

(19)



(11)

**EP 2 235 377 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**31.12.2014 Patentblatt 2015/01**

(51) Int Cl.:  
**F04D 19/04** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **08870887.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2008/066309**

(22) Anmeldetag: **27.11.2008**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2009/089958 (23.07.2009 Gazette 2009/30)**

(54) **TURBOMOLEKULARPUMPE**

TURBO MOLECULAR PUMP

POMPE TURBOMOLÉCULAIRE

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

(30) Priorität: **15.01.2008 DE 102008004297**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**06.10.2010 Patentblatt 2010/40**

(73) Patentinhaber: **Oerlikon Leybold Vacuum GmbH  
50968 Köln (DE)**

(72) Erfinder: **ENGLÄNDER, Heinrich  
52441 Linnich (DE)**

(74) Vertreter: **Von Kreisler Selting Werner -  
Partnerschaft  
von Patentanwälten und Rechtsanwälten mbB  
Deichmannhaus am Dom  
Bahnhofsvorplatz 1  
50667 Köln (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 1 498 612 EP-A1- 0 770 781  
US-A- 3 842 902 US-A1- 2002 164 247**

**EP 2 235 377 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 Turbomolekularpumpe wie im Oberbegriff des Anspruchs 1 definiert. Eine solche Turbomolekularpumpe ist aus der EP-A-0 770 781 bekannt.

**[0002]** Turbomolekularpumpen, wie beispielsweise in EP 1 498 612 beschrieben, weisen einen mit einer Antriebswelle verbundenen Rotor mit mehreren Rotorflügeln auf. Zwischen den einzelnen Rotorflügeln sind stationäre Statorscheiben angeordnet. Häufig sind die Statorscheiben nicht unmittelbar mit dem Pumpengehäuse verbunden, sondern von Statorringen getragen. Hierbei ist je Rotorflügel ein Statorring vorgesehen, wobei die Statorringe zur Montage über den Rotor gestülpt werden. Zwischen den Rotorflügeln bzw. den Rotorflügelspitzen und dem stationären Gehäuse bzw. den Statorringen muss ein Spalt vorgesehen sein. Dieser ist erforderlich, um in allen Betriebszuständen ein Berühren der Rotorflügel an den stehenden Komponenten, d.h. dem Gehäuse oder den Statorringen, zu verhindern. Hierbei muss die Breite des Spalts derart groß sein, dass in allen Betriebszuständen die auftretenden thermischen Ausdehnungen der Rotorflügel ohne Berührung der stehenden Komponenten möglich ist. Ferner muss bei der Breite des vorgesehenen Spaltes berücksichtigt werden, dass Schiefstellungen des Rotors durch die Rotordynamik auftreten können. Insbesondere bei magnetgelagerten Antriebswellen muss ferner die Auslenkung aufgrund des Spiels zu den Fanglagern berücksichtigt werden. Des Weiteren treten Dehnungen des Rotors insbesondere in radialer Richtung durch Fliehkräfte auf. Ferner müssen sich ggf. addierende Toleranzen berücksichtigt werden. Der Spalt zwischen den Rotorflügeln und dem Gehäuse bzw. den Statorringen beträgt bei Turbomolekularpumpen mit einem Rotordurchmesser von ca. 200 mm - 2 mm. Aufgrund des vorhandenen Spalts strömt ein Teil des gepumpten Gases zurück. Durch diese Rückströmung wird der Wirkungsgrad der Turbomolekularpumpe deutlich verschlechtert.

**[0003]** Aus EP 0 770 781 ist eine Seitenkanalpumpe bekannt, die mehrere Seitenkanal-Pumpstufen aufweist, wobei alle Pumpstufen an einer gemeinsamen Welle angeordnet sind.

**[0004]** Aufgabe der Erfindung ist es, eine Turbomolekularpumpe zu schaffen, mit der eine Reduzierung des zurückströmenden Gasvolumens und somit eine Verbesserung des Wirkungsgrades erzielt werden kann, wobei Kontakte zwischen rotierenden Rotorflügeln und Statorelementen während des Betriebs vermieden werden sollen.

