen zur Förderung des an dem Pumpeneinlass 115 anstehenden Prozessgases zu dem Pumpenauslass 117.

[0114] In dem Gehäuse 119 ist ein Rotor 149 angeordnet, der eine um eine Rotationsachse 151 drehbare Rotorwelle 153 aufweist.

[0115] 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.

[0116] Die Vakuumpumpe umfasst außerdem in radialer Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. Es existieren andere Turbomolekularvakuumpumpen (nicht dargestellt), die keine Holweck-Pumpstufen aufweisen.

[0117] 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.

[0118] 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.

[0119] 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.

[0120] 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.

[0121] 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.

[0122] 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 Turbomolekularvakuumumpen (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.

[0123] Der Betriebsmittelspeicher umfasst mehrere aufeinander gestapelte saugfähige Scheiben 187, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlager 181, z.B. mit einem Schmiermittel, getränkt sind.

[0124] 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.

[0125] Das Permanentmagnetlager 183 umfasst eine rotorseitige Lagerhälfte 191 und eine statorseitige Lagerhälfte 193, welche jeweils einen Ringstapel aus mehreren in axialer Richtung aufeinander gestapelten perma-

nentmagnetischen Ringen 195, 197 umfassen. Die Ringmagnete 195, 197 liegen einander unter Ausbildung eines radialen Lagerspalts 199 gegenüber, wobei die rotorseitigen Ringmagnete 195 radial außen und die statorseitigen Ringmagnete 197 radial innen angeordnet sind.

[0126] 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.

[0127] 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.

[0128] 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.

[0129] 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.

[0130] 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.

[0131] Nachfolgend wird die Versiegelung einer porösen Oxidschicht beispielhaft beschrieben. Es versteht sich, dass die nachfolgende Beschreibung lediglich der Veranschaulichung dient und die Erfindung in keiner Weise einschränkt.

[0132] Eine pumpaktive Komponente einer Scrollvakuumpumpe aus einer Aluminiumlegierung (EN AW-6082) wurde zunächst anodisiert, um auf der Oberfläche dieser Komponente eine Oxidschicht zu erzeugen. Für die Anodisierung wurde ein Schwefelsäureelektrolyt bei 5 °C Badtemperatur und eine Stromdichte von 4 A/dm² eingesetzt.

[0133] Anschließend, d.h. ohne zwischengeschaltete Trocknung, wurde die Komponente in einer Vakuumzelle einem Unterdruck ausgesetzt, um Rückstände und Verunreinigungen aus den Poren der Oxidschicht zu entfernen. Die Komponente wurde dann, unter anliegendem Vakuum, mit einer wässrigen 10 Gew.-%igen Natriumacrylatlösung behandelt. Selbstverständlich ist das Vakuum dabei so gewählt, dass es nicht zu einem Sieden der Natriumacrylatlösung kommt. Das Natriumacrylat liegt als ionogene Dispersion in der wässrigen Lösung vor. Während der Behandlung mit der Natriumacrylatlösung ist die Komponente als Anode gepolt, wobei eine Gleichspannung von 60 V und eine Stromdichte von 2 A/dm² anliegt. Die Behandlungsdauer im vorliegenden Beispiel betrug 5 Minuten. Durch die Stromdichte (gerichtete Strömung) werden die Acrylat(teilchen)/ionen in der Pore entladen/abgeschieden/-ausgefällt und verschließen somit die Poren der durch die Anodisierung hergestellten Oxidschicht.

[0134] Anschließend wurde die Natriumacrylatlösung entfernt und das Bauteil bei 100 bis 180 °C Temperatur behandelt. Hierbei kommt es zu einer Polymerisation des Acrylats, wodurch die Poren dauerhaft verschlossen

werden.

[0135] Bei dem beispielhaften Verfahren zur Herstellung der versiegelten Oberfläche bildet sich eine Filmstärke auf der Oberfläche von < 1 µm aus. Je nach Dauer und Stromstärke sind auch deutlich dickere Filme zu erreichen, d.h. bis zu 5 µm sind erreichbar. Umgekehrt kann auch eine sehr geringe Filmstärke erreicht werden, d.h. die Polymerisation des Acrylats findet im Wesentlichen innerhalb der Poren statt. Die Filmstärke bezieht sich auf einen zusätzlichen Auftrag durch die Versiegelung auf die poröse Oberfläche, die zuvor durch Anodisieren gebildet wurde.

Bezugszeichenliste

[0136]

zu den Fig. 1 bis 16

20	20	Scrollpumpe
	22	erstes Gehäuseelement
	24	zweites Gehäuseelement/feststehendes Spiralbauteil
	26	Spiralwand
25	28	Spiralwand
	30	bewegliches Spiralbauteil
	32	Exzenterwelle
	34	Motor
	36	Wälzlager
30	38	Exzenterzapfen
	40	Wälzlager
	42	Wellbalg
	44	Lüfter
	46	Luftleithaube
35	48	Elektronikgehäuse
	50	Kanal
	52	Kammer
	54	Rippe
	56	Ausnehmung
40	58	Rippe
	60	Drucksensor
	62	Kanal
	64	Dichtungselement
	66	Grundplatte
45	68	Haltevorsprung
	70	erster Zwischenabschnitt
	72	zweiter Zwischenabschnitt
	74	dritter Zwischenabschnitt
	76	Einspannvorrichtung
50	78	Dreibackenfutter
	80	Ausnehmung
	82	Ausgleichsgewicht
	84	Befestigungsbohrung
	86	Wellenabsatz
55	88	Gehäuseschulter
	90	Gasballastventil
	92	Betätigungsgriff
	94	Kunststoffkörper

96 Basiselement
 98 Bohrung
 100 Rückschlagventil
 102 Stopfen
 104 Befestigungsschraube
 106 drehbares Element
 108 Bohrung
 110 Bohrung
 112 Deckel
 114 Nut
 116 innere Seitenwand
 118 äußere Seitenwand
 120 erster Spiralabschnitt
 122 zweiter Spiralabschnitt
 124 Luftstrom
 126 Buchse
 128 Stecker
 130 Trennwand
 132 Ausnehmung
 134 Übergangspassung
 136 O-Ring
 138 Abdrückgewinde
 140 Senkung
 142 Befestigungsschraube
 144 Dom
 150 Dichtung
 152 Gleitschicht
 154 Träger

zu den Fig. 21 bis 25:

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

161 Rotornabe
 163 Holweck-Rotorhülse
 165 Holweck-Rotorhülse
 167 Holweck-Statorhülse
 169 Holweck-Statorhülse
 171 Holweck-Spalt
 173 Holweck-Spalt
 175 Holweck-Spalt
 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

Patentansprüche

- 35 **1.** Pumpe, insbesondere Vakuumpumpe, umfassend
- eine pumpaktive Komponente mit einer Beschichtung,
- wobei die Beschichtung eine, insbesondere durch anodische Oxidation in einem säurehaltigen Elektrolyten gebildete, Poren aufweisende Oxidschicht sowie eine fluorfreie Polymer-basierte und/oder Sol-Gel-basierte Versiegelung umfasst, und
- wobei die Poren der Oxidschicht zumindest teilweise von der Versiegelung bedeckt und/oder mit der Versiegelung imprägniert und/oder mit der Versiegelung gefüllt sind.
- 50 **2.** Pumpe nach Anspruch 1,
- wobei es sich um eine Spiral- oder Scrollpumpe (20), insbesondere Spiral- oder Scrollvakuumpumpe (20), mit als Spiralelemente (26, 28) ausgebildeten Förderelementen handelt, wobei die Versiegelung zumindest bereichsweise auf zumindest eines der als Spiralelemente (26, 28) ausgebildeten Förder-elemente aufgebracht ist.

3. Pumpe nach Anspruch 1,
wobei es sich um eine Kolbenpumpe, insbesondere
Kolbenvakuumpumpe, mit zumindest einem Zylinder
mit einer Zylinderinnenwand und einem in dem
Zylinder bewegbaren Kolben handelt, wobei die Ver-
siegelung zumindest bereichsweise auf die Zylinder-
innenwand und/oder den Kolben aufgebracht ist.
4. Pumpe nach Anspruch 1,
wobei es sich um eine Turbomolekularpumpe (111)
handelt, wobei die Versiegelung zumindest be-
reichsweise auf Rotorscheiben (155) und/oder Sta-
torscheiben (157) aufgebracht ist.
5. Verfahren zum Beschichten einer pumpaktiven
Komponente einer Pumpe, umfassend die folgen-
den Schritte;

Schritt A) Bereitstellen der pumpaktiven Kom-
ponente aus einem Leichtmetallwerkstück mit
einer porösen Oxidschicht auf einer Oberfläche,
Schritt B) die pumpaktive Komponente einem
Unterdruck Aussetzen,
Schritt C) Kontaktieren der porösen Oxidschicht
mit einer Lösung, umfassend zumindest einen,
insbesondere fluorfreien, polymerisierbaren
Versiegelungsvorläufer und/oder zumindest ei-
nen Sol-Gel-basierten Versiegelungsvorläufer,
wobei zumindest während einem der Schritte A)
bis C) an dem pumpaktiven Teil eine Spannung
angelegt ist.
6. Verfahren nach Anspruch 5,
wobei in Schritt C) die Lösung Ionen und/oder ioni-
sche Verbindungen enthält.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6,
wobei in der Lösung von Schritt C) zumindest eine
Verbindung mit funktionellen Gruppen aus den Fa-
milien der organischen Anionen, wie beispielsweise
der substituierten Acrylate und/oder substituierten
Acetate und/oder substituierten Styrole und/oder
substituierten Isocyanate und/oder Carboxyle und/oder
Sulfonsäure und/oder aus der Familie der
anorganischen Ionen, wie beispielsweise Silicate,
Aluminate, enthalten ist.
8. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 5
bis 7,
wobei die Spannung während der Behandlung der
pumpaktiven Komponente sukzessive erhöht wird.
9. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 5
bis 8,
wobei die Spannung zwischen 50 und 300 V beträgt.
10. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 5
bis 9,

wobei die Spannung unter Verwendung eines
Gleichstroms an die pumpaktive Komponente ange-
legt wird.

11. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 5
bis 10,
wobei die pumpaktive Komponente nach Abschluss
der elektrochemischen Behandlung, vorzugsweise
bei 100 °C bis 300 °C, wärmebehandelt wird.
12. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 5
bis 11,
wobei der Versiegelungsvorläufer während der
elektrochemischen Behandlung in den Poren aus-
gefällt wird.
13. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 5
bis 12,
wobei der Versiegelungsvorläufer in der Pore poly-
merisiert wird.
14. Pumpe mit einer pumpaktiven Komponente, erhält-
lich nach einem Verfahren nach einem der Ansprü-
che 5 bis 13.
15. Pumpe nach Anspruch 14,
wobei die Pumpe eine Pumpe nach einem der An-
sprüche 1 bis 4 ist.

