

(19)



(11)

EP 3 153 706 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.04.2017 Patentblatt 2017/15

(51) Int Cl.:
F04B 39/04 ^(2006.01) **F04C 27/00** ^(2006.01)
F04B 39/12 ^(2006.01) **F04B 53/02** ^(2006.01)
F04B 53/14 ^(2006.01) **F04B 53/16** ^(2006.01)
F16J 15/16 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15188477.2**

(22) Anmeldetag: **06.10.2015**

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

(72) Erfinder:
 • **Koci, Bernd**
35641 Schöffengrund (DE)
 • **Becker, Jonas**
35435 Wettenberg (DE)

(74) Vertreter: **Manitz, Finsterwald & Partner GbR**
Martin-Greif-Strasse 1
80336 München (DE)

(71) Anmelder: **PFEIFFER VACUUM GMBH**
35614 Asslar (DE)

(54) **PUMPE**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Pumpe, insbesondere Vakuumpumpe, die zumindest zwei relativ zueinander bewegliche Fördererelemente umfasst, die derart angeordnet sind, dass sie unter Ausbildung von zumindest einem Förderraum dichtend zusammenwirken. Die Pumpe umfasst ferner wenigstens eine auf einem der beiden Fördererelemente angeordnete Dichtung

sowie eine zumindest bereichsweise auf wenigstens eines der Fördererelemente aufgebrachte, mit der jeweiligen Dichtung zusammenwirkende Gleitschicht. Zudem betrifft die Erfindung die Verwendung von mit einer Gleitschicht versehenen Bauteilen und einer oder mehreren Dichtungen zur Herstellung von Pumpen, insbesondere Vakuumpumpen.

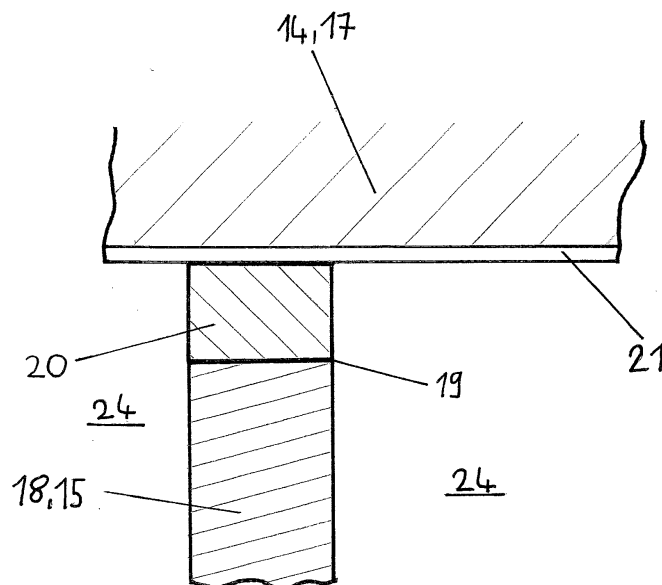


Fig. 2

EP 3 153 706 A1

Beschreibung

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

[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. 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 Förderaum 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. Dieser Staub kann sowohl die Funktion der Pumpe selbst als auch die Funktion

von an die Pumpe angeschlossenen Vorrichtungen stören.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Pumpe mit einer schleifenden Dichtung bereitzustellen, welche die vorstehend beschriebenen Nachteile überwindet oder zumindest eine Verbesserung gegenüber bekannten Lösungen darstellt, um so die Lebensdauer der Pumpe zu erhöhen.

[0006] Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch eine Pumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0007] Die erfindungsgemäße Pumpe, bei der es sich vorzugsweise um eine Vakuumpumpe handelt, umfasst

- zumindest zwei relativ zueinander bewegliche Förderelemente, die derart angeordnet sind, dass sie unter Ausbildung von zumindest einem Förderraum dichtend zusammenwirken,
- wenigstens eine auf einem der beiden Förderelemente angeordnete Dichtung, und
- eine zumindest bereichsweise auf wenigstens eines der Förderelemente aufgebrachte, mit der jeweiligen Dichtung zusammenwirkende Gleitschicht.

[0008] Die Pumpe zeichnet sich besonders dadurch aus, dass die Dichtung einen Polyimidpartikel enthaltenen, durch Heißformpressen und Sintern hergestellten Polytetrafluorethylen-Werkstoff umfasst. Insbesondere besteht die Dichtung aus dem Polytetrafluorethylen-Werkstoff.

[0009] Ferner zeichnet sich die Pumpe dadurch aus, dass die Gleitschicht eine durch anodische Oxidation in einem Oxalsäure enthaltenden Elektrolyten gebildete Oxidschicht umfasst. Insbesondere handelt es sich bei der Gleitschicht um die Oxidschicht.

[0010] Überraschenderweise hat sich herausgestellt, dass die Gleitkontaktkombination aus dem erfindungsgemäß verwendeten Polytetrafluorethylen-Werkstoff und der Gleitschicht nicht nur allgemein die Lebensdauer von Pumpen erhöht, sondern auch die zum Austausch von Dichtungen vorgesehenen Wartungsintervalle verlängert.

[0011] Dies ist insbesondere auf die Eigenschaften des erfindungsgemäß als Dichtung eingesetzten Polytetrafluorethylen-Werkstoffs zurückzuführen, der Polyimidpartikel enthält und mittels Heißformpressen bzw. Spritzgießen oder Strangpressen hergestellt und zusätzlich einem Sinterprozess unterzogen wird. Die Dichtung weist eine sehr hohe Formstabilität und somit Verschleißfestigkeit bei erhöhten Temperaturen auf, was einerseits auf die sehr geringe Porosität und andererseits auf die fein verteilten, nicht agglomerierten Polyimidpartikel zurückzuführen ist.

[0012] In Kombination mit den Eigenschaften der durch hartanodische Oxidation in einem, insbesondere kalten, Oxalsäureelektrolyten gebildeten Oxidschicht ergeben sich besondere Vorteile.

[0013] Im Vergleich zu Oxidschichten, die in einem

Schwefelsäureelektrolyten erzeugt werden, weisen die erfindungsgemäßen Schichten eine sehr geringe Schichtdickentoleranz auf, die in einem Bereich von maximal $\pm 5 \mu\text{m}$, insbesondere bei etwa $\pm 3 \mu\text{m}$, liegt. Das heißt, die gebildete Oxidschicht hat eine sehr ebene Oberfläche, woraus einerseits eine exakte Abdichtung in Kombination mit der erfindungsgemäßen Dichtung und andererseits eine geringe Reibung resultiert, da weniger Unebenheiten bei einer Bewegung der beiden Förderelemente relativ zueinander überwunden werden müssen.

[0014] Zudem zeigt die Gleitschicht nur einen geringen Kanteneffekt. Dabei handelt es sich um knochenförmige Aufwerfungen an den Kanten der Schicht, die eine für eine optimale Abdichtung erforderliche exakte Positionierung der Dichtung auf der Gleitschicht verhindern. Da es sich bei den Aufwerfungen grundsätzlich um Unebenheiten handelt, erhöhen diese ebenfalls die Reibung während der Bewegung der beiden Förderelemente relativ zueinander. Auch der geringe Kanteneffekt führt demnach in Kombination mit der Formstabilität der erfindungsgemäßen Dichtung zu einer besonders geringen Verschleißrate sowohl der Gleitschicht als auch der Dichtung.

