



(11)

EP 3 786 457 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
07.09.2022 Patentblatt 2022/36

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F04D 29/042 ^(2006.01) **F04D 19/04** ^(2006.01)
F04D 29/02 ^(2006.01) **F04D 29/32** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20195315.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F04D 19/042; F04D 29/023; F04D 29/321;
F05D 2300/603; F05D 2300/702

(22) Anmeldetag: **09.09.2020**

(54) **ROTORANORDNUNG FÜR EINE VAKUUMPUMPE, VAKUUMPUMPE UND VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINER SOLCHEN**

ROTOR ARRANGEMENT FOR A VACUUM PUMP, VACUUM PUMP AND METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME

SYSTÈME DE ROTOR POUR UNE POMPE À VIDE, POMPE À VIDE ET PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UNE TELLE POMPE À VIDE

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

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.03.2021 Patentblatt 2021/09

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 3 085 964 DE-A1- 19 525 829
DE-A1-102007 048 703 DE-U1-202013 006 436
JP-A- 2012 145 043

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

(72) Erfinder: **MEKOTA, Mirko**
35630 Ehringshausen (DE)

EP 3 786 457 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Rotoranordnung für eine Vakuumpumpe, insbesondere für eine Turbomolekularpumpe, eine Vakuumpumpe und ein Verfahren zum Herstellen einer solchen Rotoranordnung.

[0002] Vakuumpumpen, wie zum Beispiel Turbomolekularpumpen, werden in unterschiedlichen Bereichen der Technik, wie z.B. in der Halbleiterherstellung, eingesetzt, um ein für den jeweiligen Prozess notwendiges Vakuum zu schaffen. Eine Turbomolekularpumpe umfasst allgemein eine Rotoranordnung, die sich im Betrieb der Turbomolekularpumpe bezogen auf einen Stator bzw. ein Gehäuse der Turbomolekularpumpe mit einer sehr hohen Drehzahl dreht, die typischerweise oberhalb von 10.000 Umdrehungen pro Minute liegt.

[0003] Da die Rotoranordnung während des Betriebs der Turbomolekularpumpe somit eine sehr hohe kinetische Energie aufweist, kann im Fall eines sogenannten "Rotorcrashes", bei dem die Rotoranordnung beispielsweise kurzfristig blockiert, ein extrem hohes Drehmoment auf das Gehäuse der Turbomolekularpumpe und über dieses weiter auf die gesamte Vakuumanlage übertragen werden, in der sich die Turbomolekularpumpe befindet. Im Fall eines Rotorcrashes besteht folglich eine erhebliche Zerstörungs- und Verletzungsgefahr innerhalb der Umgebung der Turbomolekularpumpe.

[0004] Dieses Problem ist besonders relevant bei magnetgelagerten Turbomolekularpumpen, wenn diese eine glockenförmige Rotoranordnung aufweisen, um die Magnetlagerung und gegebenenfalls auch einen Antriebsmotor der Rotoranordnung in einem Hohlraum innerhalb der glockenförmigen Rotoranordnung unterzubringen. Bei einem Rotorcrash kann eine solche glockenförmige Rotoranordnung schlagartig in wenige Teile auseinanderbrechen, die jeweils eine sehr hohe kinetische Energie aufweisen. Ein solches Auseinanderbrechen der Rotoranordnung wird auch als "Burst" bezeichnet.

[0005] Aus der JP 2012 145043 A sind eine Rotoranordnung mit den Merkmalen gemäß dem jeweiligen Oberbegriff des Anspruchs 1 oder 3 und ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß dem jeweiligen Oberbegriff des Anspruchs 9 oder 11 bekannt.

[0006] Die DE 20 2013 006 436 U1 beschreibt eine Rotoranordnung für eine Vakuumpumpe mit einem Rotorkörper, der an seinem Außenumfang mit einem Armierungsband umwickelt ist.

[0007] In der EP 3 085 964 A1 ist eine Rotoranordnung für eine Vakuumpumpe beschrieben, bei der ein Rotorkörper Armierungsringe aufweist, die durch eine Querverpressverbindung an diesem angebracht sind.

[0008] Eine Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Rotoranordnung für eine Vakuumpumpe, eine Vakuumpumpe und ein Verfahren zum Herstellen einer Rotoranordnung zu schaffen, bei welchen auf einfache Weise eine verbesserte Festigkeit der Rotoranordnung gegenüber einem Auseinanderbrechen erreicht wird. Ferner soll die Gefährdung innerhalb der Umgebung der Vakuumpumpe auch im Falle eines Auseinanderbrechens der Rotoranordnung verringert sein.

umpumpe auch im Falle eines Auseinanderbrechens der Rotoranordnung verringert sein.

[0009] Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst.

[0010] Eine erfindungsgemäße Rotoranordnung für eine Vakuumpumpe, insbesondere für eine Turbomolekularpumpe, weist einen Rotorkörper auf, der an seinem Außenumfang zumindest einmal vollständig um die Drehachse umlaufend mit einem Armierungsband umwickelt ist.

[0011] Durch das Vorhandensein des Armierungsbandes am Außenumfang des Rotorkörpers wird die Festigkeit der Rotoranordnung gegenüber einem Auseinanderbrechen verbessert. Dadurch verringert sich das Gefährdungsrisiko in der Umgebung der Vakuumpumpe.

[0012] Im Fall eines Auseinanderbrechens oder "Bursts" der Rotoranordnung bewirkt das Armierungsband, dass die einzelnen Teile der Rotoranordnung noch für eine gewisse Zeitdauer zusammengehalten werden und der Burst somit über einen längeren Zeitraum ausgedehnt wird. Dadurch erfolgt die Übertragung der kinetischen Energie der Rotoranordnung bzw. eines entsprechenden Drehmoments auf ein Gehäuse der Vakuumpumpe ebenfalls über eine verlängerte Zeitdauer, wodurch das Drehmoment, das insgesamt auf die Vakuumpumpe ausgeübt wird, verringert wird und eine geringere Gefahr beispielsweise eines Abreißens der Vakuumpumpe von einem Pumpenflansch besteht. Insgesamt wird daher durch das Armierungsband die Zerstörungs- und Verletzungsgefahr in der Umgebung der Vakuumpumpe auch im Fall eines Rotorcrashes bzw. Bursts verringert.

[0013] Darüber hinaus kann die Umwicklung des Rotorkörpers mit dem Armierungsband an dem Außenumfang des Rotorkörpers auf einfache Weise angebracht werden, und es müssen keine vorgefertigten Rohre oder Ringe hergestellt werden, die als Armierung am Rotorkörper beispielsweise aufgeschraubt werden. Die Armierung des Rotorkörpers lässt sich somit mittels des Armierungsbandes auf kostengünstige Weise erreichen.