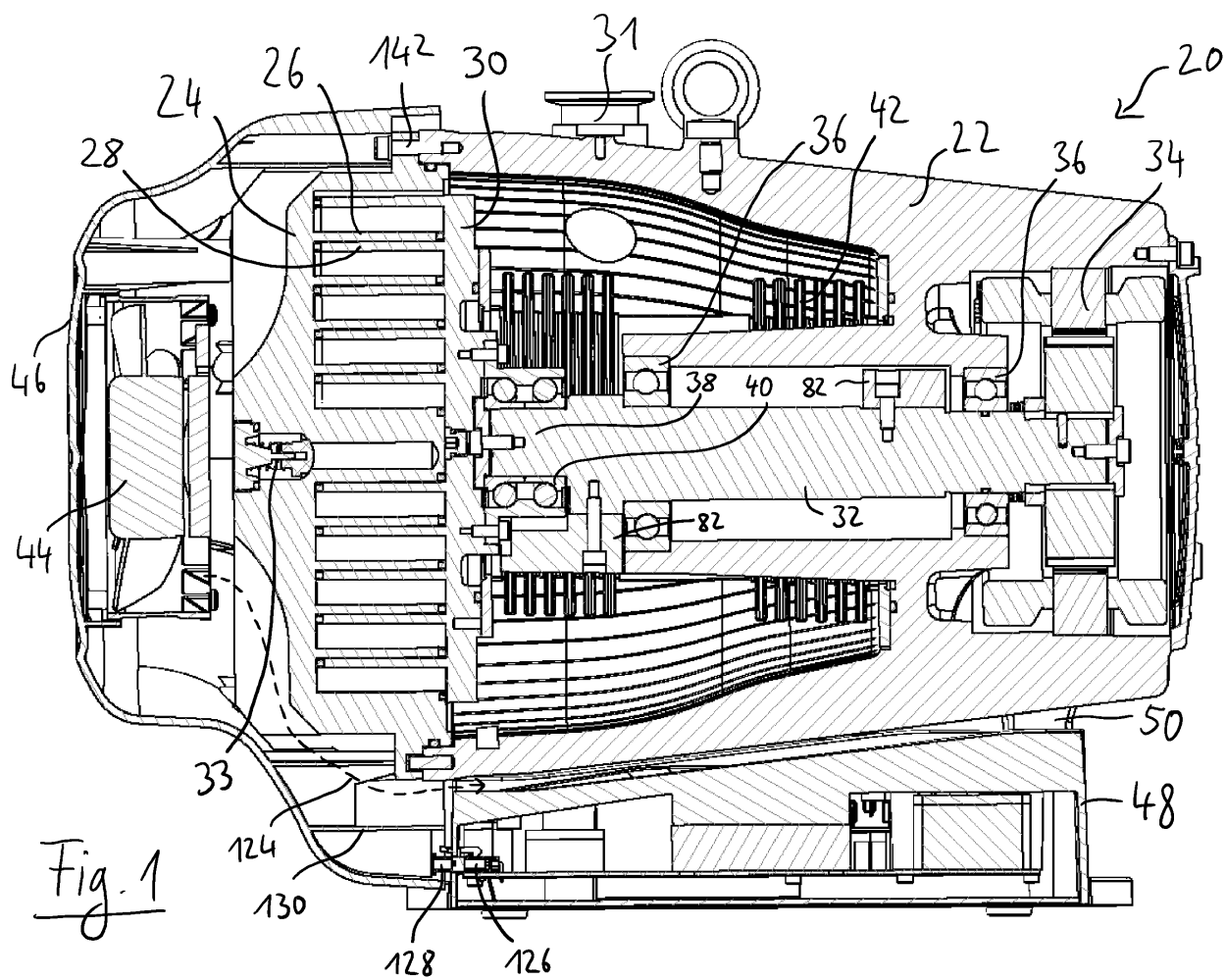
Claims

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

a pump-active component having a coating,
wherein the coating comprises an oxide layer
having pores, which oxide layer is in particular
formed by anodic oxidation in an acidic electro-
lyte, and a fluorine-free polymer-based and/or
sol-gel-based sealing, and
wherein the pores of the oxide layer are at least
partly covered by the sealing and/or impreg-
nated with the sealing and/or filled with the seal-
ing.
2. A pump according to claim 1,
wherein it is a spiral pump or scroll pump (20), in
particular a spiral vacuum pump or scroll vacuum
pump (20), comprising conveying elements formed
as spiral elements (26, 28), wherein the sealing is at
least regionally applied to at least one of the con-
veying elements formed as spiral elements (26, 28).
3. A pump according to claim 1,
wherein it is a piston pump, in particular a piston
vacuum pump, comprising at least one cylinder,
which has an inner cylinder wall, and a piston mo-
vable in the cylinder, wherein the sealing is at least

- regionally applied to the inner cylinder wall and/or the piston.
4. A pump according to claim 1, wherein it is a turbomolecular pump (111), wherein the sealing is at least regionally applied to rotor disks (155) and/or stator disks (157). 5
 5. A method of coating a pump-active component of a pump, comprising the following steps: 10
 - Step A) providing the pump-active component composed of a light metal workpiece and having a porous oxide layer on a surface,
 - Step B) exposing the pump-active component to a negative pressure, 15
 - Step C) contacting the porous oxide layer with a solution comprising at least one polymerizable sealing precursor, in particular a fluorine-free polymerizable sealing precursor, and/or at least one sol-gel-based sealing precursor, 20
 - wherein a voltage is applied to the pump-active part during at least one of the steps A) to C).
 6. A method according to claim 5, wherein, in step C), the solution includes ions and/or ionic compounds. 25
 7. A method according to claim 5 or 6, wherein at least one compound having functional groups from the families of the organic anions, such as of the substituted acrylates and/or substituted acetates and/or substituted styrenes and/or substituted isocyanates and/or carboxyls and/or sulfonic acid, and/or from the family of inorganic ions, such as silicates and aluminates, is included in the solution of step C). 30
 8. A method according to at least one of the claims 5 to 7, wherein the voltage is successively increased during the treatment of the pump-active component. 35
 9. A method according to at least one of the claims 5 to 8, wherein the voltage is between 50 and 300 V. 40
 10. A method according to at least one of the claims 5 to 9, wherein the voltage is applied to the pump-active component using a direct current. 45
 11. A method according to at least one of the claims 5 to 10, wherein the pump-active component is heat-treated after completion of the electrochemical treatment, preferably at 100 °C to 300 °C. 50
 12. A method according to at least one of the claims 5 to 11, wherein the sealing precursor is precipitated in the pores during the electrochemical treatment.
 13. A method according to at least one of the claims 5 to 12, wherein the sealing precursor is polymerized in the pore.
 14. A pump comprising a pump-active component which can be obtained in accordance with a method according to any one of the claims 5 to 13.
 15. A pump according to claim 14, wherein the pump is a pump according to any one of the claims 1 to 4.
- ## Revendications
1. Pompe, en particulier pompe à vide, comprenant
 - un composant actif en pompage présentant un revêtement,
 - le revêtement comprenant une couche d'oxyde ayant des pores, formée en particulier par oxydation anodique dans un électrolyte acide, ainsi qu'un scellement à base de polymère, dépourvu de fluor, et/ou à base de sol-gel, et
 - les pores de la couche d'oxyde étant au moins partiellement recouverts du scellement et/ou imprégnés du scellement et/ou remplis du scellement.
 2. Pompe selon la revendication 1, dans laquelle il s'agit d'une pompe à spirales ou dite scroll (20), en particulier d'une pompe à vide à spirales ou dite scroll (20), comprenant des éléments de transport conçus comme des éléments en spirale (26, 28), le scellement étant appliqué au moins localement sur l'un au moins des éléments de transport conçus comme des éléments en spirale (26, 28).
 3. Pompe selon la revendication 1, dans laquelle il s'agit d'une pompe à piston, en particulier d'une pompe à vide à piston, comprenant au moins un cylindre ayant une paroi intérieure de cylindre et un piston mobile dans le cylindre, le scellement étant appliqué au moins localement sur la paroi intérieure du cylindre et/ou sur le piston.
 4. Pompe selon la revendication 1, dans laquelle il s'agit d'une pompe turbomoléculaire (111), le scellement étant appliqué au moins localement sur des disques de rotor (155) et/ou des disques de stator (157).

5. Procédé de revêtement d'un composant actif en pompage d'une pompe, comprenant les étapes suivantes consistant à :
- étape A) fournir le composant actif en pompage à partir d'une pièce en métal léger ayant une couche d'oxyde poreuse sur une surface,
 étape B) soumettre le composant actif en pompage à une pression négative,
 étape C) mettre en contact la couche d'oxyde poreuse avec une solution comprenant au moins un précurseur de scellement polymérisable, en particulier dépourvu de fluor, et/ou au moins un précurseur de scellement à base de sol-gel,
 une tension étant appliquée à la partie active en pompage pendant au moins l'une des étapes A) à C).
6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel, à l'étape C), la solution contient des ions et/ou des composés ioniques.
7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, dans lequel la solution de l'étape C) contient au moins un composé ayant des groupes fonctionnels appartenant aux familles des anions organiques, tels que par exemple les acrylates substitués et/ou les acétates substitués et/ou les styrènes substitués et/ou les isocyanates substitués et/ou les carboxyles et/ou l'acide sulfonique, et/ou à la famille des ions inorganiques, tels que par exemple les silicates, les aluminates.
8. Procédé selon l'une au moins des revendications 5 à 7, dans lequel la tension est augmentée successivement pendant le traitement du composant actif en pompage.
9. Procédé selon l'une au moins des revendications 5 à 8, dans lequel la tension est comprise entre 50 et 300 V.
10. Procédé selon l'une au moins des revendications 5 à 9, dans lequel la tension est appliquée au composant actif en pompage en utilisant un courant continu.
11. Procédé selon l'une au moins des revendications 5 à 10, dans lequel le composant actif en pompage est traité thermiquement à la fin du traitement électrochimique, de préférence à une température comprise entre 100 °C et 300 °C.
12. Procédé selon l'une au moins des revendications 5 à 11,
- dans lequel le précurseur de scellement est précipité dans les pores pendant le traitement électrochimique.
13. Procédé selon l'une au moins des revendications 5 à 12, dans lequel le précurseur de scellement est polymérisé dans les pores.
14. Pompe comprenant un composant actif en pompage, susceptible d'être obtenu par un procédé selon l'une des revendications 5 à 13.
15. Pompe selon la revendication 14, dans laquelle la pompe est une pompe selon l'une des revendications 1 à 4.