[0015] Als besonders vorteilhaft hat sich erwiesen, wenn es sich bei der Pumpe um eine Spiral- oder Scrollpumpe, insbesondere Spiral- oder Scrollvakuumpumpe, handelt. Bei den Förderelementen handelt es sich dann entsprechend um zwei relativ zueinander bewegbare Spiralelemente, die jeweils auf einem Träger eine spiralförmig um eine Achse verlaufende Wand mit einer freien Stirnseite aufweisen und derart angeordnet sind, dass die Wände unter Ausbildung von Förderräumen dichtend ineinandergreifen. Die Dichtungen sind in dieser Ausführungsform auf den freien Stirnseiten der Wände angeordnet und die Gleitschicht ist zumindest bereichsweise auf die Spiralelemente aufgebracht.

[0016] Es existieren demnach zwei Gleitschichtkombinationen, die jeweils aus einer stirnseitig angeordneten Dichtung und einem gegenüberliegenden, mit einer Gleitschicht versehenen Bereich eines Trägers gebildet werden.

[0017] Vorzugsweise wird eine Dichtung für ein Spiralelement eingesetzt, wobei die Dichtung bevorzugt einstückig und insbesondere bandförmig ausgebildet ist. Die Dichtungen können beispielsweise durch Kleben oder Schrauben mit den freien Stirnseiten der Wände verbunden sein. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Dichtungen in eine auf den freien Stirnseiten der Wände vorgesehene Nut eingesteckt werden. Gegebenenfalls kann dann eine weitere Fixierung mittels Kleben oder Schrauben erfolgen.

[0018] Die Gleitschicht ist vorzugsweise auf den den Förderräumen zugewandten Flächen der Träger, insbesondere vollflächig, aufgebracht. Es kann ferner bevorzugt sein, wenn zudem die spiralförmig verlaufenden Wände der beiden Spiralelemente zumindest teilweise mit der Gleitschicht bedeckt sind. Die Spiralelemente können auch komplett mit der Gleitschicht versehen sein.

[0019] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Pumpe ist eine Kolbenpumpe, insbesondere Kolbenvakuumpumpe. Bei den Förderelementen handelt es sich dann entsprechend um einen Zylinder und einen darin bewegbaren Kolben, wobei die Dichtung am Kolben und/oder einer Zylinderinnenwand angeordnet ist und wobei die Gleitschicht zumindest bereichsweise auf die Zylinderinnenwand und/oder den Kolben aufgebracht ist.

[0020] Die Gleitkontaktkombination wird hier vorzugsweise aus einer kolbenseitigen Dichtung und einer mit der Gleitschicht versehenen Zylinderinnenwand gebildet.

[0021] Vorzugsweise ist die Dichtung in Umfangsrichtung an einer Außenwand des Kolbens angeordnet. Die Dichtung ist bevorzugt einstückig ausgebildet und kann beispielsweise durch Kleben oder Schrauben befestigt werden. Besonders vorteilhaft ist allerdings, wenn die Kolbenaußenwand über eine Nut verfügt, welche die Dichtung teilweise aufnimmt. In der Nut kann die Dichtung gegebenenfalls mittels Kleben oder Schrauben weiter fixiert werden. Der Kolben kann mehr als eine Dichtung aufweisen, wobei es vorteilhaft ist, wenn eine Dichtung an einem oberen Ende der Kolbenaußenwand und eine weitere an einem unteren Ende der Kolbenaußenwand angebracht ist.

[0022] Die Gleitschicht ist vorzugsweise nur auf die Innenfläche des Zylinders aufgebracht. Grundsätzlich können jedoch sowohl die Außenwand des Kolbens als auch die Innenfläche des Zylinders mit der Gleitschicht versehen sein. Ferner ist es denkbar, dass auch die Zylinderinnenwand eine Dichtung aufweist, wobei in Bezug auf deren Befestigung auf die obigen Ausführungen verwiesen werden kann.

[0023] In einer Ausführungsform weist der Polytetrafluorethylen-Werkstoff der Dichtung einen Anteil an Polyimidpartikeln zwischen 1 und 25 Gew.-%, bevorzugt zwischen 5 und 20 Gew.-%, besonders bevorzugt zwischen 7 und 15 Gew.-%, insbesondere zwischen 8 und 12 Gew.-%, auf. Die Angaben beziehen sich auf das Trockengewicht des Werkstoffs.

[0024] In einer weiteren Ausführungsform weisen die Polyimidpartikel eine mittlere Teilchengröße zwischen 1 und $50 \mu\text{m}$, bevorzugt zwischen 5 und $40 \mu\text{m}$, besonders bevorzugt zwischen 10 und $30 \mu\text{m}$, insbesondere zwischen 15 und $25 \mu\text{m}$, auf. Die Bestimmung der Teilchengröße erfolgt mittels Laserlichtstreuung bzw. Laserbeugung. Ferner erfolgt die Bestimmung der Teilchengröße durch Vermessung rasterelektronenmikroskopischer Aufnahmen.

[0025] Die Polyimidpartikel liegen insbesondere in fein verteilter und im Wesentlichen nicht agglomerierter Form in dem Polytetrafluorethylen-Werkstoff vor. Unter "im Wesentlichen" soll dabei verstanden werden, dass nur eine sehr geringe Anzahl von Polyimidpartikeln in Agglomeraten von mehr als zwei Polyimidpartikeln im Werkstoff vorliegen. Anders ausgedrückt sind die Polyimidpartikel homogen in eine Matrix aus Polytetrafluorethylen

eingebettet, wobei keine Agglomerate aus mehr als zwei Polyimidpartikeln auftreten. Die Bestimmung der Anzahl an Agglomeraten erfolgt durch Auswertung von rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen.

[0026] Besonders vorteilhaft ist es weiterhin, wenn der Polytetrafluorethylen-Werkstoff eine Porosität zwischen 0,1 und 5 %, bevorzugt zwischen 0,1 und 2 %, besonders bevorzugt von weniger als 1 %, aufweist. Die Bestimmung der Porosität erfolgt zum einen mittels lichtmikroskopischer Aufnahmen und zum anderen mittels elektronenmikroskopischer Aufnahmen.

[0027] Die homogene Verteilung der Polyimidpartikel in der Polytetrafluorethylen-Matrix sowie die geringe Porosität des Polytetrafluorethylen-Werkstoffs sind insbesondere für dessen Verschleißfestigkeit verantwortlich. Beide Parameter lassen sich durch das Heißformpressverfahren, bei dem das Rohmaterial des Polytetrafluorethylen-Werkstoffs direkt in einem geregelt beheizten Werkzeug unter Druck erwärmt wird, sowie durch das anschließende Sinterverfahren steuern. Beträgt die Porosität weniger als 1 %, kann der Polytetrafluorethylen-Werkstoff eine Dichte von bis zu 2,10 g/cm³ aufweisen.

[0028] In einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Pumpe weist die Gleitschicht eine Schichtdicke zwischen 10 und 50 µm, bevorzugt zwischen 15 und 40 µm, besonders bevorzugt zwischen 20 und 30 µm, auf. Die Bestimmung der Schichtdicke erfolgt anhand von elektronenmikroskopischen Schnittaufnahmen.