[0014] Die Rotoranordnung umfasst mindestens zwei Pumpstufen, die entlang der Drehachse beabstandet angeordnet sind und jeweils pumpaktive Elemente aufweisen, die sich an dem Außenumfang des Rotorkörpers befinden. Der Rotorkörper ist außerdem an seinem Außenumfang an mehreren in axialer Richtung voneinander verschiedenen Positionen zumindest einmal vollständig umlaufend mit jeweiligen Armierungsbändern umwickelt. Die Anzahl der Wicklungen der jeweiligen Armierungsbänder ist verschieden. Dies gilt allgemein, d.h. unabhängig davon, ob die Armierungsbänder in unterschiedlichen Zwischenräumen zwischen einzelnen Pumpstufen oder allgemein an mehreren unterschiedlichen axialen Positionen angeordnet sind.

[0015] Ferner ist der Rotorkörper glockenförmig ausgebildet und weist einen Innenraum auf, dessen Querschnitt rechtwinklig zu der Drehachse in axialer Richtung ausgehend von einer Hochvakuumseite der Rotoranord-

nung zunimmt. Da der Querschnitt des Innenraums eines solchen glockenförmigen Rotorkörpers in axialer Richtung zunimmt, nimmt auch der Außenumfang des Rotorkörpers in gleicher Richtung zu. Die Umwicklung mittels eines Armierungsbandes zum Herstellen einer Armierung des Rotorkörpers ist bei einem solchen glockenförmigen Rotor besonders vorteilhaft, da ansonsten bei der Verwendung von Armierungsrohren oder Armierungsringen zunächst eine Vielzahl von Armierungen mit unterschiedlichen Durchmessern hergestellt werden müsste. Bei der Umwicklung mittels des Armierungsbandes ist der Aufwand zum Herstellen der Armierung folglich bei glockenförmigen Rotorkörpern verringert. Dabei wird der Rotorkörper in einem oder mehreren Zwischenräumen zwischen Pumpstufen, die von der Hochvakuumseite der Rotoranordnung am weitesten entfernt sind, jeweils mit einem Armierungsband umwickelt.

[0016] Alternativ umfasst die Rotoranordnung mehr als zwei Pumpstufen, die entlang der Drehachse beabstandet angeordnet sind und jeweils pumpaktive Elemente aufweisen, die sich an dem Außenumfang des Rotorkörpers befinden. Jeweils ein Armierungsband ist in mindestens zwei Zwischenräumen angeordnet, welche sich in axialer Richtung zwischen den zwei Pumpstufen erstrecken, um den Rotorkörper gewickelt.

[0017] Durch die Umwicklung des Rotorkörpers mit dem Armierungsband in mehreren Zwischenräumen zwischen den Pumpstufen lässt sich die Festigkeit der Rotoranordnung auf effiziente Weise verbessern, da die Rotoranordnung zunächst ohne Armierungsband hergestellt werden kann und die Zwischenräume zwischen den Pumpstufen anschließend zur Umwicklung mit dem Armierungsband zugänglich sind. Die Anzahl der Zwischenräume, in denen der Rotorkörper mit dem Armierungsband umwickelt werden soll, ist anhand einer Nenn-drehzahl der Rotoranordnung ausgewählt. Somit kann die Armierung des Rotorkörpers durch die Umwicklung in mehreren Zwischenräumen zwischen den Pumpstufen flexibel an die Bedingungen während des Betriebs der Vakuumpumpe angepasst werden. Ferner ist die Anzahl der Wicklungen eines jeweiligen Armierungsbandes anhand der Nenndrehzahl der Rotoranordnung ausgewählt.

[0018] Die Anzahl der Wicklungen bzw. Lagen des Armierungsbandes kann somit an solchen Stellen entlang des Außenumfangs des Rotorkörpers erhöht werden, die für einen Burst des Rotorkörpers oder beim Auftreten eines solchen als besonders kritisch angesehen werden, beispielsweise an Stellen mit großem Außenumfang des Rotorkörpers bzw. großer Masse. Die gesamte Dicke der Armierung kann somit entlang des Außenumfangs des Rotorkörpers bzw. in axialer Richtung entlang der Drehachse flexibel variiert und an das zu erwartende Risiko eines Bursts angepasst werden.

[0019] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen angegeben.

[0020] Das Armierungsband kann einen kohlenstoffa-

serverstärkten Kunststoff (CFK) umfassen. Die Kohlenstofffasern bzw. Carbonfasern des CFK sind dabei in eine Kunststoffmatrix eingebettet, die beispielsweise Epoxidharz, Duroplaste oder Thermoplaste umfassen kann. Die Einbindung der Fasern in die Kunststoffmatrix kann dabei derart erfolgen, dass insgesamt ein flexibles Armierungsband vorliegt, das sich ähnlich wie ein Paketklebeband abrollen lässt, wenn das Armierungsband um den Rotorkörper gewickelt wird. Der kohlenstofffaserverstärkte Kunststoff (CFK) weist eine geringe Masse trotz einer hohen Steifigkeit auf. Durch das Einbinden des CFK in das Armierungsband lässt sich somit die Festigkeit des Rotorkörpers und der Rotoranordnung insgesamt verbessern.

[0021] Das Armierungsband kann ferner in mehreren Lagen und/oder nebeneinander an mehreren in axialer Richtung voneinander verschiedenen Positionen jeweils zumindest einmal vollständig umlaufend um den Außenumfang des Rotorkörpers gewickelt sein. Unterschiedliche axiale Positionen können durch unterschiedliche Zwischenräume zwischen Pumpstufen vorgegeben sein. Dies ist aber nicht zwingend. Mehrere Armierungsbänder können auch in einem einzigen Zwischenraum zwischen zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Pumpstufen an unterschiedlichen axialen Pumpstufen oder an einem Rotorkörper ohne Pumpstufen oder an einem keine Pumpstufen umfassenden Bereich eines Rotorkörpers angeordnet sein.

[0022] Außerdem kann vorgesehen sein, dass der Rotorkörper an einem oder mehreren axialen Bereichen jeweils helikal oder schraubenförmig mit einer oder mehreren Lagen des Armierungsbandes umwickelt ist. Ein Armierungsband muss sich also nicht lediglich an einer axialen Position befinden.

[0023] Darüber hinaus kann der Rotorkörper einstückig ausgebildet sein. Die Umwicklung mittels des Armierungsbandes ist bei einem solchen Rotorkörper eine einfache und kostengünstige Möglichkeit, um überhaupt eine Armierung an dem Rotorkörper anzubringen. Beispielsweise ist eine Anbringung von Armierungsrohren oder Armierungsringen in den Zwischenräumen zwischen Pumpstufen eines einstückigen Rotors äußerst schwierig wenn nicht unmöglich.