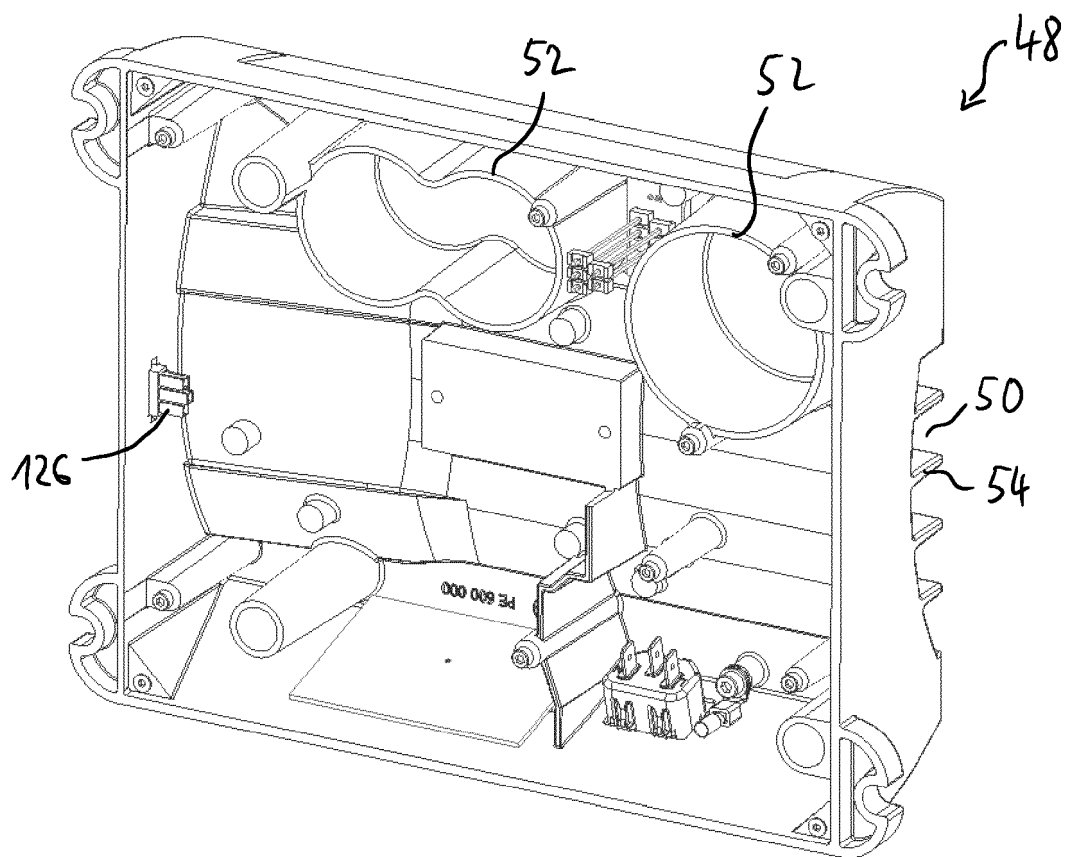


Fig. 2

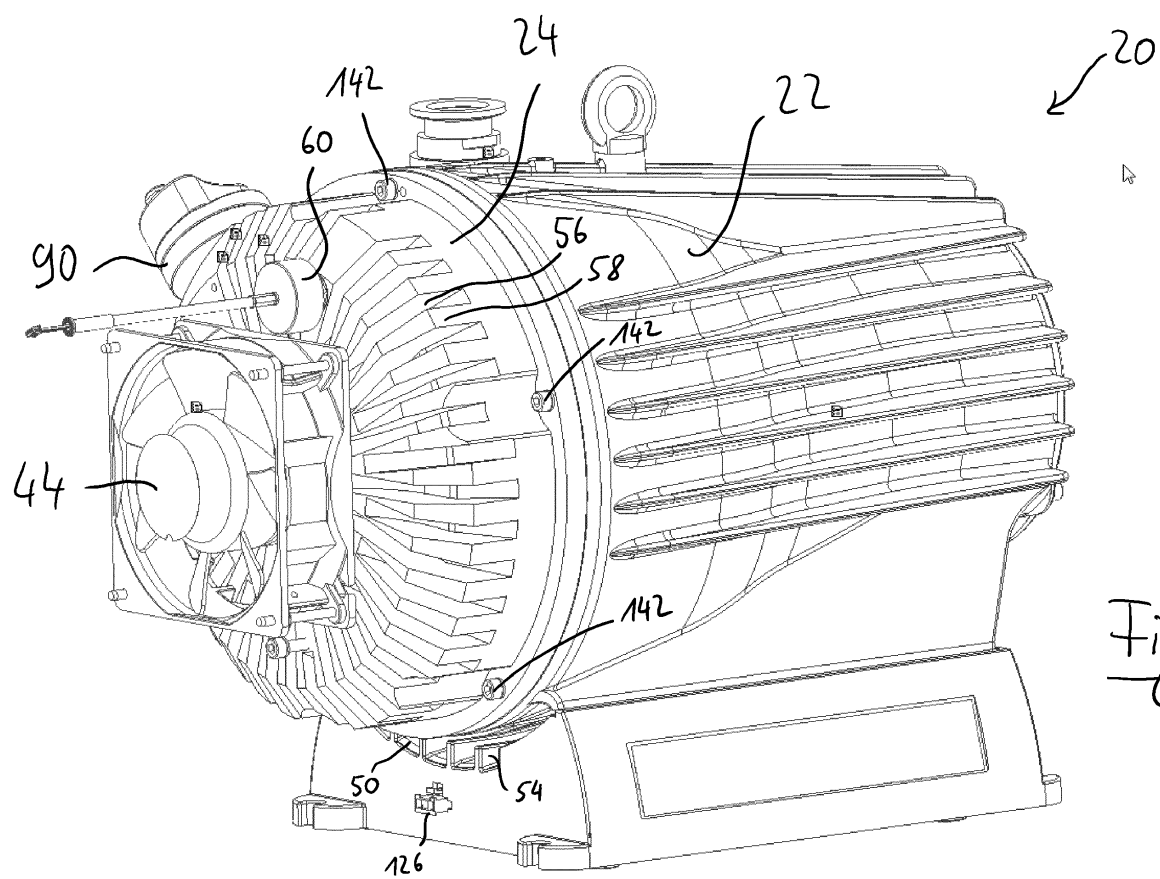


Fig. 3

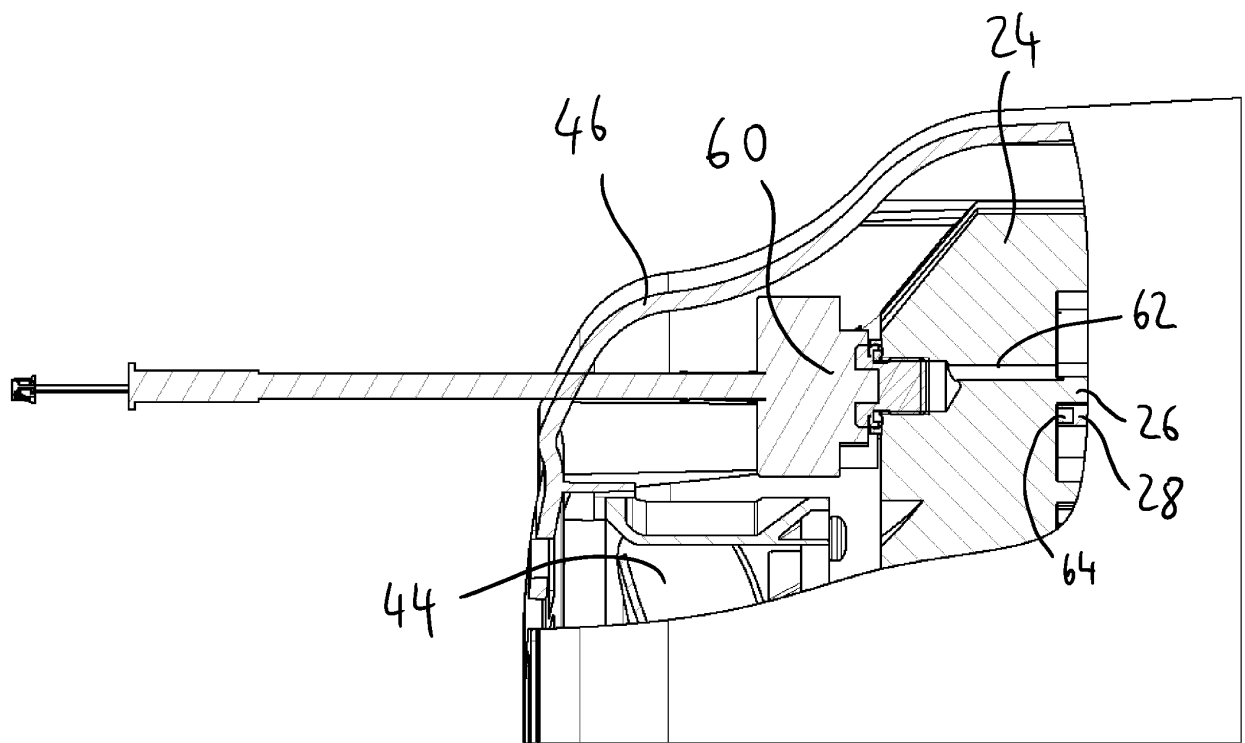
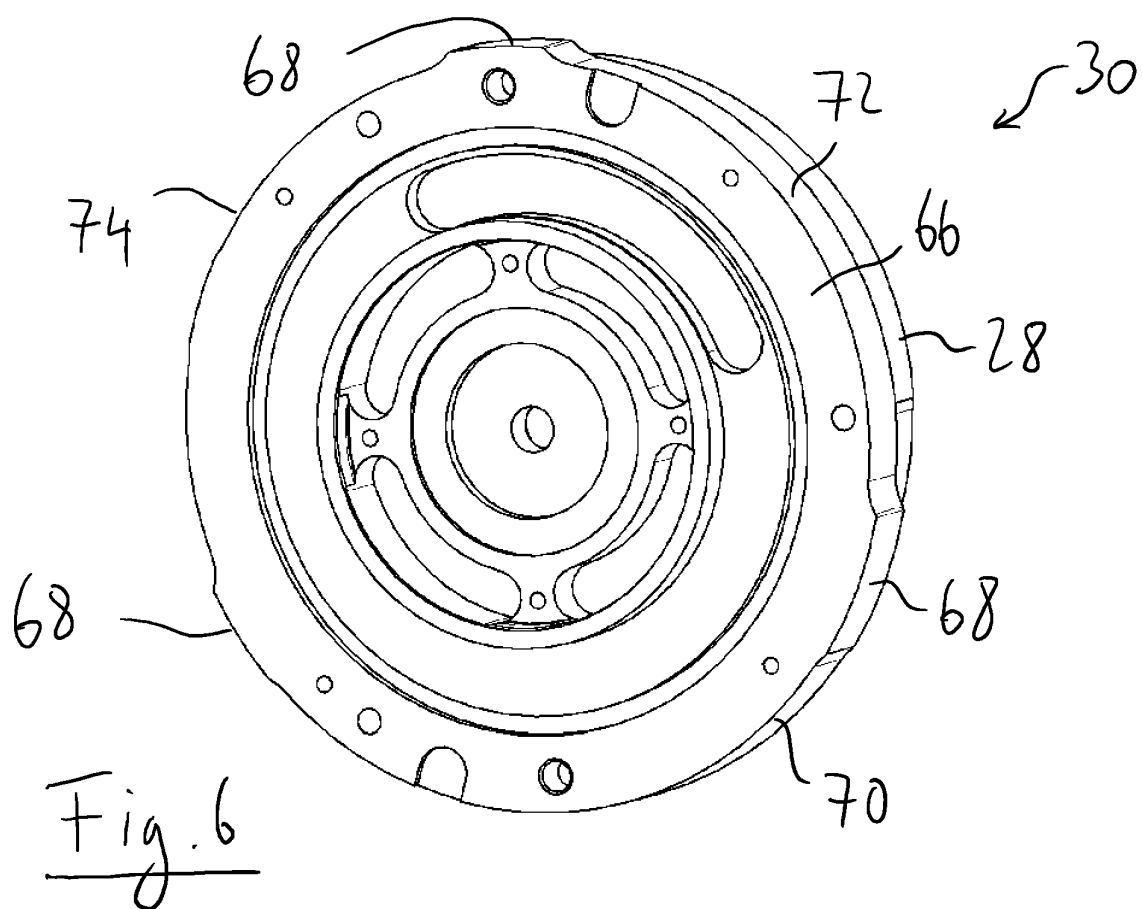
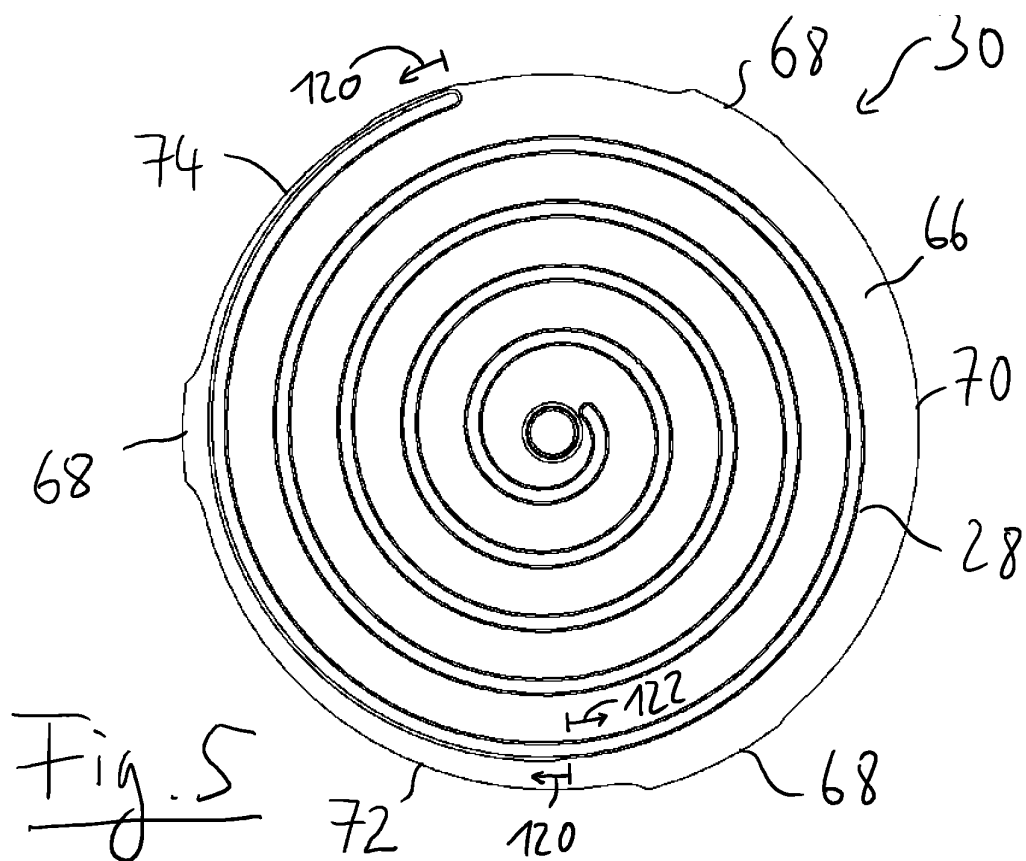