[0029] In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung ist die Gleitschicht zusätzlich mit einem Trockenschmierstoff, insbesondere Polytetrafluorethylen, imprägniert. Der Trockenschmierstoff wird dabei in die Schicht eingelagert, und es findet kein zusätzlicher Schichtaufbau statt. Der Trockenschmierstoff in Verbindung mit dem Polytetrafluorethylen-Werkstoff der Dichtung bewirkt ein verbessertes Gleitverhalten und reduziert somit die Reibung. Die Einlagerung eines Trockenschmierstoffes bietet den weiteren Vorteil, dass bei einem abrasiven Verschleiß der Gleitschicht die Gleiteigenschaften im Wesentlichen erhalten bleiben.

[0030] Ebenso kann es bevorzugt sein, dass die Gleitschicht mit einem Trockenschmierstoff, insbesondere Polytetrafluorethylen, beschichtet ist, wobei es hier zu einem zusätzlichen Schichtaufbau kommt. Der zusätzlich aufgebrauchte Trockenschmierstoff verbessert die Trockenschmiereigenschaften der Gleitschicht und erhöht deren Lebensdauer. Polytetrafluorethylen besitzt antiadhäsive Eigenschaften und erleichtert somit die Reinigung der Gleitschichtoberfläche.

[0031] Alternativ kann die Gleitschicht auch mit Salzlösungen oder mit heißem, insbesondere entsalztem, Wasser nachbehandelt werden. Eine solche Behandlung verschließt die Poren in der Gleitschicht und steigert deren Korrosionsbeständigkeit.

[0032] Die Gleitschicht weist vorzugsweise eine Scheinhärte zwischen 400 und 600 HV 0,025, insbeson-

dere zwischen 500 und 550 HV 0,025, auf. Die Messung der Härte erfolgt nach dem Prinzip der Härteprüfung nach Vickers (HV). Dabei wird ein Eindringkörper in Form einer geraden Pyramide mit einer vorgegebenen Prüfkraft senkrecht in die Oberfläche der betreffenden Probe eingedrückt. Da die Grundfläche der Pyramide quadratisch ist, kann aus der Fläche des Prüfeindrucks die Vickers-Härte berechnet werden. Vorliegend wird mit einer Prüfkraft von 0,2452 Newton (HV 0,025) gemessen. Da die Gleitschicht wie oben beschrieben eine Porosität zwischen 0,1 und 5 % aufweisen kann, wird die Härte im vorliegenden Fall auch Schein- oder Mischhärte genannt.

[0033] Die Scheinhärten herkömmlicher, insbesondere durch anodische Oxidation in einem Schwefelsäure enthaltenden Elektrolyten gebildeter, Schichten liegen in der Regel um mindestens 50 HV 0,025 niedriger. Aus einer höheren Scheinhärte resultiert eine höhere Verschleißfestigkeit. Dies konnte in einem Taber-Abraser Test, mit dem sich der Abriebwiderstand verschiedener Materialien ermitteln lässt, gezeigt werden. Bei dem Test wird die Abriebbeanspruchung von zwei Reibrollen erzeugt, die mit einer festgelegten Kraft auf die rotierende Probe gedrückt werden. Die Gleitschicht gemäß der Erfindung zeigte bei einer Kraft von 10 N (Abriebrolle CS 10) erst nach über 90 000 Umdrehungen der Probe eine Abnutzung von 12,5 µm. Herkömmliche Schichten zeigten unter den gleichen Bedingungen diese Abnutzung bereits nach 60 000 Umdrehungen.

[0034] Die im Vergleich zu herkömmlichen, insbesondere durch anodische Oxidation in einem Schwefelsäure enthaltenden Elektrolyten gebildeten, Schichten verbesserte chemische Beständigkeit der erfindungsgemäßen Schicht konnte mit der Salzsprühnebelprüfung belegt werden. Dabei handelt es sich um eine nach DIN EN ISO 9227 standardisierte Prüfung zur Bewertung der Korrosionsschutzwirkung von Beschichtungen. Bei der erfindungsgemäßen Schicht kam es erst nach über 2 000 Stunden Einwirkzeit zu ersten feststellbaren Korrosionserscheinungen, während herkömmliche Schichten diese bereits nach der Hälfte der Zeit zeigten.

[0035] Der Reibungskoeffizient der Gleitschicht beträgt vorzugsweise weniger als 0,9, besonders bevorzugt weniger als 0,8, insbesondere ungefähr 0,73, wobei die Bestimmung des Reibungskoeffizienten mit einem Stift-Scheibe-Tribometer erfolgt. Der Anpressdruck des Tribometers betrug dabei 5 Newton bei einer Geschwindigkeit von 6 m/min und 9000 U/min.

[0036] Die Gleitschicht hat eine sehr hohe Oberflächengüte. Üblicherweise weisen bei Vakuumpumpen die gegeneinander beweglichen Oberflächen ohne erfindungsgemäße Gleitschicht einen Mittenrauwert Ra von etwa 0,2 µm und eine gemittelte Rautiefen Rz von etwa 1,4 µm auf. Eine Gleitschicht gemäß der Erfindung mit einer typischen Schichtdicke von etwa 20 µm zeichnet sich nun insbesondere dadurch aus, dass der Mittenrauwert Ra nach dem Aufbringen der Gleitschicht um nicht mehr als 1,0 µm zunimmt, vorzugsweise um etwa 0,5

μm . Bei herkömmlichen Schichten liegt die Zunahme des Mittenrauwwerts R_a typischerweise bei mindestens $1,5 \mu\text{m}$. Die gemittelte Rautiefe R_z nimmt nach dem Aufbringen der Gleitschicht mit einer Schichtdicke von etwa $20 \mu\text{m}$, vorzugsweise um weniger als $0,3 \mu\text{m}$, besonders bevorzugt um weniger als $0,2 \mu\text{m}$, insbesondere um weniger als $0,1 \mu\text{m}$, zu. Typischerweise nimmt bei herkömmlichen Schichten vergleichbarer Dicke die gemittelte Rautiefe R_z um mindestens $0,3 \mu\text{m}$ zu.

[0037] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Pumpe umfassen die Förderelemente einen Grundwerkstoff, der zumindest teilweise aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung gebildet ist und auf dem die Gleitschicht aufgebracht ist. Vorzugsweise bestehen die Förderelemente aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung. Besonders bevorzugt ist der Grundwerkstoff eine Aluminiumlegierung des Typs AlMgSi. Ferner vorteilhaft sind Aluminiumlegierungen des Typs AlMgSiMn, AlMgSiPb oder AlZnMg. Aluminium und Aluminiumlegierungen haben sich als besonders geeignet herausgestellt, einer anodischen Oxidation in einem Oxalsäure enthaltenden Elektrolyten unterzogen zu werden und eine erfindungsgemäße Gleitschicht auszubilden.

[0038] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft die Verwendung von einer oder mehreren Dichtungen aus einem Polyimidpartikel enthaltenden, durch Heißformpressen und Sintern hergestellten Polytetrafluorethylen-Werkstoff, und Bauteilen, die zumindest bereichsweise mit einer durch anodische Oxidation in einem Oxalsäure enthaltenden Elektrolyten gebildeten Oxidschicht beschichtet sind, für die Herstellung von dichtend zusammenwirkenden Förderelementen für Pumpen, insbesondere für Vakuumpumpen, wie sie vorstehend beschrieben sind.

[0039] Insbesondere handelt es sich bei den Förderelementen dabei um Spiralelemente einer Spiral- oder Scrollpumpe oder um Zylinder und darin bewegbare Kolben einer Kolbenpumpe.