**[0005]** Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1.

**[0006]** Die erfindungsgemäße Turbomolekularpumpe weist einen Rotor mit mehreren Rotorflügeln auf. Der Rotor ist mit einer Antriebswelle verbunden und von einem Statorelement umgeben. Das insbesondere zylindrisch ausgebildete Statorelement weist mehrere Statorringe

auf. Erfindungsgemäß weist das Statorelement mindestens eine Ringnut auf. Die umlaufende Ringnut ist einem Rotorflügel zugeordnet und in der entsprechenden Flügelebene dieses Rotors angeordnet. Die Ringnut ist somit auf Höhe des zugeordneten Rotorflügels im Betriebszustand angeordnet. Hierdurch ist es möglich, dass eine Ausdehnung des Rotorflügels während des Betriebs in radiale Richtung in die Ringnut hinein erfolgt. Da im Betrieb insbesondere eine radiale Ausdehnung des Rotorflügels aufgrund thermischer Beanspruchungen und aufgrund der auftretenden Fliehkräfte erfolgt, dringt die in Richtung der Ringnut weisende Spitze des Rotorflügels in die Ringnut ein. Hierdurch entsteht eine Art berührungslose Labyrinthdichtung, so dass im Betriebszustand bei in radialer Richtung ausgedehntem Rotorflügel eine Art Selbstabdichtung erfolgt. Zur Montage ist der Innendurchmesser der Statorringe gegenüber dem Außendurchmesser der Rotorflügel in Montagezustand um die Breite eines Montagespaltes größer.

**[0007]** Die Abmessungen der Ringnut sind hierbei derart gewählt, dass in allen Betriebszuständen ein Berühren des Rotorflügels sowohl an dem Grund als auch an den Seitenwänden der Ringnut vermieden ist. Da die Spitze des Rotorflügels während des Betriebs der Turbomolekularpumpe in die Ringnut ragt, ist der Spalt an der Spitze des Rotorflügels im Querschnitt U-förmig ausgebildet. Hierdurch ist das Volumen des zurückströmenden Gases erheblich reduziert und somit der Wirkungsgrad der Turbomolekularpumpe verbessert.

**[0008]** Da die zu erwartenden, insbesondere auf Grund thermischer Einflüsse hervorgerufenen Ausdehnungen der Rotorflügel in axialer Richtung geringer sind als in radialer Richtung, kann in axialer Richtung eine geringere Spaltbreite vorgesehen sein als in radialer Richtung. Hierdurch kann die Dichtigkeit weiter verbessert werden.

**[0009]** Vorzugsweise weisen die Rotorflügel einen radialen Ansatz auf. Dieser in Richtung der Ringnut weisende Ansatz ist insbesondere ringförmig ausgebildet. Der ringförmige Ansatz umgibt somit die einzelnen Schaufeln der Rotorflügel, so dass vorzugsweise während des Betriebs ausschließlich der ringförmige Ansatz und nicht die Schaufeln in die Ringnut eingeschoben werden.

**[0010]** Vorzugsweise ist jedem Rotorflügel eine Ringnut zugeordnet, wobei jeder Rotorflügel vorzugsweise einen ringförmigen Ansatz aufweist. Durch Vorsehen mehrerer Ringnuten für mehrere, insbesondere mindestens zwei Rotorflügel, kann eine weitere Verbesserung der Dichtigkeit erzielt werden. Da in besonders bevorzugter Ausführungsform je Rotorflügel eine Ringnut vorgesehen ist, wird im Betrieb ein mäanderförmiger Spalt ausgebildet, der als berührungslose Labyrinthdichtung dient, so dass eine erhebliche Verbesserung des Wirkungsgrades der Turbomolekularpumpe erzielt werden kann.

**[0011]** Innerhalb eines Pumpengehäuses sind mehrere Statorringe vorgesehen. Üblicherweise ist je Rotorflü-

gel ein Statorring vorgesehen, wobei die Statorringe in axialer Richtung hintereinander angeordnet sind. Die Statorringe sind somit in Richtung der Antriebswelle bzw. in Hauptförderichtung des Gases hintereinander angeordnet. Je nach Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Turbomolekularpumpe ist in einem oder mehreren Statorringen die erfindungsgemäße Ringnut vorgesehen. Vorzugsweise ist in sämtlichen Statorringen eine Ringnut vorgesehen, in die insbesondere der mit den entsprechenden Rotorflügeln verbundene ringförmige Ansatz im Betrieb eindringt. Die Ringnuthöhe ist von den Flügelhöhen abhängig, die von der Einlassseite zur Auslassseite abnehmen (der Verdichtung folgend). Demzufolge variiert die Nuttiefe von ca. 0,5 mm bei kleinen bis ca. 4 mm bei großen Rotoren. Die Nutbreite variiert von 2 mm bei flachen Flügeln kleiner Rotoren bis 15 mm bei steilen Flügeln großer Rotoren.

**[0012]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer bevorzugten Ausführungsform unter Bezugnahme auf die anliegenden Zeichnungen näher erläutert.