Fig. 4



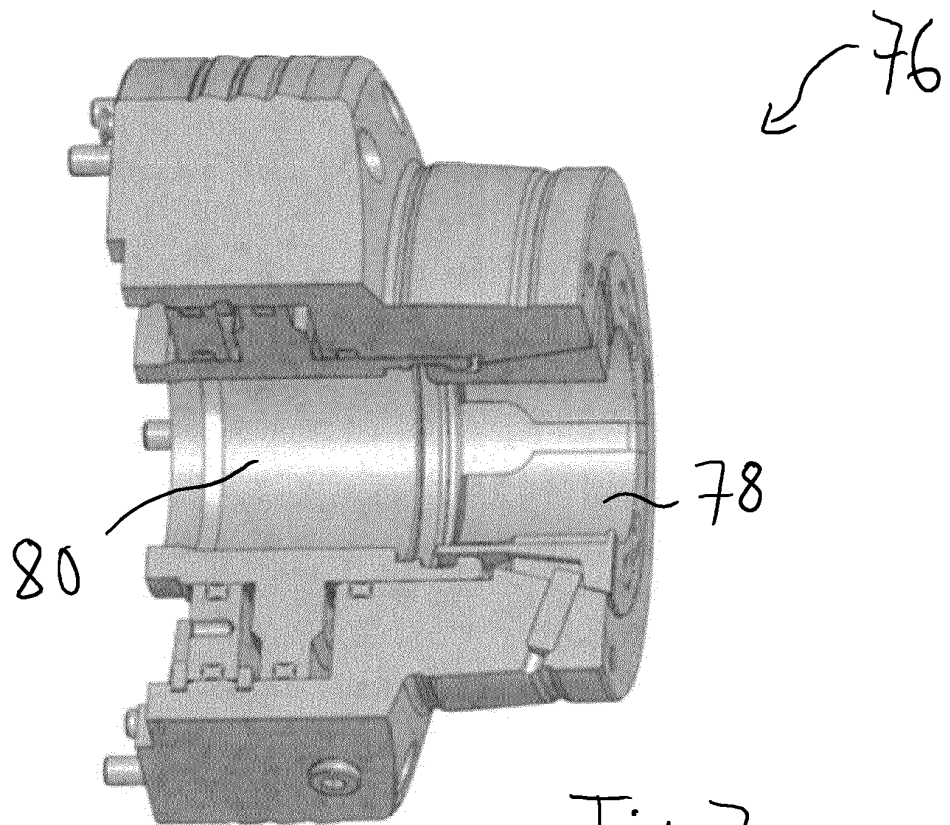


Fig. 7

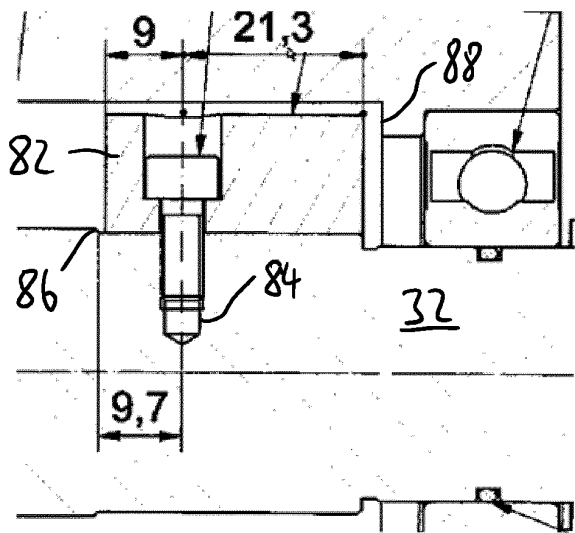


Fig. 8

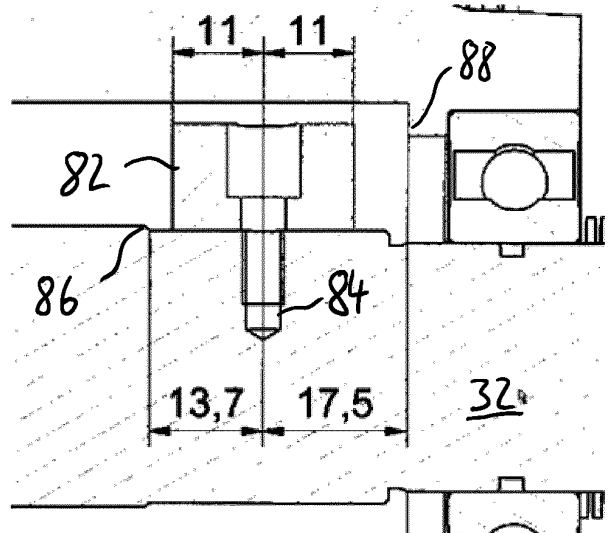


Fig. 9