[0040] Die vorstehenden und weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden anhand der nachstehenden Beschreibung der beispielhaften Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen, in welchen identische Bezugszeichen zur Darstellung identischer Elemente verwendet werden, näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine einseitige Spiral- oder Scrollpumpe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in schematischer Schnittdarstellung,

Fig. 2 eine Detaildarstellung der Spiral- oder Scrollpumpe aus Fig. 1,

Fig. 3 eine Teildarstellung einer Spiral- oder Scrollpumpe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in schematischer Darstellung in einem Querschnitt senkrecht zur Achse,

Fig. 4 eine Teildarstellung einer doppelseitigen Spiral- oder Scrollpumpe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in schematischer Schnittdarstellung, und

Fig. 5 eine schematische Schnittdarstellung einer Kolbenpumpe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0041] Die in Fig. 1 gezeigte Spiral- oder Scrollpumpe 10 umfasst einen von einem Gehäuse 12 umschlossenen Arbeitsraum 23 mit einem Antriebsbereich 26. In den Arbeitsraum 23 mündet ein Einlass 11, an den ein Rezipient oder eine weitere Pumpstufe angeschlossen sein kann.

[0042] Im Arbeitsraum 23 sind ein feststehendes Spiralelement 13, das mit dem Gehäuse 12 der Pumpe 10 verbunden ist, und ein umlaufendes Spiralelement 16 angeordnet. Die Spiralelemente 13, 16 umfassen jeweils einen Träger 14, 17 und eine mit diesem verbundene, um eine jeweilige Achse spiralförmig verlaufende Wand 15, 18. Der Träger 14 des feststehenden Spiralelements 13 kann auch als ein Teil des Pumpengehäuses 12 ausgebildet sein. Der Auslass 22 der Pumpe 10 verläuft axial durch das feststehende Spiralelement 13. Die Spiralelemente sind derart angeordnet, dass die Wände 15, 18 unter Ausbildung von Förderräumen 24 dichtend ineinandergreifen. Die spiralförmigen Wände 15, 18 haben jeweils eine Stirnseite 19, an der eine Dichtung 20 angeordnet ist. Die Dichtungen 20 berühren den jeweils gegenüberliegenden Träger 14, 17, auf den eine Gleitschicht 21 aufgebracht ist. Die Gleitschicht 21 ist zusätzlich mit Polytetrafluorethylen imprägniert.

[0043] Fig. 2 zeigt eine Detaildarstellung der Spiral- oder Scrollpumpe aus Fig. 1 in dem Bereich, wo die Dichtung 20 den mit der Gleitschicht 21 versehenen Träger 14, 17 berührt. Insbesondere erfolgt die Anordnung der Spiralelemente 13, 16 derart, dass die Dichtung 20 gegen den Träger 14, 17 gepresst wird. Die Imprägnierung der Gleitschicht 21 ist nicht dargestellt, da das Polytetrafluorethylen in der Gleitschicht eingelagert vorliegt. Ein zusätzlicher Schichtaufbau findet nicht statt. Die Imprägnierung fördert die Trockenschmiereigenschaften der Gleitschicht 21 und vermindert zusätzlich deren Verschleiß.

[0044] Die Träger 14, 17 und die spiralförmigen Wände 15, 18 sind jeweils einstückig ausgebildet und bestehen aus einer Aluminiumlegierung des Typs AlMgSi. Bei der Gleitschicht 21 handelt es sich um eine durch anodische Oxidation in einem Oxalsäureelektrolyten erzeugte Aluminiumoxidschicht. Die Gleitschicht 21 ist insbesondere auf allen den Förderräumen 24 zugewandten Flächen der Spiralelemente 13, 16, aufgebracht. Bei den Dichtungen 20 handelt es sich um Polytetrafluorethylen, das 10 Gew.-% Polyimidpartikel (bezogen auf das Trockengewicht der Dichtung) enthält und durch Heißformpressen und anschließendes Sintern hergestellt wurde. Die mittlere Teilchengröße der Polyimidpartikel beträgt 25

μm .

[0045] Im Antriebsbereich 26 der Pumpe 10 befindet sich ein Elektromotor 31, der einen Motor-Stator 30 (Wicklung) und einen Motor-Rotor 32 (Läufer) umfasst. Der Elektromotor 31 treibt eine Welle 33 an, die eine Achse A_W definiert. Das umlaufende Spiralelement 16 ist mit einer Exzenterwelle 35, welche die Exzenterachse A_E definiert, mit der Welle 33 gekoppelt. Die Achse A_W der Welle 33 und die Exzenterachse A_E verlaufen parallel zueinander. Beide Wellen 33, 35 sind mit Lagern 34 abgestützt. Die Welle 33 umfasst zudem Ausgleichsgewichte 36, um eine optimale Laufruhe der Pumpe 10 zu gewährleisten.

[0046] Im Betrieb der Pumpe 10 dreht sich die Welle 33, und die mit dieser verbundene Exzenterwelle 35 führt eine Umlaufbewegung um die Achse A_W der Welle 33 aus. Das Spiralelement 16 führt dementsprechend eine zentralsymmetrische Oszillationsbewegung auf einer kreisförmigen Bahn um die Achse A_W aus. Dabei dreht sich das Spiralelement 16 nicht um die eigene Achse A_E , was durch dem Fachmann bekannte Drehverhinderungsmechanismen erreicht wird. Durch diese Bewegung entstehen zwischen den ineinandergreifenden Spiralelementen 13, 16 abgeschlossene, sichelförmige Förderräume 24, die ihr Volumen nach innen in Richtung Pumpenauslass 22 immer weiter verkleinern. Auf diese Weise kommt es zu einer Verdichtung eines über den Einlass 11 angesaugten Gases.

[0047] Die Form der Förderräume lässt sich in Fig. 3 erkennen, die einen Ausschnitt eines Querschnitts senkrecht zur Welle 33 einer Spiralpumpe zeigt. Die Querschnittsebene verläuft dabei durch die ineinandergreifenden spiralförmigen Wände 15, 18 der Spiralelemente 13, 16.

[0048] Da die Pumpe 10 gemäß Fig. 1 ein bewegliches Spiralelement 16 aufweist, dessen Träger 17 nur einseitig mit einer spiralförmigen Wand 18 versehen ist, handelt es sich um ein einseitiges Pumpsystem, das auch als Single-Wrap Pumpsystem bezeichnet wird.

[0049] Fig. 4 zeigt dagegen eine Teildarstellung einer Spiral- oder Scrollpumpe mit einem doppelseitigen Pumpsystem. Auf die Darstellung des gesamten Gehäuses einschließlich eines Antriebsbereiches wurde verzichtet. Im Unterschied zu der einseitigen Ausführung gemäß Fig. 1 weist das umlaufende Spiralelement 16 einen Träger 17 auf, der beidseitig mit spiralförmig verlaufenden Wänden 18 versehen ist. Ferner umfasst das feststehende Spiralelement 13 einen weiteren Träger 14 mit einer spiralförmigen Wand 15. Beide Wände 18 des umlaufenden doppelseitigen Spiralelements 16 greifen mit den Wänden 15 des feststehenden Spiralelements 13 unter Ausbildung von Förderräumen 24 ineinander. Die Stirnseiten 19 der Wände 15, 18 sind jeweils mit Dichtungen 20 versehen. Die zu den Förderräumen 24 gewandten Flächen der Träger 14, 17 sind mit einer Gleitschicht 21 versehen, wobei die Gleitschicht 21 zusätzlich mit Polytetrafluorethylen imprägniert wurde. In Bezug auf die Materialien der Spiralelemente 13, 16 und die Zusammen-

setzung der Gleitschicht 21 und der Dichtung 20 sowie hinsichtlich der Funktionsweise der Pumpe kann auf die Ausführungen zu den Fig. 1 und 2 verwiesen werden. Im Vergleich zu einem einseitigen Pumpsystem steht bei dem doppelseitigen Pumpsystem zur Förderung eines Fluids die doppelte Anzahl an Förderräumen 24 zur Verfügung.