**[0013]** Es zeigen:

Fig. 1 eine vergrößerte schematische Schnittansicht eines Teils eines Teils einer Turbomolekularpumpe gemäß dem Stand der Technik,

Fig. 2 eine schematische Schnittansicht einer erfindungsgemäßen Turbomolekularpumpe, und

Fig. 3 eine schematische vergrößerte Schnittansicht des Bereichs III in Fig. 2.

**[0014]** Gemäß dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel einer Turbomolekularpumpe nach dem Stand der Technik ist ein auf einer Antriebswelle 10 (Fig. 2) angeordneter Rotor 12 dargestellt. Der Rotor 12 weist bezogen auf eine Längsachse 14 bzw. die Rotationsachse der Welle 10 radial verlaufende Rotorflügel 16 auf. Jeder Rotorflügel weist Rotorscheufeln 18 auf, die derart geneigt sind, dass in dem zu transportierenden Gas eine Hauptströmungsrichtung parallel zur Längsachse, d.h. in Fig. 1 nach unten in Richtung eines Pfeils 20 erzeugt wird. Der Rotor 12 ist in einem Gehäuse 22 angeordnet, wobei das Gehäuse zur Aufnahme des Rotors eine zylindrische, ggf. abgestufte Ausnehmung 24 aufweist.

**[0015]** Ein Teil der Rotorflügel 16 ist von Statorringen 26 umgeben. Die Statorringe 26 sind in Längsrichtung 14 hintereinander angeordnet und kleiden somit eine Innenseite der zylindrischen Ausnehmung 24 des Gehäuses 22 aus. Zwischen benachbarten Statorringen 26 sind in Richtung des Rotors nach innen weisende Statorscheiben 28 vorgesehen. Jede Statorscheibe 28 ist somit zwischen zwei benachbarten Rotorflügeln 16 angeordnet.

**[0016]** Um im Betrieb der Turbomolekularpumpe zu verhindern, dass die radial äußeren Enden der Rotorflügel 16, d.h. die Spitzen der Rotorflügel 16, die Statorringe 26 berühren, ist zwischen den radialen Enden der Rotorflügel 16 und den Innenseiten, d.h. die in Richtung der

Rotorflügel 16 weisenden Seiten 30 der Statorringe 26, ein Spalt a ausgebildet. Durch diesen Spalt a strömt während des Betriebs zu förderndes Gas entgegen der Förderichtung 20 zurück in einen Schöpfraum, aus dem das Gas abgesaugt werden soll.

**[0017]** Bei dem nachfolgend anhand der Fig. 2 und 3 beschriebenen bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung sind identische oder ähnliche Bauteile mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet.

**[0018]** Entsprechend dem Stand der Technik weist auch die erfindungsgemäße Turbomolekularpumpe eine Antriebswelle 10 auf, die den Rotor 12 trägt. Der Rotor 12 weist ebenfalls Rotorflügel 16 auf, die Rotorscheufeln 18 tragen. Im dargestellten Ausführungsbeispiel sind ebenfalls Statorringe 26 innerhalb des Gehäuses 22 angeordnet. Ferner sind in dem dargestellten Ausführungsbeispiel zwischen benachbarten Rotorflügeln 16 Statorscheiben 28 angeordnet.

**[0019]** Erfindungsgemäß weisen im dargestellten Ausführungsbeispiel sämtliche Statorringe an ihrer in Richtung des Rotors 12 weisenden Innenseite eine Ringnut 32 auf. Die Ringnut 32 ist in sich geschlossen und erstreckt sich entlang der gesamten Innenseite jedes einzelnen Statorrings 26.

**[0020]** Die Rotorflügel 16 weisen an den äußeren in Richtung der Statorringe 26 weisenden Enden im dargestellten Ausführungsbeispiel jeweils einen ringförmigen Ansatz 34 auf. Während des Betriebs verschiebt sich der ringförmige Ansatz 34 aufgrund der thermischen Ausdehnung der Fliehkräfte etc. in die entsprechende Ringnut 32.

**[0021]** Die Ringnuten 32 und die ringförmigen Ansätze 34 befinden sich somit je Rotorflügel auf einer gemeinsamen, in Fig. 3 jeweils horizontal verlaufenden Flügellebene 36, von der in Fig. 3 zur Verdeutlichung nur eine dargestellt ist.

**[0022]** Der in Fig. 3 obere Rotorflügel 16 ist nicht von einem Statorring umgeben. Um auch hinsichtlich dieses Rotorflügels 16 eine verbesserte Abdichtung zu erzielen, ist in dem Gehäuse 22 eine Ringnut 38 vorgesehen. In die Ringnut 38 ragt im Betrieb wiederum ein Ansatz 34 des oberen Rotorflügels 16.