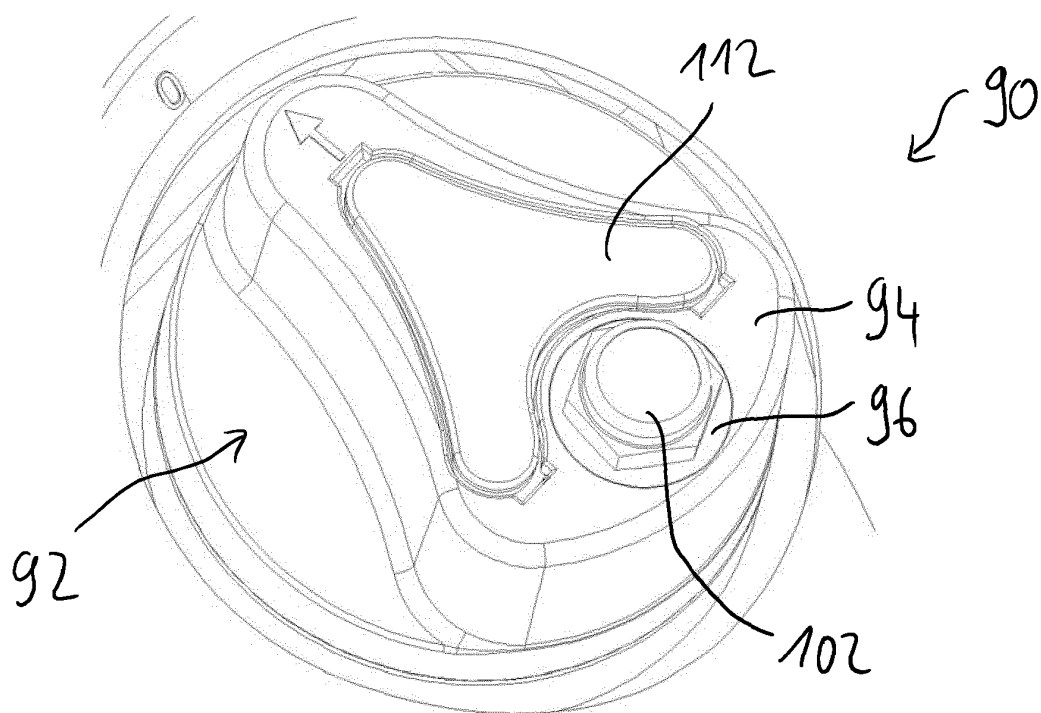


Fig. 10

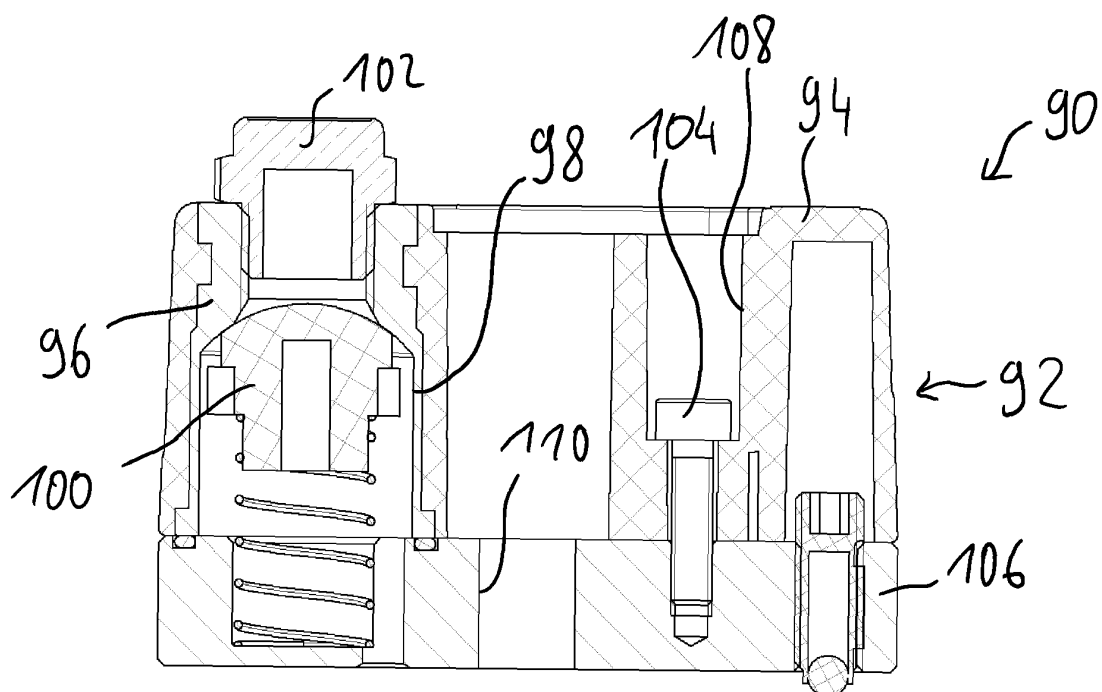
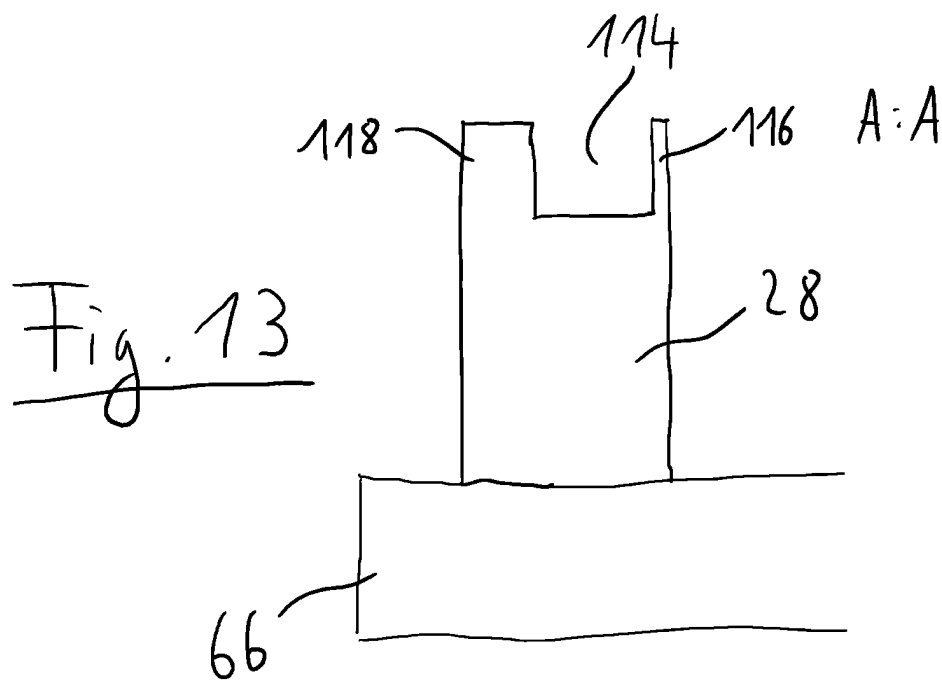
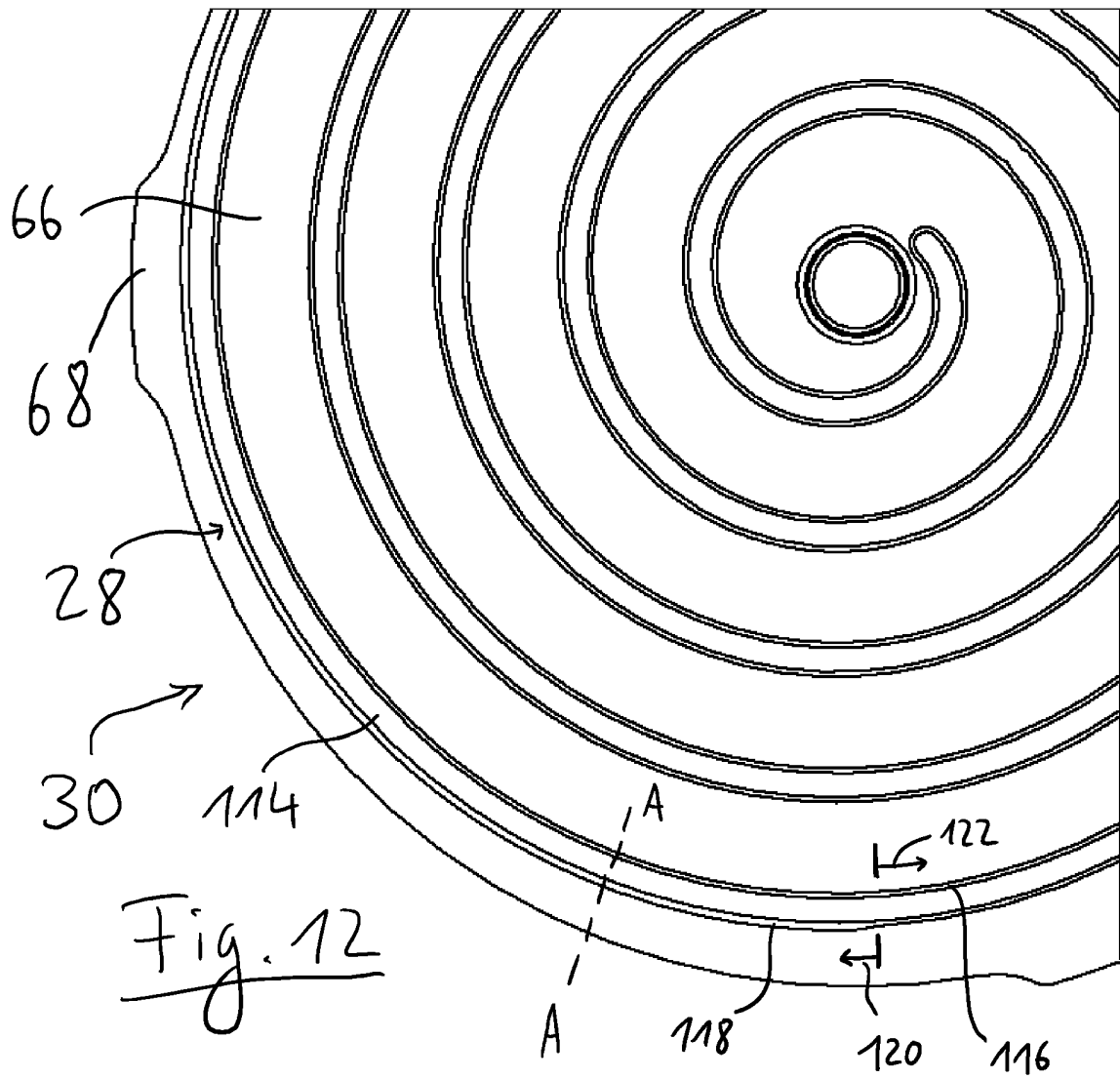