[0050] Fig. 5 zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer erfindungsgemäßen Kolbenpumpe 100. Ein an einer Kolbenstange 105 befestigter Kolben 104 ist beweglich in einem Zylinder 102 gelagert. Der Kolben 104 und der Zylinder 102 bilden zusammen einen Förderraum 124. Der Kolben 104 weist sowohl an einem unteren Rand 106 als auch an einem oberen Rand 108 eine Dichtung 120 auf, welche gegen eine Innenwand 103 des Zylinders 102 schleift. Die Zylinderinnenwand 103 ist mit einer Gleitschicht 121 versehen, die zusätzlich mit Polytetrafluorethylen imprägniert wurde. Die Dichtung 120 ist in Form eines schmalen Bandes ausgebildet, das sich in Umfangsrichtung um den Kolben 104 erstreckt. Ein innerer Dichtungsschenkel 120b der Dichtung 120 wird von einer jeweils am unteren und oberen Rand 106, 108 des Kolbens 104 angeordneten Nut 109 aufgenommen. Ein freier Dichtungsschenkel 120a verläuft außerhalb der Nut 109 und ist abgewinkelt, da er breiter ist als der Abstand zwischen der Zylinderinnenwand 103 und dem Kolben 104. Sowohl der Zylinder 102 als auch der Kolben 104 sind aus einer Aluminiumlegierung des Typs AlMgSi hergestellt. Die Dichtung 120 und die Gleitschicht 121 sind erfindungsgemäß ausgebildet, wie es vorstehend, insbesondere anhand von Fig. 2, beschrieben ist.

[0051] Im Betrieb der Pumpe 100 hebt und senkt sich der Kolben 104, wobei sich der Förderraum 124 entsprechend verkleinert und vergrößert und unter zeitlich abgestimmtem Öffnen und Schließen nicht dargestellter Ventile ein Fluid angesaugt bzw. ausgestoßen wird.

[0052] Aufgrund der Auf- und Abbewegung des Kolbens 104 unterliegen die an der Zylinderinnenwand 103 anliegenden freien Schenkel 120a der Dichtungen 120 einer fortwährenden Reibung. Die erfindungsgemäße Materialkombination aus der speziellen Gleitschicht 121, die eine sehr glatte Oberfläche aufweist, und der speziellen widerstandsfähigen Polytetrafluorethylen-Dichtung bewirkt eine Verringerung dieser Reibung. Zum einen wird der Abrieb auf der Seite der Dichtung 120 verringert, was zu einer längeren Lebensdauer der Dichtung und damit zu verlängerten Wartungsintervallen führt. Zum anderen wird der Abrieb auf der Seite der Zylinderinnenwand 103 minimiert und damit die Lebensdauer der Pumpe 100 insgesamt verlängert.

[0053] Bei einem über ein Jahr andauernden Langzeittest wurden Kolbenpumpen, die eine erfindungsgemäß ausgebildete Dichtung und Gleitschicht aufwiesen, mit baugleichen herkömmlichen Kolbenpumpen verglichen. Die herkömmlichen Pumpen wiesen eine durch anodische Oxidation in einem Schwefelsäure enthaltenden Elektrolyten gebildete Standardbeschichtung auf. Die

Dichtungen der herkömmlichen Pumpen bestanden entweder aus einem ungesinterten Polytetrafluorethylen-Werkstoff oder aus einem Polytetrafluorethylen-Werkstoff, der hinsichtlich des Polyimidanteils und/oder der Polyimidpartikelgröße von der erfindungsgemäßen Ausführung abwich.

[0054] Nach einem Jahr wurde der Verschleiß der Dichtung und der Gleitschicht bestimmt. Es stellte sich heraus, dass die erfindungsgemäße Materialkombination die geringsten Verschleißerscheinungen zeigte, d.h. den geringsten Schicht- und Dichtungsabrieb. Einige der herkömmlichen Pumpen fielen zudem schon vor dem Testende verschleißbedingt aus.

Bezugszeichenliste

[0055]

10	Spiral- oder Scrollpumpe	
11	Einlass	
12	Gehäuse	
13	feststehendes Spiralelement	
14	Träger des feststehenden Spiralelements	
15	spiralförmige Wand des feststehenden Spiralelements	
16	umlaufendes Spiralelement (Orbiter)	
17	Träger des umlaufenden Spiralelements	
18	spiralförmige Wand des umlaufenden Spiralelements	
19	Stirnseite	
20	Dichtung	
21	Gleitschicht	
22	Auslass	
23	Arbeitsraum	
24	Förderraum	
26	Antriebsbereich	
30	Motor-Stator	
31	Elektromotor	
32	Motor-Rotor	
33	Welle	
34	Lager	
35	Exzenter	
36	Ausgleichsgewicht	
A _W	Achse der Welle	
A _E	Exzenterachse	
100	Kolbenpumpe	
102	Zylinder	
103	Zylinderinnenwand	
104	Kolben	
105	Kolbenstange	
106	unterer Rand	
108	oberer Rand	
109	Nut	
120	Dichtung	
120a	freier Dichtungsschenkel	
120b	innerer Dichtungsschenkel	
121	Gleitschicht	

124 Förderraum

Patentansprüche

1. Pumpe (10, 100), insbesondere Vakuumpumpe, umfassend

- zumindest zwei relativ zueinander bewegliche Förderelemente (13, 16, 102, 104), die derart angeordnet sind, dass sie unter Ausbildung von zumindest einem Förderraum (24, 124) dichtend zusammenwirken,
 - wenigstens eine auf einem der beiden Förderelemente (13, 16, 102, 104) angeordnete Dichtung (20, 120), und
 - eine zumindest bereichsweise auf wenigstens eines der Förderelemente (13, 16, 102, 104) aufgebrachte, mit der jeweiligen Dichtung (20, 120) zusammenwirkende Gleitschicht (21, 121),
dadurch gekennzeichnet,
dass die Dichtung (20, 120) einen Polyimidpartikel enthaltenden, durch Heißformpressen und Sintern hergestellten Polytetrafluorethylen-Werkstoff umfasst, und
dass die Gleitschicht (21, 121) eine durch anodische Oxidation in einem Oxalsäure enthaltenden Elektrolyten gebildete Oxidschicht umfasst.

2. Pumpe nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass es sich um eine Spiral- oder Scrollpumpe (10), insbesondere Spiral- oder Scrollvakuumpumpe, handelt,

- wobei es sich bei den Förderelementen um zwei relativ zueinander bewegbare Spiralelemente (13, 16) handelt, die jeweils auf einem Träger (14, 17) eine spiralförmig um eine Achse verlaufende Wand (15, 18) mit einer freien Stirnseite (19) aufweisen und derart angeordnet sind, dass die Wände (15, 18) unter Ausbildung von Förderräumen (24) dichtend ineinandergreifen,
 - wobei die Dichtungen (20) auf den freien Stirnseiten (19) der Wände (15, 18) angeordnet sind, und
 - wobei die Gleitschicht (21) zumindest bereichsweise auf die Spiralelemente (13, 16) aufgebracht ist.