[0024] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Armierungsband selbstklebend sein und/oder nach dem Umwickeln durch eine Einwirkung einer erhöhten Temperatur, die größer als die Umgebungstemperatur ist, mit dem Rotorkörper verbunden sein. Bei einem selbstklebenden Armierungsband ist das Umwickeln des Rotorkörpers mit besonders geringem Aufwand verbunden, da kein Verbindungsmittel wie etwa Klebstoff zwischen dem Armierungsband und dem Rotorkörper verwendet werden muss. Durch die Einwirkung einer erhöhten Temperatur, beispielsweise durch "Verbacken" des Armierungsbandes mit dem Rotorkörper in einem Ofen, kann ebenfalls eine besonders feste Verbindung zwischen dem Armierungsband und dem Rotorkörper hergestellt werden. Die Art und Weise des Verbindens - z.B.

selbstklebend oder "Verbacken" - kann von der jeweiligen Ausgestaltung des Armierungsbandes abhängig sein.

[0025] Außerdem betrifft die Erfindung eine Vakuumpumpe, bei der es sich insbesondere um eine Turbomolekularpumpe handelt und die eine Rotoranordnung aufweist, wie sie vorstehend beschrieben ist.

[0026] Weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zum Herstellen einer Rotoranordnung für eine Vakuumpumpe, bei dem der Rotorkörper an seinem Außenumfang zumindest einmal vollständig um die Drehachse umlaufend mit einem Armierungsband umwickelt wird.

[0027] Der Rotorkörper wird ferner an seinem Außenumfang an mehreren in axialer Richtung voneinander verschiedenen Positionen zumindest einmal vollständig umlaufend mit jeweiligen Armierungsbändern umwickelt. Die Anzahl der Wicklungen der jeweiligen Armierungsbänder ist verschieden.

[0028] Alternativ oder zusätzlich wird eine Anzahl von Wicklungen eines jeweiligen Armierungsbandes in Abhängigkeit von einer Nenndrehzahl der Rotoranordnung gewählt. Die Stärke der Armierung wird somit an die Nenndrehzahl der Rotoranordnung angepasst, so dass die Armierung einerseits stark genug ist und andererseits keine unnötige zusätzliche Masse durch eine zu starke Armierung auf dem Rotorkörper aufgebracht wird.

[0029] Wenn die Rotoranordnung mehr als zwei Pumpstufen umfasst, wird in mindestens zwei und insbesondere in allen Zwischenräumen, welche sich in axialer Richtung zwischen den Pumpstufen erstrecken, jeweils ein Armierungsband um den Rotorkörper gewickelt.

[0030] Mit einem solchen Verfahren lässt sich auf einfache und kostengünstige Weise eine Armierung an dem Rotorkörper herstellen, so dass dessen Festigkeit gegenüber einem Burst verbessert wird. Der Aufwand zur Herstellung der Armierung ist bei der Umwicklung mit dem Armierungsband insbesondere dadurch im Vergleich zu Armierungsrohren oder Armierungsringen verringert, dass der Durchmesser solcher Armierungsrohre oder Armierungsringe an den Durchmesser des Rotorkörpers exakt angepasst werden muss und eine solche Anpassung bei der Umwicklung mit einem Armierungsband entfällt. Die vorstehend genannten Vorteile und die Offenbarung, die für die erfindungsgemäße Rotoranordnung und deren Ausführungsformen beschrieben sind, gelten sinngemäß auch für das erfindungsgemäße Verfahren.

[0031] Das Armierungsband umfasst vorzugsweise einen kohlenstofffaserverstärkten Kunststoff (CFK).

[0032] Das Armierungsband kann bei einer Ausführungsform des Verfahrens in mehreren Lagen und/oder nebeneinander an mehreren in axialer Richtung voneinander verschiedenen Positionen jeweils zumindest einmal vollständig umlaufend um den Außenumfang des Rotorkörpers gewickelt werden. Das Umwickeln des Rotorkörpers mit mehreren Lagen und/oder an unterschied-

lichen Stellen in axialer Richtung entlang des Rotorkörpers ermöglicht eine flexible Anpassung der Armierung bezüglich deren Position und Dicke an die Betriebseigenschaften der Rotoranordnung und der Vakuumpumpe.

[0033] Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens kann das Armierungsband als selbstklebendes Band um den Rotorkörper gewickelt werden und/oder nach dem Umwickeln durch eine Einwirkung einer erhöhten Temperatur, die größer als die Umgebungstemperatur ist, mit dem Rotorkörper verbunden werden. Wenn das Armierungsband selbstklebend ist, entfällt zusätzlicher Aufwand zum Verbinden des Armierungsbandes mit dem Rotorkörper, beispielsweise mittels Klebstoff, während durch die Einwirkung einer erhöhten Temperatur nach dem Umwickeln die Verbindung zwischen dem Armierungsband und dem Rotorkörper alternativ hergestellt oder zusätzlich verfestigt werden kann.

[0034] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand einer vorteilhaften Ausführungsform unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen, jeweils schematisch:

Fig. 1A eine erfindungsgemäße Rotoranordnung und

Fig. 1B einen Ausschnitt der in Fig. 1A gezeigten Rotoranordnung.

[0035] Fig. 1A zeigt ein mögliches Beispiel für eine erfindungsgemäße Rotoranordnung 11 für eine Turbomolekularpumpe. Im Betrieb der Turbomolekularpumpe rotiert die Rotoranordnung 11 mit einer Drehzahl, die beispielsweise größer als 10.000 Umdrehungen pro Minute ist, um eine Drehachse 13. Die Rotoranordnung 11 weist einen Rotorkörper 15 auf, der glockenförmig ausgebildet ist, so dass die Rotoranordnung 11 einen Innenraum 17 umfasst, dessen Querschnitt rechtwinklig zu der Drehachse 13 in axialer Richtung ausgehend von einer Hochvakuumseite der Rotoranordnung 11 - in Fig. 1A also von oben nach unten - zunimmt. Die Hochvakuumseite der Turbomolekularpumpe, für welche die Rotoranordnung 11 vorgesehen ist, befindet sich in Fig. 1A oben. Aufgrund der glockenförmigen Ausbildung des Rotorkörpers 15 wird die Rotoranordnung 11 auch als Glockenrotor bezeichnet.