Fig. 11



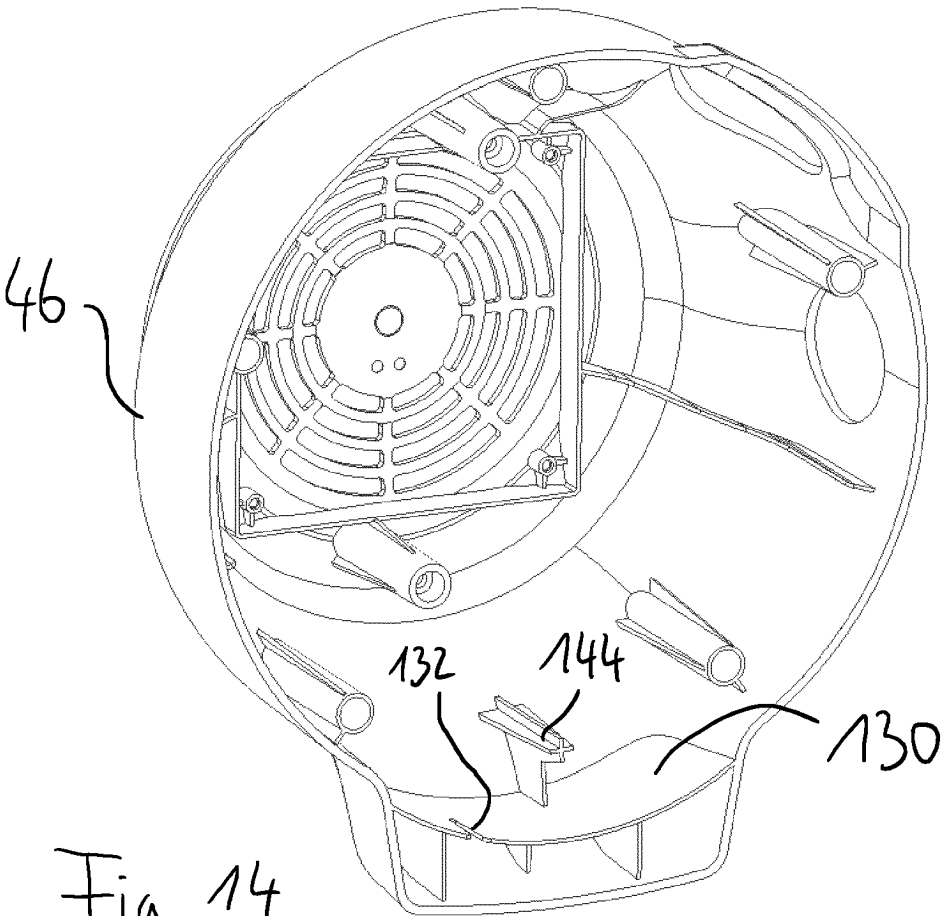


Fig. 14

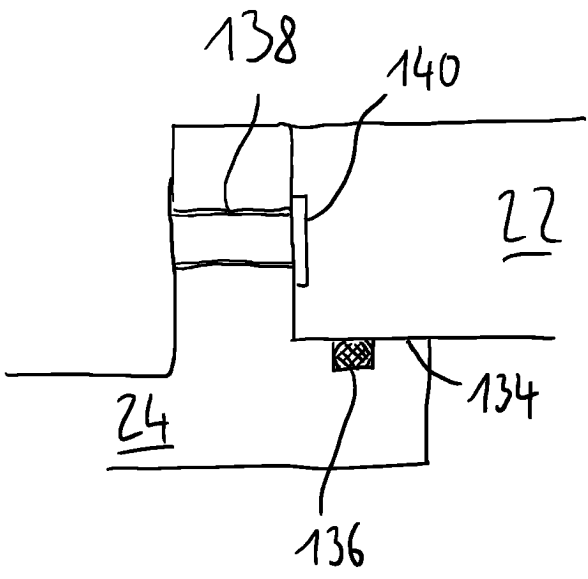


Fig. 15

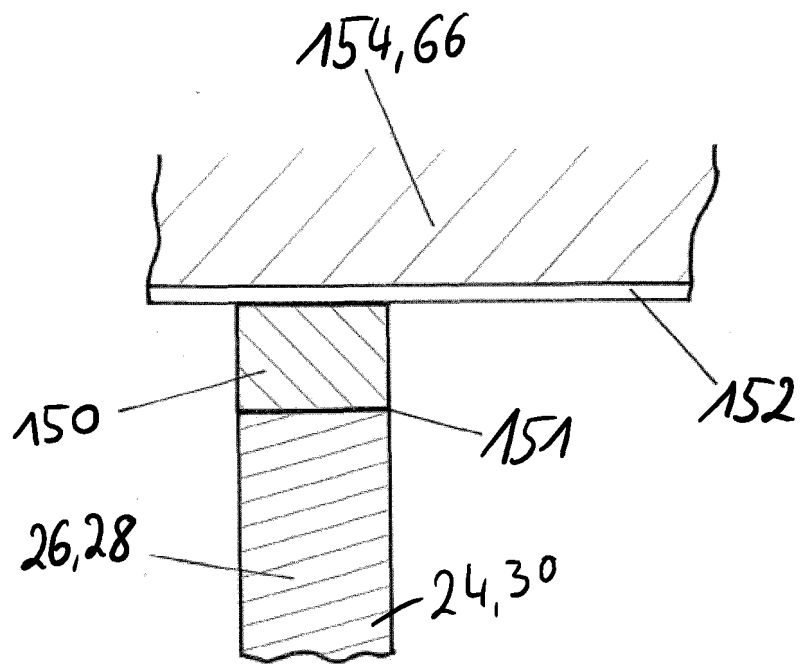


Fig. 16

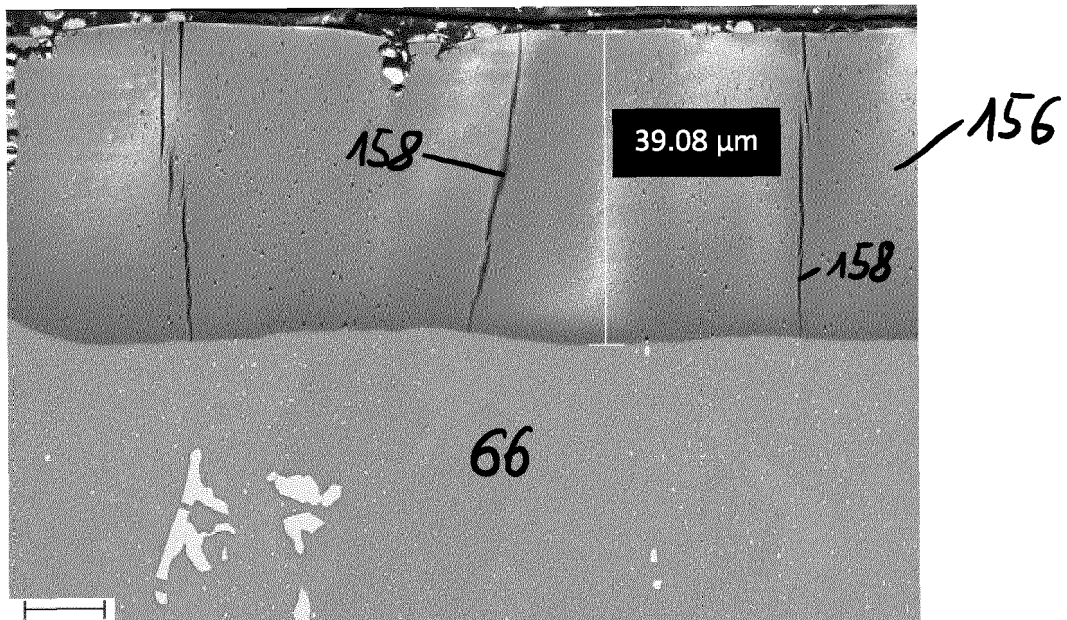


Fig. 17

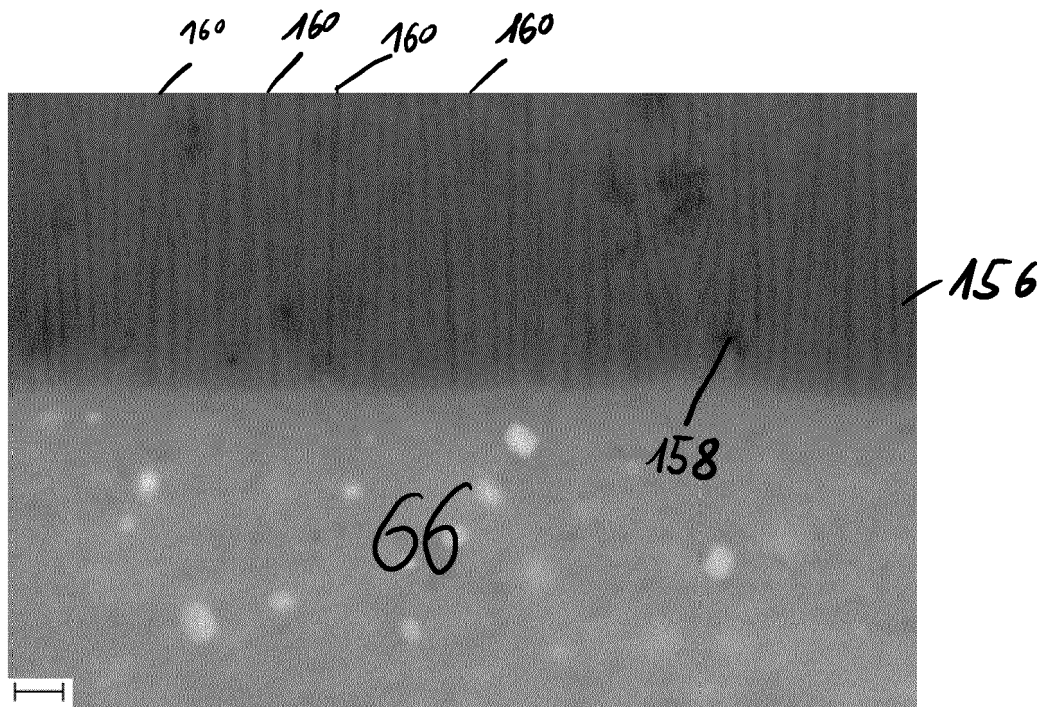