3. Pumpe nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass es sich um eine Kolbenpumpe (100), insbesondere Kolbenvakuumpumpe, handelt,

- wobei es sich bei den Förderelementen um einen Zylinder (102) und einen darin bewegbaren Kolben (104) handelt,

- wobei die Dichtung (120) am Kolben (104) und/oder an einer Zylinderinnenwand (103) angeordnet ist, und
 - wobei die Gleitschicht (121) zumindest bereichsweise auf die Zylinderinnenwand (103) und/oder den Kolben (104) aufgebracht ist. 5
4. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Polytetrafluorethylen-Werkstoff einen Anteil an Polyimidpartikeln zwischen 1 und 25 Gew.-%, bevorzugt zwischen 5 und 20 Gew.-%, besonders bevorzugt zwischen 7 und 15 Gew.-%, insbesondere zwischen 8 und 12 Gew.-%, aufweist, bezogen auf das Trockengewicht des Werkstoffs. 10 15
5. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Polyimidpartikel eine mittlere Teilchengröße zwischen 1 und 50 μm , bevorzugt zwischen 5 und 40 μm , besonders bevorzugt zwischen 10 und 30 μm , insbesondere zwischen 15 und 25 μm , aufweisen. 20
6. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Polyimidpartikel in fein verteilt, im Wesentlichen nicht agglomerierter Form in dem Polytetrafluorethylen-Werkstoff enthalten sind. 25
7. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Polytetrafluorethylen-Werkstoff eine Porosität zwischen 0,1 und 5 %, bevorzugt zwischen 0,1 und 2 %, besonders bevorzugt kleiner als 1 %, aufweist. 30 35
8. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gleitschicht (21, 121) eine Schichtdicke zwischen 10 und 50 μm , bevorzugt zwischen 15 und 40 μm , besonders bevorzugt zwischen 20 und 30 μm , aufweist. 40
9. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gleitschicht (21, 121) mit Polytetrafluorethylen beschichtet und/oder imprägniert ist. 45
10. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gleitschicht (21, 121) eine Scheinhärte zwischen 400 und 600 HV 0,025, bevorzugt zwischen 500 und 550 HV 0,025, aufweist. 50
11. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mit einem Stift-Scheibe-Tribometer ermittelte Reibungskoeffizient der Gleitschicht (21, 121) weniger als 0,9, bevorzugt weniger als 0,8, besonders bevorzugt ungefähr 0,73, beträgt. 55
12. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fördererelemente (13, 16, 102, 104) einen Grundwerkstoff umfassen, der zumindest teilweise aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung gebildet ist und auf den die Gleitschicht (21, 121) aufgebracht ist.
13. Pumpe nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Grundwerkstoff eine Aluminiumlegierung des Typs AlMgSi ist.
14. Verwendung von
- einer oder mehreren Dichtungen (20, 120) aus einem Polyimidpartikel enthaltenden, durch Heißformpressen und Sintern hergestellten Polytetrafluorethylen-Werkstoff, und
 - Bauteilen, die zumindest bereichsweise mit einer durch anodische Oxidation in einem Oxalsäure enthaltenden Elektrolyten gebildeten Gleichschicht beschichtet sind,
- zur Herstellung von dichtend zusammenwirkenden Fördererelementen (13, 16, 102, 104) für Pumpen (10, 100), insbesondere für Vakuumpumpen, nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