[0036] An der Außenseite des Rotorkörpers 15 umfasst die Rotoranordnung 11 mehrere Pumpstufen 19, die als pumpaktive Elemente Rotorscheiben 21 umfassen. Die Rotorscheiben 21 bilden mit jeweiligen, nicht dargestellten Statorscheiben eine jeweilige Pumpstufe der Turbomolekularpumpe, für welche die Rotoranordnung 11 vorgesehen ist. Zwischen den Rotorscheiben 21 befindet sich jeweils ein Zwischenraum 23, in welchem jeweils nach Einbau der Rotoranordnung 11 in die Turbomolekularpumpe eine Statorscheibe vorhanden ist.

[0037] In dem Zwischenraum 23 zwischen den beiden

untersten Rotorscheiben 21 ist an einem Außenumfang 25 des Rotorkörpers 15 eine Armierung 27 angebracht. Die Armierung 27 umfasst drei Lagen eines Armierungsbandes 29, das um den Außenumfang 25 des Rotorkörpers 15 dreimal vollständig um die Drehachse 13 umlaufend gewickelt ist.

[0038] Fig. 1B zeigt einen vergrößerten Ausschnitt von Fig. 1A, in welchem die drei Lagen des Armierungsbandes 29 in dem Zwischenraum 23 zwischen den beiden untersten Rotorscheiben 21 zu erkennen sind. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel bilden die drei Lagen des Armierungsbandes 29 die Armierung 27 am Außenumfang 25 des Rotorkörpers 15 zwischen denjenigen zwei Rotorscheiben 21, die von der Hochvakuumseite der Rotoranordnung 11 am weitesten entfernt sind und in deren Zwischenraum 23 der Außendurchmesser des Rotorkörpers 15 größer als in allen anderen Zwischenräumen 23 ist. Die Armierung 27 befindet sich somit in einem Bereich des Rotorkörpers 15, in welchem dieser bezogen auf die anderen Zwischenräume 23 ein größeres Trägheitsmoment aufweist. Es ist vorteilhaft, die Armierung 27 zwischen den beiden untersten Rotorscheiben 21 vorzusehen, da die Armierung 27 an dieser Stelle die Festigkeit des Rotorkörpers 15 gegenüber einem Auseinanderbrechen bzw. einem Burst am meisten verbessert.

[0039] Während die Armierung 27 im Ausführungsbeispiel von Fig. 1A und 1B nur zwischen den beiden untersten Rotorscheiben 21 dargestellt ist, kann die Armierung 27 auch in weiteren Zwischenräumen 23 zwischen den Rotorscheiben 21 angeordnet sein, indem eine oder mehrere Lagen des Armierungsbandes 29 in dem jeweiligen Zwischenraum 23 um den Außenumfang 25 des Rotorkörpers 15 gewickelt werden. Es ist auch möglich, dass eine jeweilige Armierung 27 mit zumindest einer Lage des Armierungsbandes 29 in allen Zwischenräumen 23 zwischen den Rotorscheiben 21 angebracht wird.

[0040] Das Armierungsband 29 besteht aus einem flexiblen Kunststoffmaterial, das selbstklebend ist und ähnlich wie ein Paketklebeband abgerollt wird. Das Armierungsband 29 umfasst einen kohlenstofffaserverstärkten Kunststoff (CFK), bei dem Fasern in eine Kunststoffmatrix eingebettet sind, um die Festigkeit des Armierungsbandes 29 zu verstärken. Zur Herstellung der Armierung 27 wird das CFK-Armierungsband 29 dreimal vollständig um die Drehachse 13 umlaufend um den Außenumfang 25 des Rotorkörpers 15 gewickelt. Durch die Armierung 27 mittels des Armierungsbandes 29 wird die Festigkeit der Rotoranordnung 11 verbessert, und es tritt eine geringere Dehnung unter der Fliehkraft bei hohen Drehzahlen auf. Dadurch kann die Rotoranordnung 11 eine höhere Nenndrehzahl als eine entsprechende Rotoranordnung ohne die Armierung 27 erreichen.

[0041] Falls im Betrieb der Turbomolekularpumpe dennoch ein Rotorcrash mit einem Auseinanderbrechen des Rotorkörpers 15 bzw. einem Burst auftreten sollte, werden die Bruchstücke des Rotorkörpers 15 durch die Armierung 27 noch für eine gewisse Zeitdauer zusam-

mengehalten, so dass die gesamte Zeitdauer verlängert wird, über welche die kinetische Energie bzw. das Drehmoment der Rotoranordnung 11 auf ein Gehäuse der Turbomolekularpumpe bzw. an die Umgebung der Rotoranordnung 11 und der Turbomolekularpumpe übertragen wird. Folglich wird das Drehmoment reduziert, das bei einem Rotorcrash auf den Stator und das Gehäuse der Turbomolekularpumpe insgesamt einwirkt. Somit wird die Verletzungs- und Zerstörungsgefahr bei einem Rotorcrash durch die Armierung 27 mittels des Armierungsbandes 29 verringert.

Bezugszeichenliste

[0042]

11	Rotoranordnung
13	Drehachse
15	Rotorkörper
17	Innenraum
19	Pumpstufe
21	Rotorscheibe
23	Zwischenraum
25	Außenumfang
27	Armierung
29	Armierungsband

Patentansprüche

1. Rotoranordnung (11) für eine Vakuumpumpe, insbesondere für eine Turbomolekularpumpe, mit einem Rotorkörper (15), der im Betrieb der Vakuumpumpe um eine Drehachse (13) rotiert,

wobei der Rotorkörper (15) glockenförmig ausgebildet ist und einen Innenraum (17) aufweist, dessen Querschnitt rechtwinklig zu der Drehachse (13) in axialer Richtung ausgehend von einer Hochvakuumseite der Rotoranordnung (11) zunimmt,

wobei die Rotoranordnung (11) mindestens zwei Pumpstufen (19) umfasst, die entlang der Drehachse (13) beabstandet angeordnet sind und jeweils pumpaktive Elemente (21) umfassen, welche sich an einem Außenumfang (25) des Rotorkörpers (15) befinden, und wobei der Rotorkörper (15) an dem Außenumfang (25) an mehreren in axialer Richtung voneinander verschiedenen Positionen zumindest einmal vollständig um die Drehachse (13) umlaufend mit jeweiligen Armierungsbändern (29) umwickelt ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Rotorkörper (15) in einem oder mehreren Zwischenräumen (23) zwischen den Pumpstu-