Fig. 18

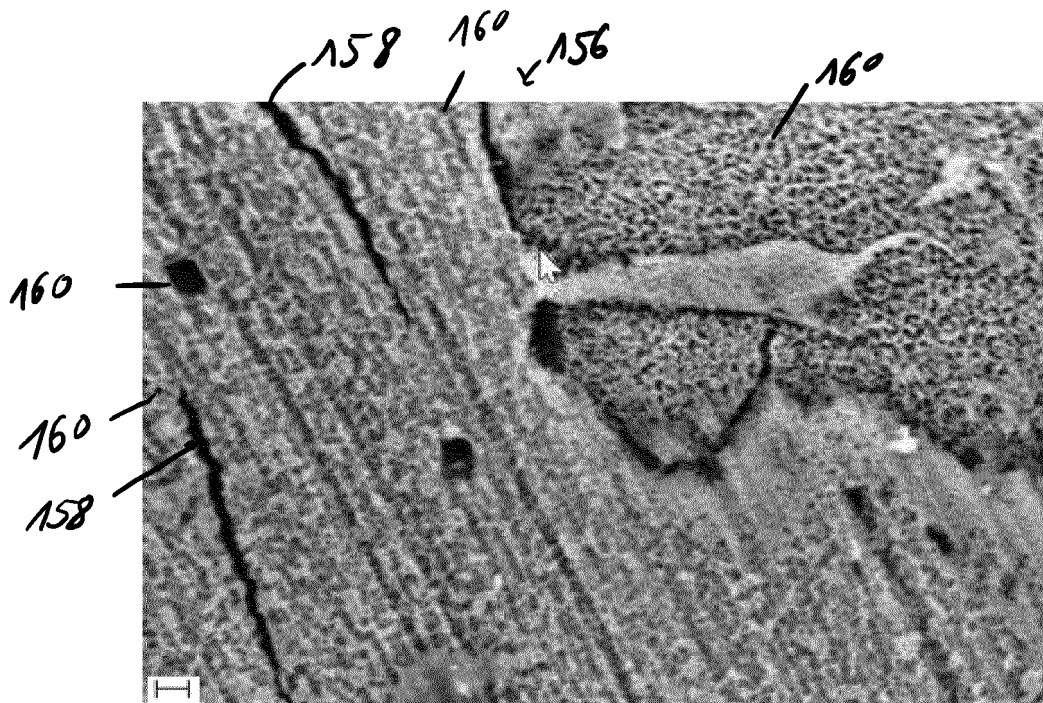


Fig. 19

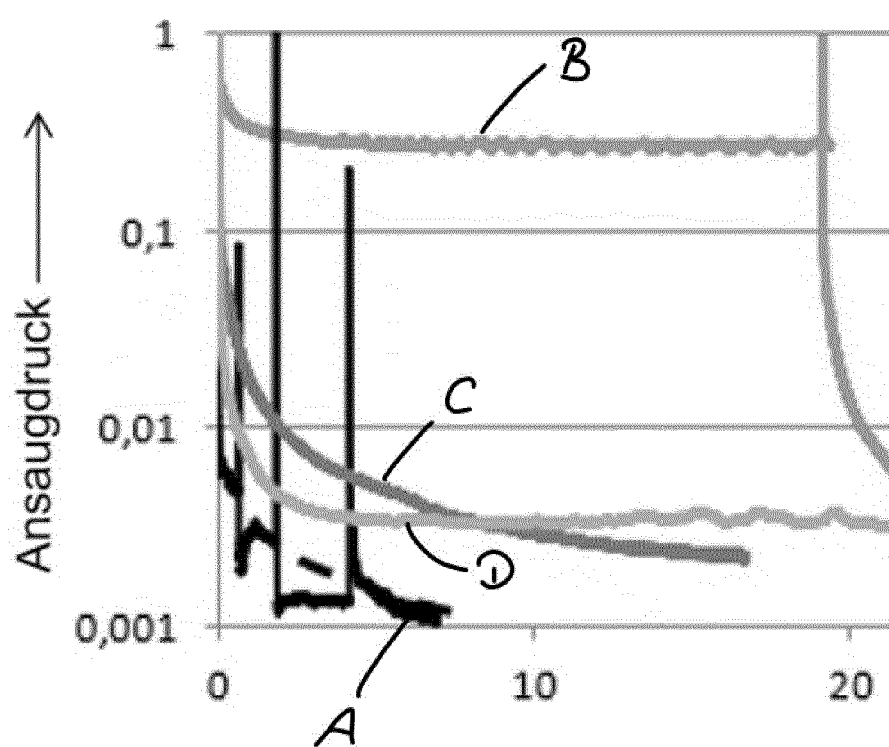


Fig. 20

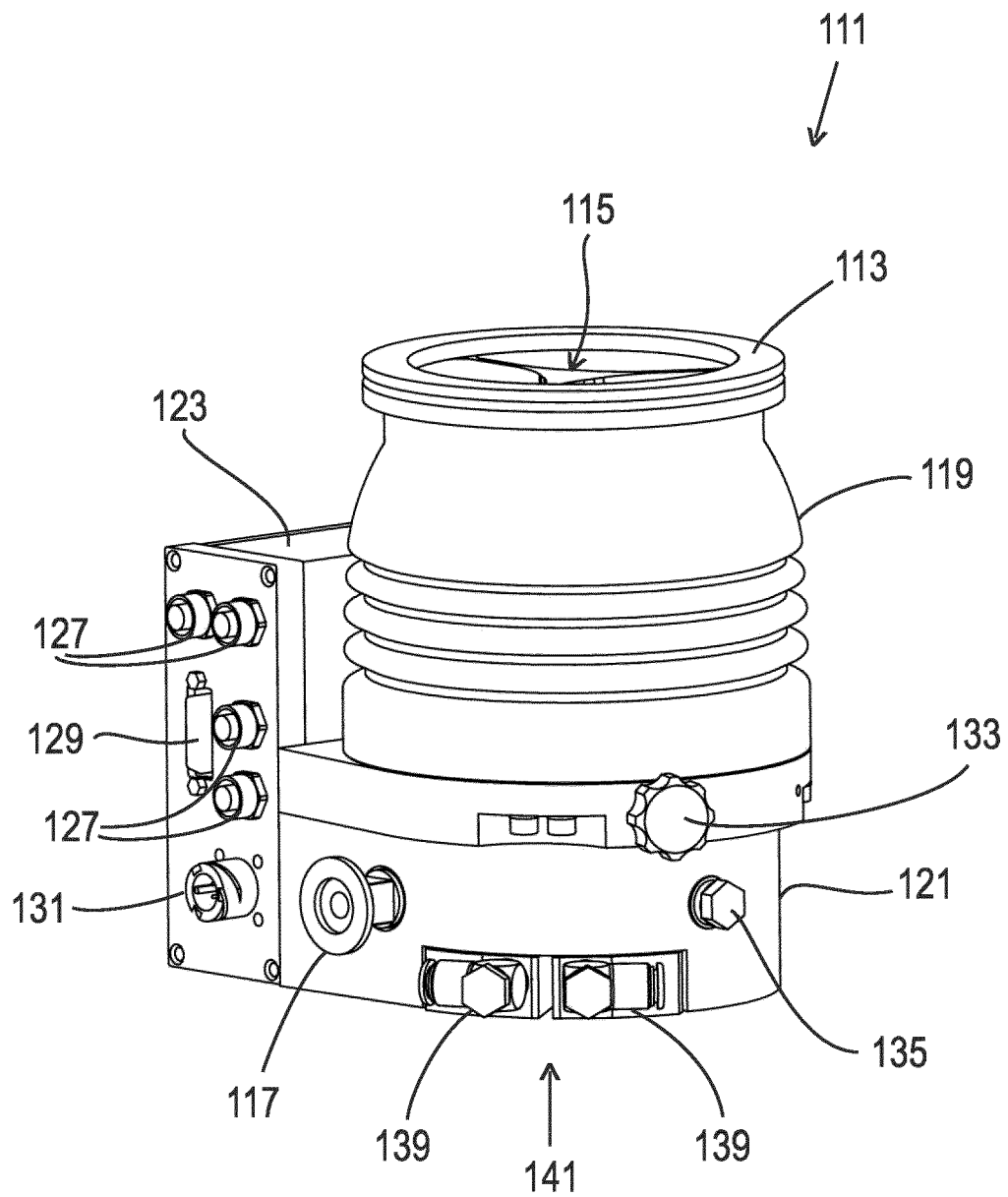


Fig. 21

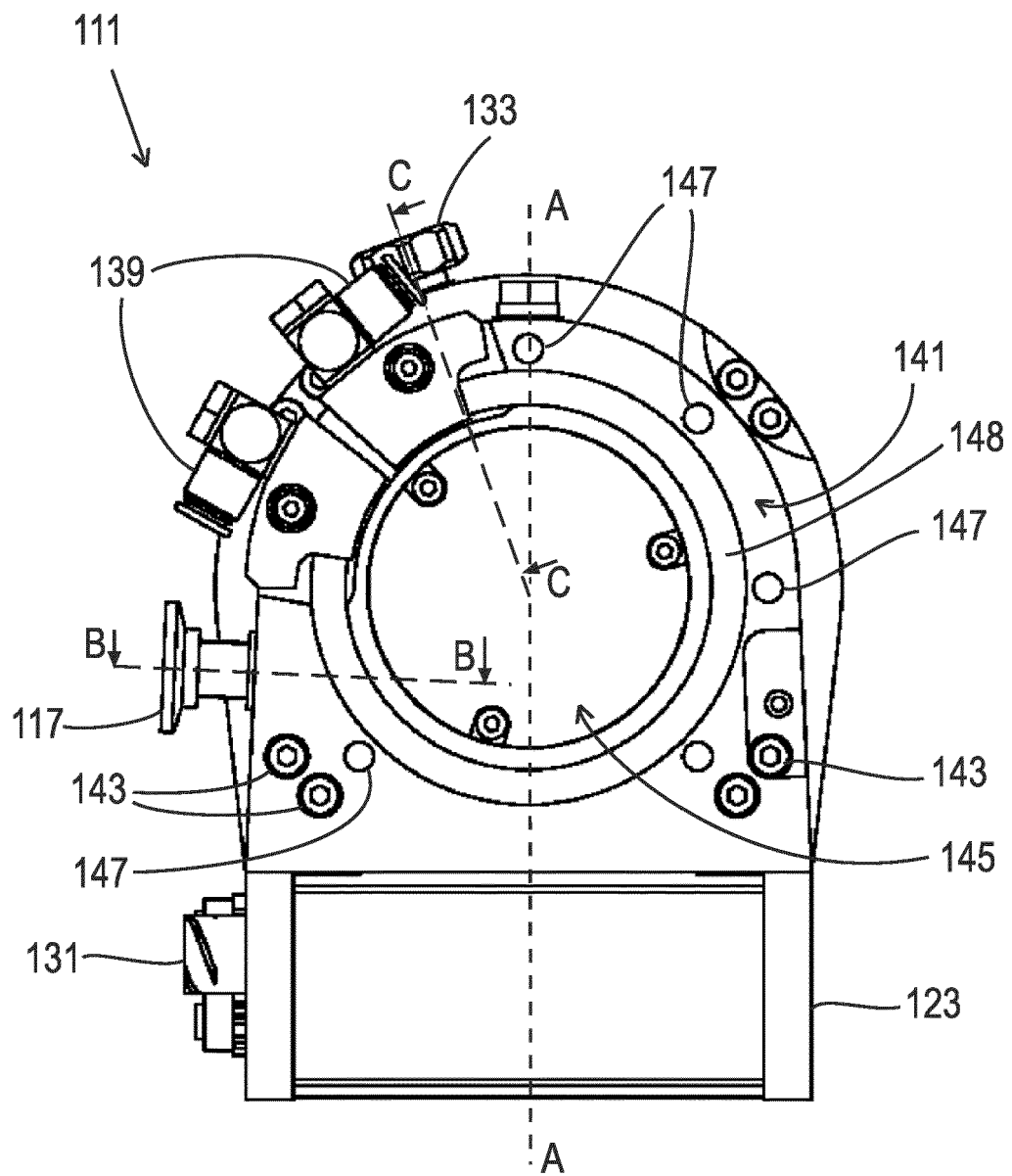


Fig. 22

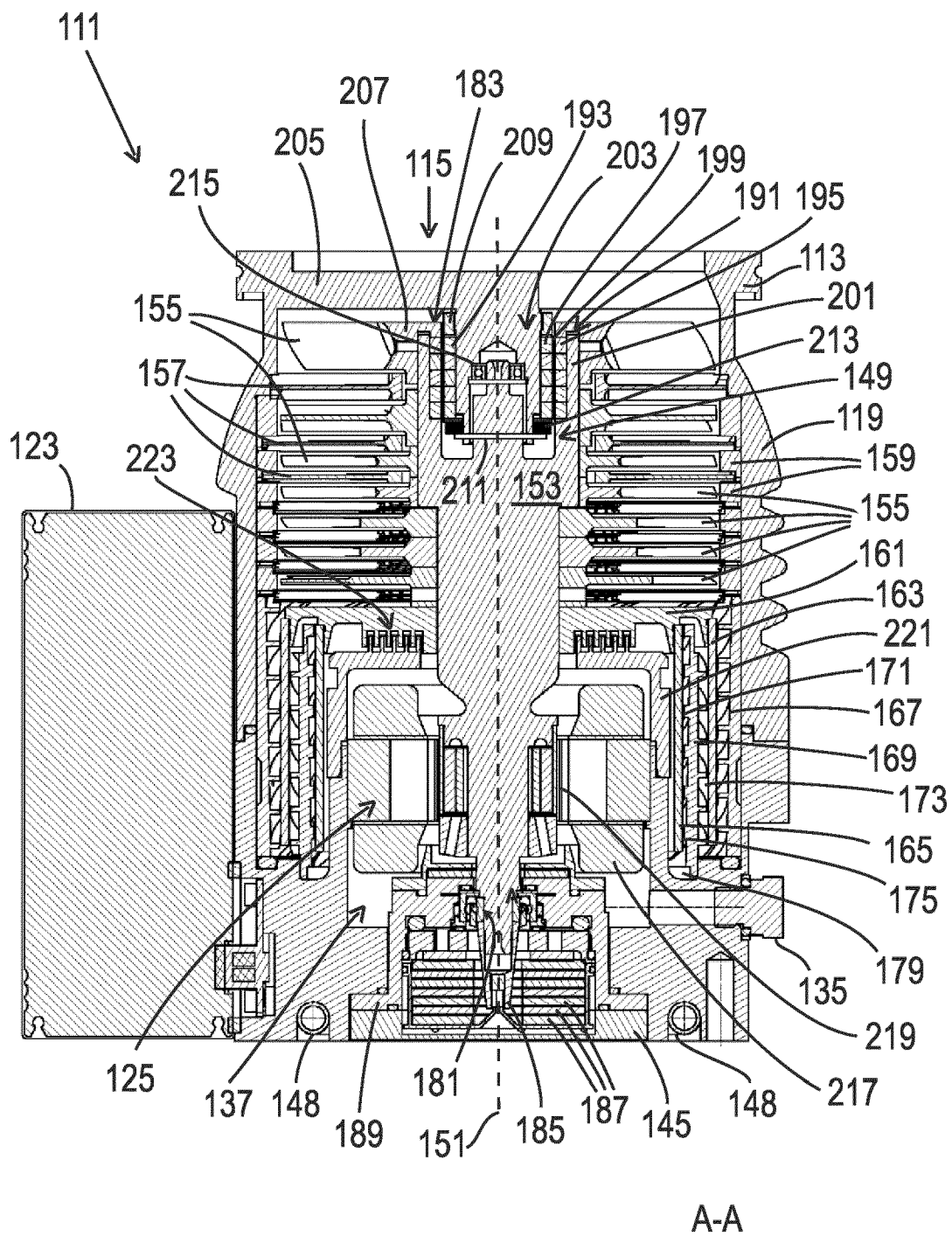


Fig. 23