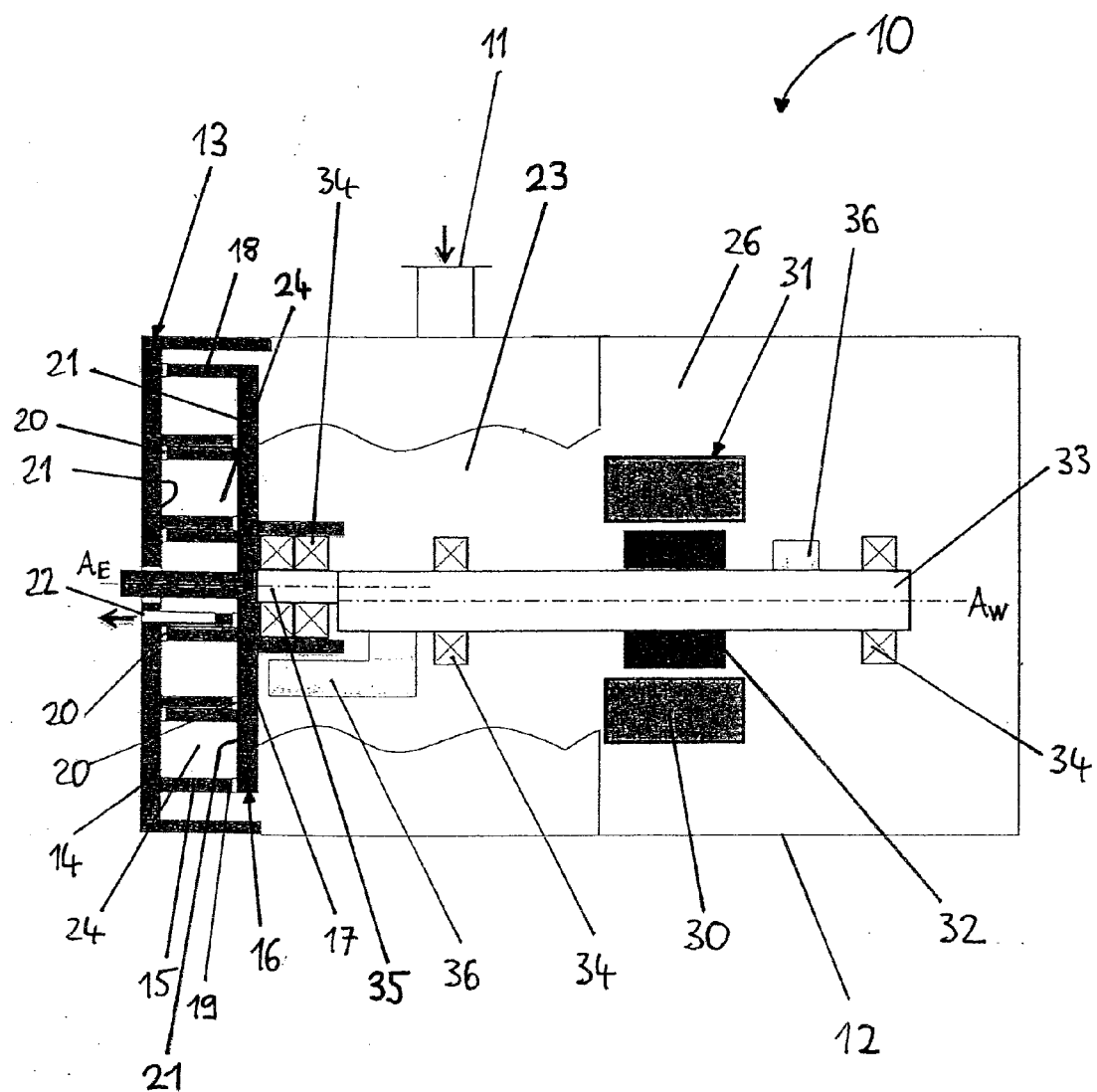


Fig.1

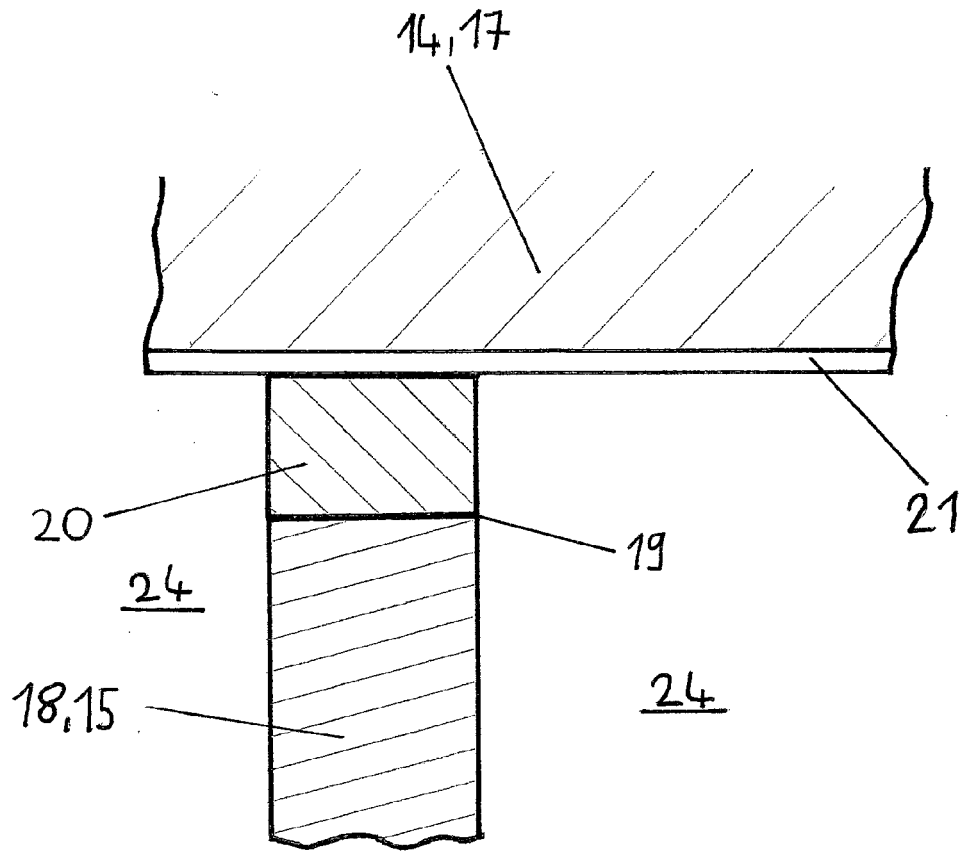


Fig. 2

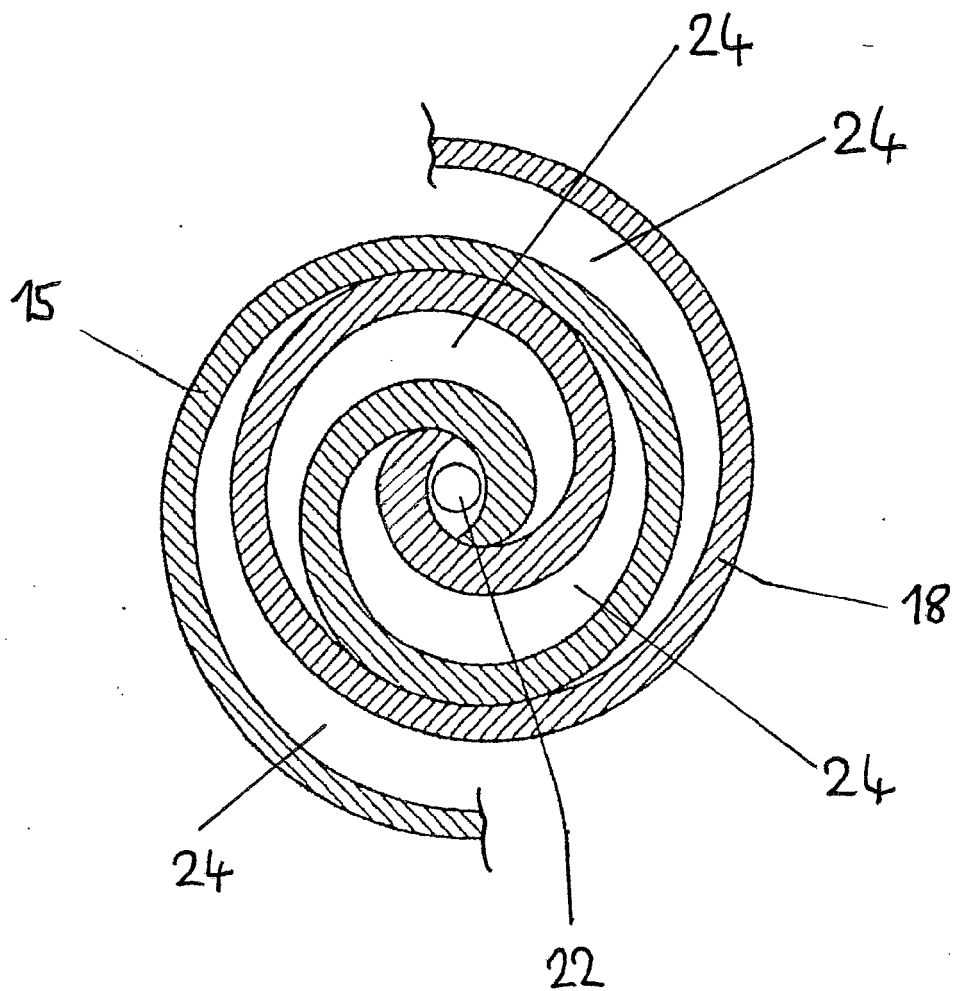


Fig. 3

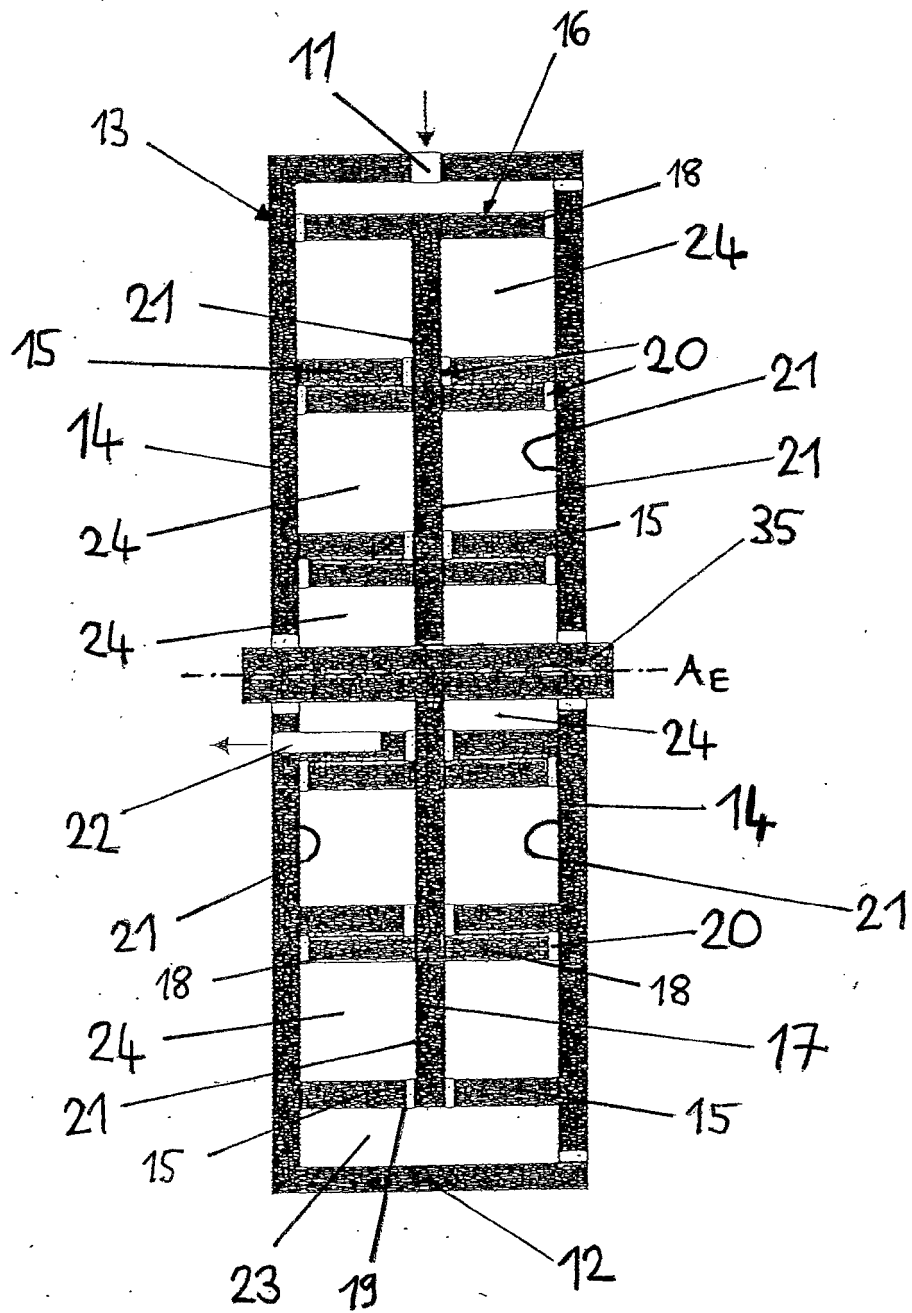


Fig. 4

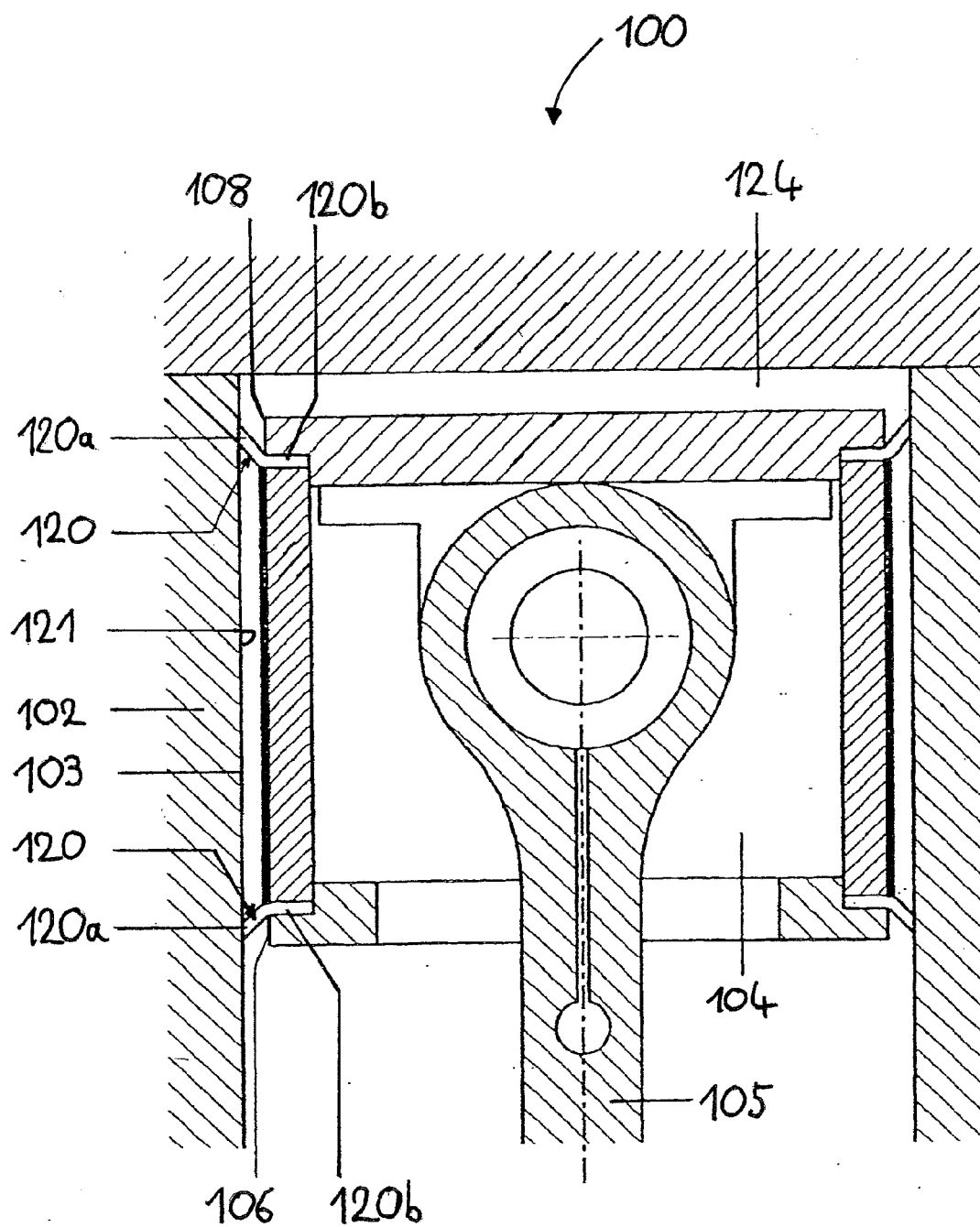


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 15 18 8477

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	JP 2001 165072 A (HITACHI LTD; YODOGAWA KASEI CO LTD) 19. Juni 2001 (2001-06-19) * Seite 1 - Seite 4; Abbildungen 1-8 *	1-14	INV. F04B39/04 F04C27/00 F04B39/12 F04B53/02 F04B53/14 F04B53/16 F16J15/16
Y	AU 68083 81 A (COMMW SCIENTIFIC & IND RESEAR) 25. Juni 1981 (1981-06-25) * Seite 6, Zeile 1 - Seite 12, Zeile 11; Abbildungen 1-3 *	1-14	
Y	GB 2 130 685 A (RIVAPOMPE SA) 6. Juni 1984 (1984-06-06) * Seite 1, Zeile 3 - Seite 2, Zeile 40; Abbildungen 1-2 *	1-14	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04C F04B F16J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 12. April 2016	Prüfer Jurado Orenes, A
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 15 18 8477

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

12-04-2016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2001165072 A	19-06-2001	JP 3572481 B2	06-10-2004
		JP 2001165072 A	19-06-2001

AU 6808381 A	25-06-1981	KEINE	

GB 2130685 A	06-06-1984	DE 8333941 U1	01-03-1984
		ES 8407161 A1	16-11-1984
		FR 2536797 A1	01-06-1984
		GB 2130685 A	06-06-1984
		PT 77686 A	01-12-1983

EPO FORM P0461

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