- fen, die von der Hochvakuumseite der Rotoranordnung (11) am weitesten entfernt sind, jeweils mit einem Armierungsband (29) umwickelt ist und
die Anzahl der Wicklungen der jeweiligen Armierungsbänder (29) verschieden ist. 5
2. Rotoranordnung (11) nach Anspruch 1, wobei die Anzahl der Wicklungen des jeweiligen Armierungsbandes (29) in Abhängigkeit von einer Nenn-drehzahl der Rotoranordnung (11) gewählt ist. 10
3. Rotoranordnung (11) für eine Vakuumpumpe, insbesondere für eine Turbomolekularpumpe, mit einem Rotorkörper (15), der im Betrieb der Vakuumpumpe um eine Drehachse (13) rotiert, 15
- wobei der Rotorkörper (15) an seinem Außen-umfang (25) zumindest einmal vollständig um die Drehachse (13) umlaufend mit einem Armierungsband (29) umwickelt ist, und 20
- wobei die Rotoranordnung (11) mehr als zwei Pumpstufen (19) umfasst, die entlang der Drehachse (13) beabstandet angeordnet sind und jeweils pumpaktive Elemente (21) umfassen, welche sich an dem Außenumfang (25) des Rotorkörpers (15) befinden, 25
- dadurch gekennzeichnet, dass** 30
- in mindestens zwei Zwischenräumen (23), welche sich in axialer Richtung zwischen den Pumpstufen (19) erstrecken, jeweils ein Armierungsband (29) um den Rotorkörper (15) gewickelt ist, 35
- eine Anzahl von Wicklungen des jeweiligen Armierungsbandes (29) in Abhängigkeit von einer Nenn-drehzahl der Rotoranordnung (11) gewählt ist und 40
- die Anzahl der Zwischenräume (23), in denen der Rotorkörper (15) jeweils mit dem Armierungsband (29) umwickelt ist, anhand der Nenn-drehzahl ausgewählt ist.
4. Rotoranordnung (11) nach Anspruch 3, wobei der Rotorkörper (15) glockenförmig ausgebildet ist und einen Innenraum (17) aufweist, dessen Querschnitt rechtwinklig zu der Drehachse (13) in axialer Richtung ausgehend von einer Hochvakuumseite der Rotoranordnung (11) zunimmt. 45 50
5. Rotoranordnung (11) einem der vorstehenden Ansprüche, wobei in allen Zwischenräumen (23) jeweils ein Armierungsband (29) um den Rotorkörper (15) gewickelt ist. 55
6. Rotoranordnung (11) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die jeweiligen Armierungsbänder (29) in mehreren Lagen und/oder nebeneinander an mehreren in axialer Richtung voneinander verschiedenen Positionen jeweils zumindest einmal vollständig umlaufend um den Außenumfang (25) des Rotorkörpers (15) gewickelt sind.
7. Rotoranordnung (11) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das jeweilige Armierungsband (29) selbstklebend ist und/oder nach dem Umwickeln durch eine Einwirkung einer erhöhten Temperatur, die größer als die Umgebungstemperatur ist, mit dem Rotorkörper (15) verbunden ist.
8. Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularpumpe, mit einer Rotoranordnung (11) nach einem der vorstehenden Ansprüche.
9. Verfahren zum Herstellen einer, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 7 ausgebildeten, Rotoranordnung (11) für eine Vakuumpumpe, insbesondere für eine Turbomolekularpumpe, 60
- wobei die Rotoranordnung (11) einen Rotorkörper (15) aufweist, der im Betrieb der Vakuumpumpe um eine Drehachse (13) rotiert, wobei der Rotorkörper (15) glockenförmig ausgebildet ist und einen Innenraum (17) aufweist, dessen Querschnitt rechtwinklig zu der Drehachse (13) in axialer Richtung ausgehend von einer Hochvakuumseite der Rotoranordnung (11) zunimmt, und 65
- wobei die Rotoranordnung (11) mindestens zwei Pumpstufen (19) umfasst, die entlang der Drehachse (13) beabstandet angeordnet sind und jeweils pumpaktive Elemente (21) umfassen, welche sich an einem Außenumfang (25) des Rotorkörpers (15) befinden, wobei das Verfahren umfasst, dass der Rotorkörper (15) an dem Außenumfang (25) an mehreren in axialer Richtung voneinander verschiedenen Positionen zumindest einmal vollständig umlaufend mit jeweiligen Armierungsbändern (29) umwickelt wird, 70
- dadurch gekennzeichnet, dass**
- der Rotorkörper (15) in einem oder mehreren Zwischenräumen zwischen Pumpstufen, die von der Hochvakuumseite der Rotoranordnung (15) am weitesten entfernt sind, jeweils mit einem Armierungsband (29) umwickelt wird und die Anzahl der Wicklungen der jeweiligen Armierungsbänder (29) verschieden ist.
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die Anzahl der Wicklungen eines jeweiligen Armierungsbandes (29) in Abhängigkeit von einer Nenn-drehzahl der Rotoranordnung (11) gewählt wird.

11. Verfahren zum Herstellen einer, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 7 ausgebildeten, Rotoranordnung (11) für eine Vakuumpumpe, insbesondere für eine Turbomolekularpumpe,

wobei die Rotoranordnung (11) einen Rotorkörper (15) aufweist, der im Betrieb der Vakuumpumpe um eine Drehachse (13) rotiert, und wobei die Rotoranordnung (11) mehr als zwei Pumpstufen (19) umfasst, die entlang der Drehachse (13) beabstandet angeordnet sind und die jeweils pumpaktive Elemente (21) umfassen, welche an dem Außenumfang (25) des Rotorkörpers (15) angeordnet sind, wobei das Verfahren umfasst, dass der Rotorkörper (15) an seinem Außenumfang (25) zumindest einmal vollständig um die Drehachse (13) umlaufend mit einem Armierungsband (29) umwickelt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

in mindestens zwei Zwischenräumen (23), welche sich in axialer Richtung zwischen den Pumpstufen (19) erstrecken, jeweils ein Armierungsband (29) um den Rotorkörper (15) gewickelt wird, eine Anzahl von Wicklungen des Armierungsbandes (29) in Abhängigkeit von einer Nenn-drehzahl der Rotoranordnung (11) gewählt wird und die Anzahl der Zwischenräume (23), in denen der Rotorkörper jeweils mit dem Armierungsband (29) umwickelt ist, anhand der Nenndrehzahl ausgewählt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei die jeweiligen Armierungsbänder (29) in mehreren Lagen und/oder nebeneinander an mehreren in axialer Richtung voneinander verschiedenen Positionen jeweils zumindest einmal vollständig umlaufend um den Außenumfang (25) des Rotorkörpers (15) gewickelt werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, wobei in allen Zwischenräumen (23) jeweils ein Armierungsband (29) um den Rotorkörper (15) gewickelt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, wobei das jeweilige Armierungsband (29) als selbstklebendes Band um den Rotorkörper (15) gewickelt wird und/oder nach dem Umwickeln durch eine Einwirkung einer erhöhten Temperatur, die größer als die Umgebungstemperatur ist, mit dem Rotorkörper (15) verbunden wird.