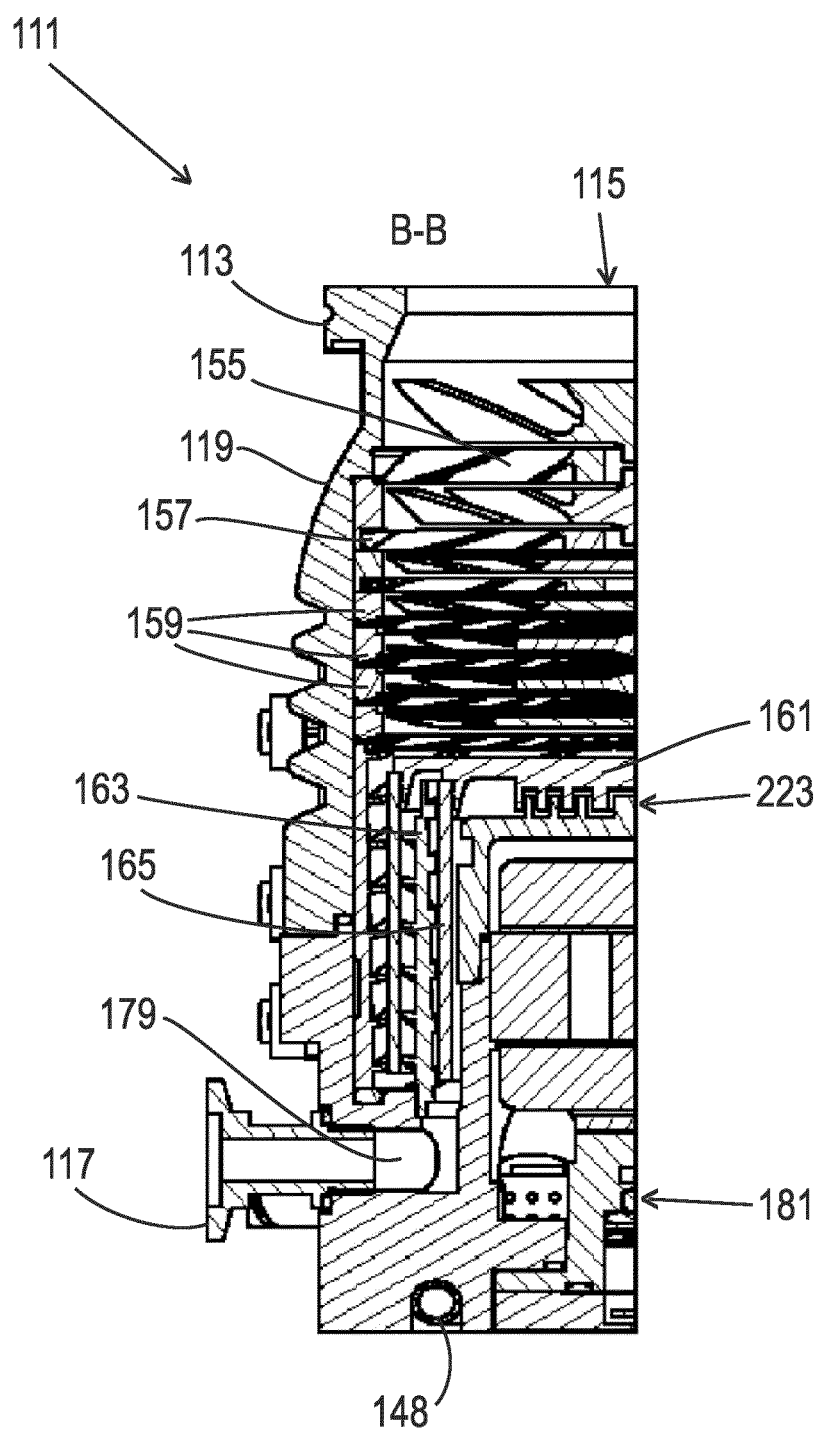


Fig. 24

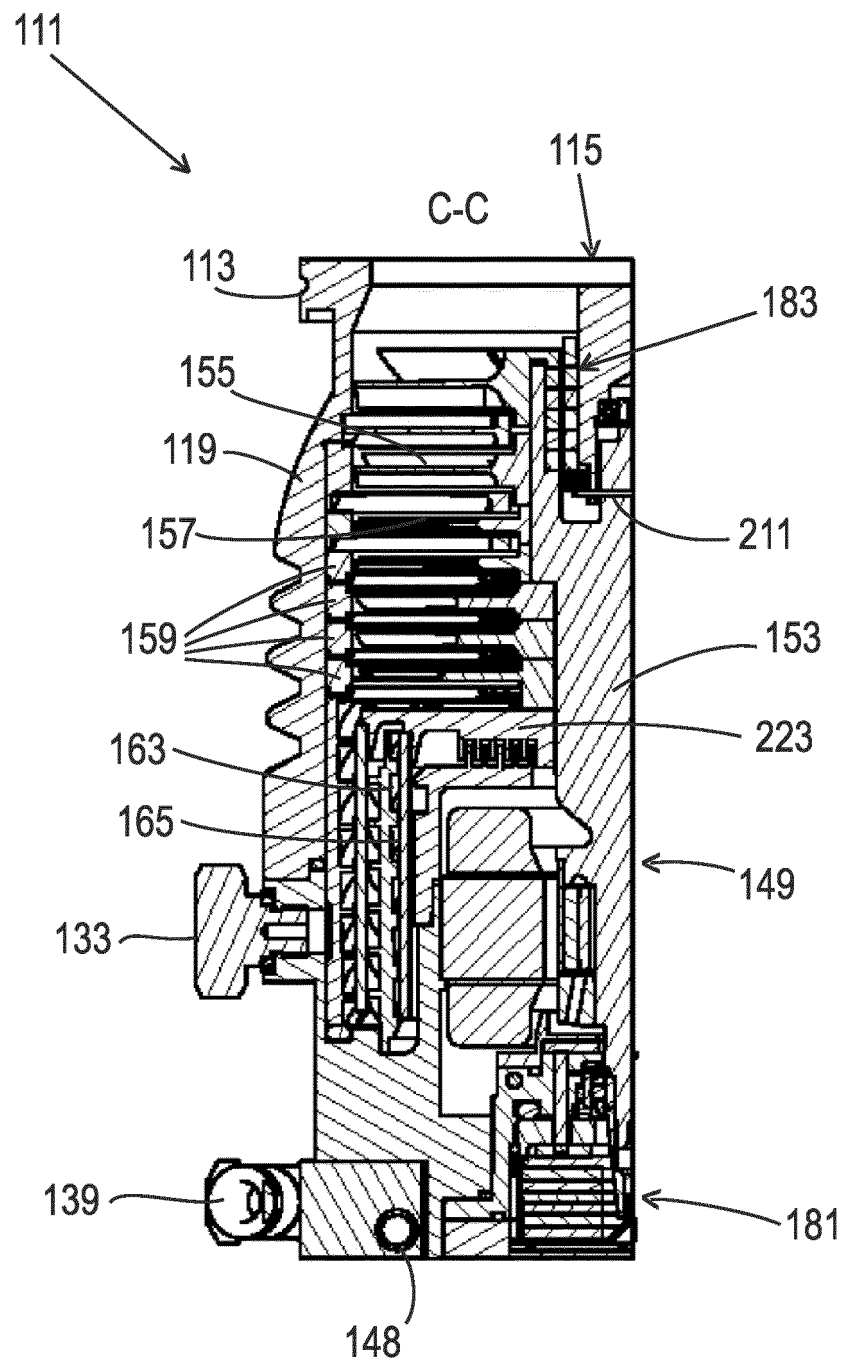


Fig. 25

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 3153706 A1 [0005] [0007] [0015] [0016] [0101]
- GB 433367 A [0005]
- EP 3940234 A2 [0015] [0016] [0101]