Claims

1. A rotor arrangement (11) for a vacuum pump, in particular for a turbomolecular pump, comprising a rotor body (15) which rotates about an axis of rotation (13) in the operation of the vacuum pump,

wherein the rotor body (15) is bell-shaped and has an inner space (17) whose cross-section increases at a right angle to the axis of rotation (13) in the axial direction, starting from a high vacuum side of the rotor arrangement (11), wherein the rotor arrangement (11) comprises at least two pump stages (19) which are arranged spaced apart along the axis of rotation (13) and which each comprise pump-active elements (21) which are located at an outer periphery (25) of the rotor body (15), and wherein the rotor body (15) is wrapped around at the outer periphery (25), at a plurality of positions which differ from one another in the axial direction, by respective reinforcement bands (29) revolving at least once completely about the axis of rotation (13),

characterized in that

the rotor body (15) is wrapped around by a respective reinforcement band (29) in one or more intermediate spaces (23) between the pump stages which are the furthest away from the high vacuum side of the rotor arrangement (11), and the number of windings of the respective reinforcement bands (29) is different.

2. An rotor arrangement (11) in accordance with claim 1, wherein the number of windings of the respective reinforcement band (29) is selected in dependence on a nominal rotational speed of the rotor arrangement (11).

3. A rotor arrangement (11) for a vacuum pump, in particular for a turbomolecular pump, comprising a rotor body (15) which rotates about an axis of rotation (13) in the operation of the vacuum pump,

wherein the rotor body (15) is wrapped around at its outer periphery by a reinforcement band (29) revolving at least once completely about the axis of rotation (13), and wherein the rotor arrangement (11) comprises more than two pump stages (19) which are arranged spaced apart along the axis of rotation (13) and which each comprise pump-active elements (21) which are located at the outer periphery (25) of the rotor body (15),

characterized in that

- a respective reinforcement band (29) is wrapped around the rotor body (15) in at least two intermediate spaces (23) which extend in the axial direction between the pump stages (19), a number of windings of the respective reinforcement band (29) is selected in dependence on a nominal rotational speed of the rotor arrangement (11), and the number of intermediate spaces (23) in which the rotor body (15) is in each case wrapped around by the reinforcement band (29) is selected on the basis of the nominal rotational speed.
4. A rotor arrangement (11) in accordance with claim 3, wherein the rotor body (15) is bell-shaped and has an inner space (17) whose cross-section increases at a right angle to the axis of rotation (13) in the axial direction, starting from a high vacuum side of the rotor arrangement (11).
 5. A rotor arrangement (11) in accordance with any one of the preceding claims, wherein a respective reinforcement band (29) is wrapped around the rotor body (15) in all the intermediate spaces (23).
 6. A rotor arrangement (11) in accordance with any one of the preceding claims, wherein the respective reinforcement bands (29) are wrapped around the outer periphery (25) of the rotor body (15), in each case revolving completely at least once, in a plurality of layers and/or next to one another at a plurality of positions which differ from one another in the axial direction.
 7. A rotor arrangement (11) in accordance with any one of the preceding claims, wherein the respective reinforcement band (29) is self-adhesive and/or is connected to the rotor body (15) after the winding around by an exposure to an increased temperature which is greater than the environmental temperature.
 8. A vacuum pump, in particular a turbomolecular pump, comprising a rotor arrangement (11) in accordance with any one of the preceding claims.
 9. A method of producing a rotor arrangement (11), in particular configured in accordance with any one of the claims 1 to 7, for a vacuum pump, in particular for a turbomolecular pump,

wherein the rotor arrangement (11) has a rotor body (15) which rotates about an axis of rotation (13) in the operation of the vacuum pump, wherein the rotor body (15) is bell-shaped and has an inner space (17) whose cross-section

increases at a right angle to the axis of rotation (13) in the axial direction, starting from a high vacuum side of the rotor arrangement (11), and wherein the rotor arrangement (11) comprises at least two pump stages (19) which are arranged spaced apart along the axis of rotation (13) and which each comprise pump-active elements (21) which are located at an outer periphery (25) of the rotor body (15), wherein the method comprises the rotor body (15) being wrapped around at the outer periphery (25), at a plurality of positions which differ from one another in the axial direction, by respective reinforcement bands (29) revolving completely at least once,

characterized in that

the rotor body (15) is wrapped around by a respective reinforcement band (29) in one or more intermediate spaces (23) between pump stages which are the furthest away from the high vacuum side of the rotor arrangement (11), and the number of windings of the respective reinforcement bands (29) is different.

10. A method in accordance with claim 9, wherein the number of windings of a respective reinforcement band (29) is selected in dependence on a nominal rotational speed of the rotor arrangement (11).
11. A method of producing a rotor arrangement (11), in particular configured in accordance with any one of the claims 1 to 7, for a vacuum pump, in particular for a turbomolecular pump,

wherein the rotor arrangement (11) has a rotor body (15) which rotates about an axis of rotation (13) in the operation of the vacuum pump, and wherein the rotor arrangement (11) comprises more than two pump stages (19) which are arranged spaced apart along the axis of rotation (13) and which each comprise pump-active elements (21) which are arranged at the outer periphery (25) of the rotor body (15), wherein the method comprises the rotor body (15) being wrapped around at its outer periphery (25) by a reinforcement band (29) revolving at least once completely about the axis of rotation (13),

characterized in that

a respective reinforcement band (29) is wrapped around the rotor body (15) in at least two intermediate spaces (23) which extend in the axial direction between the pump stages (19), a number of windings of the reinforcement band

(29) is selected in dependence on a nominal rotational speed of the rotor arrangement (11), and the number of intermediate spaces (23) in which the rotor body (15) is in each case wrapped around by the reinforcement band (29) is selected on the basis of the nominal rotational speed.

12. A method in accordance with any one of the claims 9 to 11, wherein the respective reinforcement bands (29) are wrapped around the outer periphery (25) of the rotor body (15), in each case revolving completely at least once, in a plurality of layers and/or next to one another at a plurality of positions which differ from one another in the axial direction.

13. A method in accordance with any one of the claims 9 to 12, wherein a respective reinforcement band (29) is wrapped around the rotor body (15) in all the intermediate spaces (23).

14. A method in accordance with any one of the claims 9 to 13, wherein the respective reinforcement band (29) is wrapped around the rotor body (15) as a self-adhesive tape and/or is connected to the rotor body (15) after the winding around by an exposure to an increased temperature which is greater than the environmental temperature.

Revendications

1. Ensemble de rotor (11) pour une pompe à vide, en particulier pour une pompe turbomoléculaire, comprenant un corps de rotor (15) qui tourne autour d'un axe de rotation (13) pendant le fonctionnement de la pompe à vide, dans lequel

le corps de rotor (15) est réalisé en forme de cloche et présente un espace intérieur (17) dont la section transversale augmente à angle droit par rapport à l'axe de rotation (13) dans la direction axiale à partir d'un côté à vide poussé de l'ensemble de rotor (11),

l'ensemble de rotor (11) comprend au moins deux étages de pompage (19) espacés l'un de l'autre le long de l'axe de rotation (13) et comprenant chacun des éléments (21) actifs en pompage situés sur la périphérie extérieure (25) du corps de rotor (15), et

sur sa périphérie extérieure (25), en plusieurs positions différentes les unes des autres dans la direction axiale, le corps de rotor (15) est entouré au moins une fois complètement autour de l'axe de rotation (13) par des bandes d'armature respectives (29),

caractérisé en ce que

dans un ou dans plusieurs espaces intermédiaires

res (23) entre les étages de pompage qui sont les plus éloignés du côté à vide poussé de l'ensemble de rotor (11), le corps de rotor (15) est entouré par une bande d'armature respective (29), et

le nombre d'enroulements des bandes d'armature respectives (29) est différent.

2. Ensemble de rotor (11) selon la revendication 1, dans lequel le nombre d'enroulements de la bande d'armature respective (29) est choisi en fonction d'une vitesse nominale de l'ensemble de rotor (11).

3. Ensemble de rotor (11) pour une pompe à vide, en particulier pour une pompe turbomoléculaire, comprenant un corps de rotor (15) qui tourne autour d'un axe de rotation (13) pendant le fonctionnement de la pompe à vide, dans lequel

sur sa périphérie extérieure (25), le corps de rotor (15) est entouré au moins une fois complètement autour de l'axe de rotation (13) par une bande d'armature (29), et

l'ensemble de rotor (11) comprend plus de deux étages de pompage (19) espacés les uns des autres le long de l'axe de rotation (13) et comprenant chacun des éléments (21) actifs en pompage situés sur la périphérie extérieure (25) du corps de rotor (15),

caractérisé en ce que

dans au moins deux espaces intermédiaires (23) s'étendant dans la direction axiale entre les étages de pompage (19), une bande d'armature respective (29) est enroulée autour du corps de rotor (15),

un nombre d'enroulements de la bande d'armature respective (29) est choisi en fonction d'une vitesse nominale de l'ensemble de rotor (11), et le nombre d'espaces intermédiaires (23) dans lesquels le corps de rotor (15) est entouré par la bande d'armature respective (29) est choisi en fonction de la vitesse nominale.

4. Ensemble de rotor (11) selon la revendication 3, dans lequel le corps de rotor (15) est réalisé en forme de cloche et présente un espace intérieur (17) dont la section transversale augmente à angle droit par rapport à l'axe de rotation (13) dans la direction axiale à partir d'un côté à vide poussé de l'ensemble de rotor (11).

5. Ensemble de rotor (11) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, dans tous les espaces intermédiaires (23), une bande d'armature respective (29) est enroulée autour du corps de rotor (15).

6. Ensemble de rotor (11) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les bandes d'armature respectives (29) sont enroulées en plusieurs couches et/ou les unes à côté des autres en plusieurs positions différentes les unes des autres dans la direction axiale, respectivement au moins une fois complètement autour de la périphérie extérieure (25) du corps de rotor (15).

7. Ensemble de rotor (11) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la bande d'armature respective (29) est autocollante et/ou, après avoir été enroulée, est liée au corps de rotor (15) sous l'effet d'une température accrue, supérieure à la température ambiante.

8. Pompe à vide, en particulier pompe turbomoléculaire, comportant un ensemble de rotor (11) selon l'une des revendications précédentes.

9. Procédé de fabrication d'un ensemble de rotor (11), réalisé en particulier selon l'une des revendications 1 à 7, pour une pompe à vide, en particulier pour une pompe turbomoléculaire, dans lequel

l'ensemble de rotor (11) comprend un corps de rotor (15) qui tourne autour d'un axe de rotation (13) pendant le fonctionnement de la pompe à vide, le corps de rotor (15) est réalisé en forme de cloche et présente un espace intérieur (17) dont la section transversale augmente à angle droit par rapport à l'axe de rotation (13) dans la direction axiale à partir d'un côté à vide poussé de l'ensemble de rotor (11), et

l'ensemble de rotor (11) comprend au moins deux étages de pompage (19) espacés l'un de l'autre le long de l'axe de rotation (13) et comprenant chacun des éléments (21) actifs en pompage situés sur la périphérie extérieure (25) du corps de rotor (15),

le procédé incluant que sur la périphérie extérieure (25), en plusieurs positions différentes les unes des autres dans la direction axiale, le corps de rotor (15) est entouré au moins une fois complètement par des bandes d'armature respectives (29),

caractérisé en ce que

dans un ou dans plusieurs espaces intermédiaires (23) entre les étages de pompage qui sont les plus éloignés du côté à vide poussé de l'ensemble de rotor (11), le corps de rotor (15) est entouré par une bande d'armature respective (29), et

le nombre d'enroulements des bandes d'armature respectives (29) est différent.

10. Procédé selon la revendication 9,

dans lequel le nombre d'enroulements de la bande d'armature respective (29) est choisi en fonction d'une vitesse nominale de l'ensemble de rotor (11).

11. Procédé de fabrication d'un ensemble de rotor (11), réalisé en particulier selon l'une des revendications 1 à 7, pour une pompe à vide, en particulier pour une pompe turbomoléculaire, dans lequel

l'ensemble de rotor (11) comprend un corps de rotor (15) qui tourne autour d'un axe de rotation (13) pendant le fonctionnement de la pompe à vide, et l'ensemble de rotor (11) comprend plus de deux étages de pompage (19) espacés les uns des autres le long de l'axe de rotation (13) et comprenant chacun des éléments (21) actifs en pompage disposés sur la périphérie extérieure (25) du corps de rotor (15),

le procédé incluant que

sur sa périphérie extérieure (25), le corps de rotor (15) est entouré au moins une fois complètement autour de l'axe de rotation (13) par une bande d'armature (29),

caractérisé en ce que

dans au moins deux espaces intermédiaires (23) s'étendant dans la direction axiale entre les étages de pompage (19), une bande d'armature respective (29) est enroulée autour du corps de rotor (15),

un nombre d'enroulements de la bande d'armature respective (29) est choisi en fonction d'une vitesse nominale de l'ensemble de rotor (11), et le nombre d'espaces intermédiaires (23) dans lesquels le corps de rotor (15) est entouré par la bande d'armature respective (29) est choisi en fonction de la vitesse nominale.

12. Procédé selon l'une des revendications 9 à 11, dans lequel les bandes d'armature respectives (29) sont enroulées en plusieurs couches et/ou les unes à côté des autres en plusieurs positions différentes les unes des autres dans la direction axiale, respectivement au moins une fois complètement autour de la périphérie extérieure (25) du corps de rotor (15).

13. Procédé selon l'une des revendications 9 à 12, dans lequel, dans tous les espaces intermédiaires (23), une bande d'armature respective (29) est enroulée autour du corps de rotor (15).

14. Procédé selon l'une des revendications 9 à 13, dans lequel la bande d'armature respective (29) est enroulée sous forme de bande autocollante autour du corps de rotor (15) et/ou, après avoir été enroulée, est liée au corps de rotor (15) sous l'effet d'une température accrue, supérieure à la température ambiante.

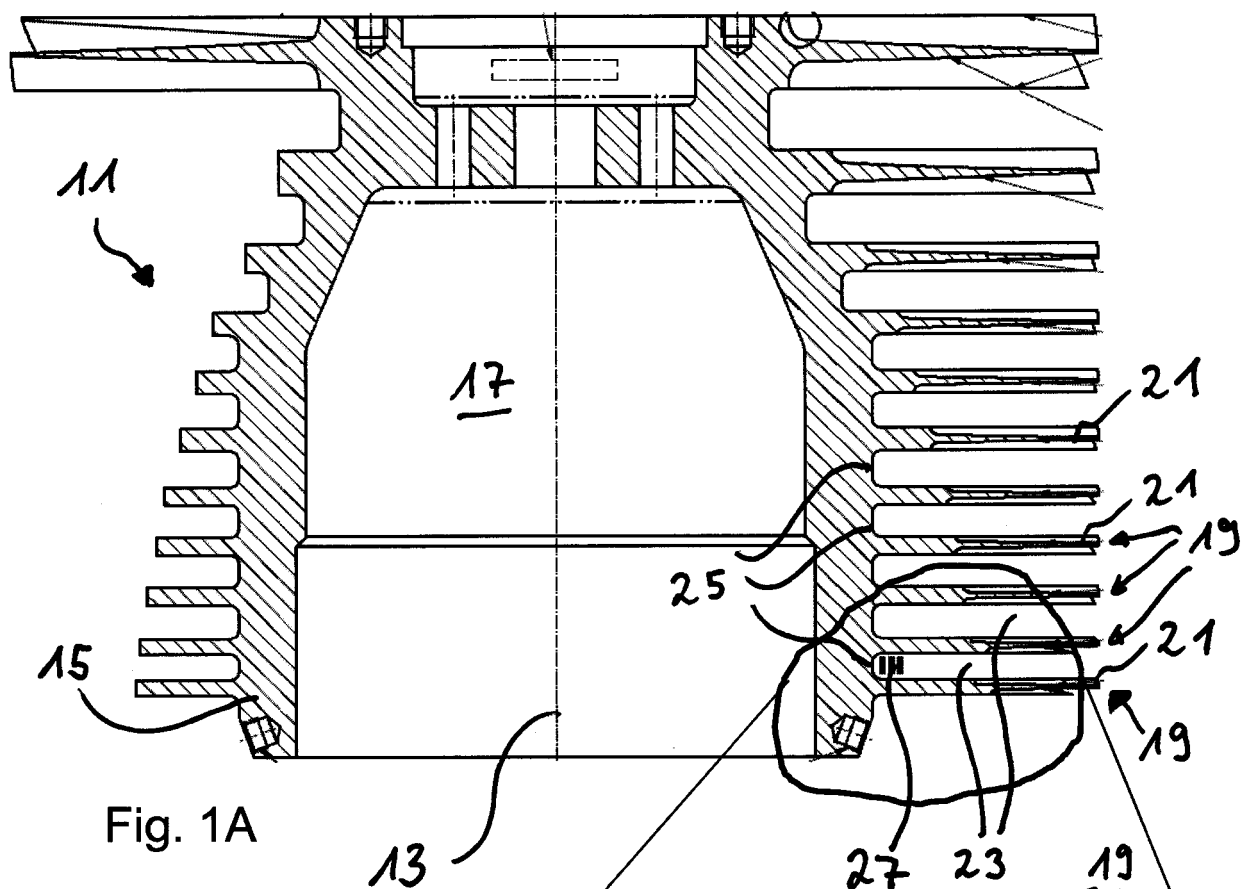
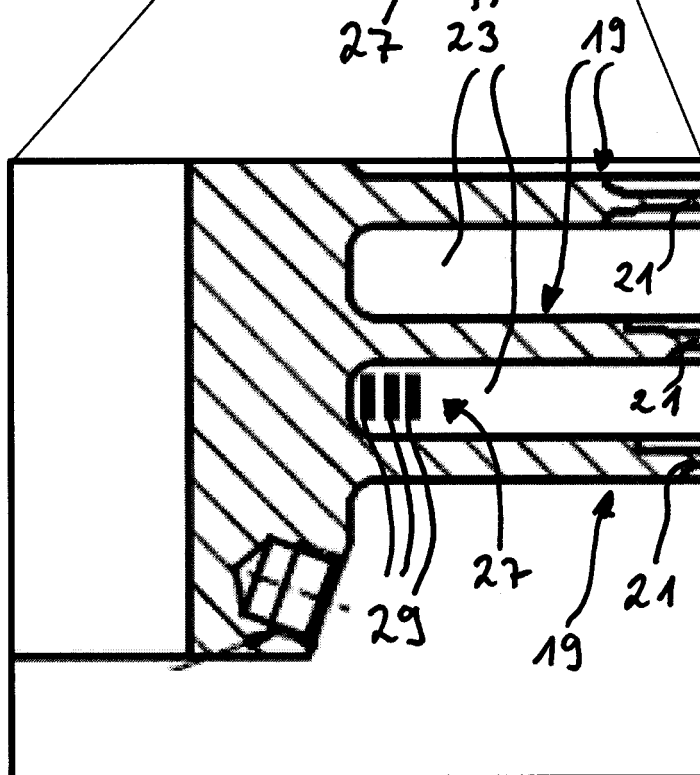


Fig. 1B



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

- JP 2012145043 A [0005]
- DE 202013006436 U1 [0006]
- EP 3085964 A1 [0007]