**[0023]** In einem Zustand, in dem sich die Turbomolekularpumpe nicht im Betrieb befindet und somit auch keine Ausdehnung oder Verschiebungen der Rotorflügel 16 erfolgen, ist zwischen den radialen Enden der Rotorflügel 16 und einer Innenseite der Statorringe 26 ein Montagepalt b vorgesehen. Dieser ist erforderlich, um die Statorringe 26 zur Montage über den Rotor 12 zu stülpen.

## Patentansprüche

1. Turbomolekularpumpe mit einem auf einer Antriebswelle (10) angeordneten Rotor (12) mit mehreren Rotorflügeln (16), und einem den Rotor (12) umgebenden Statorelement, wobei

das Statorelement mindestens eine einem der Rotorflügel (16) zugeordnete, umlaufende Ringnut (32, 38) aufweist, die in der Flügelebene (36) des zugeordneten Rotorflügels (16) angeordnet ist und das Statorelement mehrere in axialer Richtung (14) hintereinander angeordnete Statorringe (26) aufweist, wobei die mindestens eine Ringnut (32) in einem der Statorringe (26) vorgesehen ist **dadurch gekennzeichnet, dass**,  
 der Innendurchmesser der Statorringe (26) gegenüber dem Außendurchmesser der Rotorflügel (16) im Montagezustand um die Breite eines Montagespalts größer ist und die umlaufende Ringnut (32, 38) ein radiales Ausdehnen des Rotorflügels (16) im Betrieb ermöglicht.

2. Turbomolekularpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Rotorflügel (16) einen radial in Richtung der Ringnut (32, 38) weisenden Ansatz (34) aufweist.
3. Turbomolekularpumpe nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ansatz (34) ringförmig ist.
4. Turbomolekularpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehreren Rotorflügeln (16) jeweils mindestens eine Ringnut (32, 38) zugeordnet ist.
5. Turbomolekularpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Statorelement durch ein Gehäuse (22) ausgebildet ist, so dass die mindestens eine Ringnut (38) an der in Richtung des Rotors (12) weisenden Gehäuseinnenseite vorgesehen ist.
6. Turbomolekularpumpe nach einem der Ansprüche 1-5 **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Statorring (26) mit einer zwischen zwei benachbarten Rotorflügeln (16) angeordneten Statorscheibe (28) verbunden ist.
7. Turbomolekularpumpe nach einem der Ansprüche 1-6 **dadurch gekennzeichnet, dass** je Rotorflügel (16) ein Statorring (26) vorgesehen ist.
8. Turbomolekularpumpe nach einem der Ansprüche 1-7, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Statorring (26) eine Ringnut (32) aufweist.

## Claims

1. A turbomolecular pump, comprising:  
 a rotor (12) arranged on a drive shaft (10) and having a plurality of rotor vanes (16), and

a stator element surrounding the rotor (12), wherein said stator element comprises at least one surrounding annular groove (32,38) assigned to a respective one of the rotor vanes (16), said annular groove being arranged in the vane plane (36) of the assigned rotor vane (16) and the stator element comprises a plurality of stator rings (26) arranged behind each other in the axial direction (14), said at least one annular groove (32) being provided in one of the stator rings (26),

## characterized in

**that**, in the mounting condition, the inner diameter of the stator rings (26) is larger than the outer diameter of the rotor vanes (16) by the width of a mounting gap, and that the surrounding annular groove (32,38) allows for radial expansion of the rotor vane (16) during operation.

2. The turbomolecular pump according to claim 1, **characterized in that** said at least one rotor vane (16) comprises a projection (34) extending radially in the direction towards the annular groove (32,38).
3. The turbomolecular pump according to claim 2, **characterized in that** said projection (34) is annular.
4. The turbomolecular pump according to any one of claims 1 to 3, **characterized in that** a plurality of rotor vanes (16) have at least one respective annular groove (32,38) assigned to them.
5. The turbomolecular pump according to any one of claims 1 to 4, **characterized in that** the stator element is formed by a housing (22) in such a manner that said at least one annular groove (38) is provided on the inner side of the housing facing towards the rotor (12).
6. The turbomolecular pump according to any one of claims 1 to 5, **characterized in that** each stator ring (26) is connected to a stator disk (28) arranged between two adjacent rotor vanes (16).
7. The turbomolecular pump according to any one of claims 1 to 6, **characterized in that** one stator ring (26) is provided per rotor vane (16).
8. The turbomolecular pump according to any one of claims 1 to 7, **characterized in that** each stator ring (26) comprises an annular groove (32).

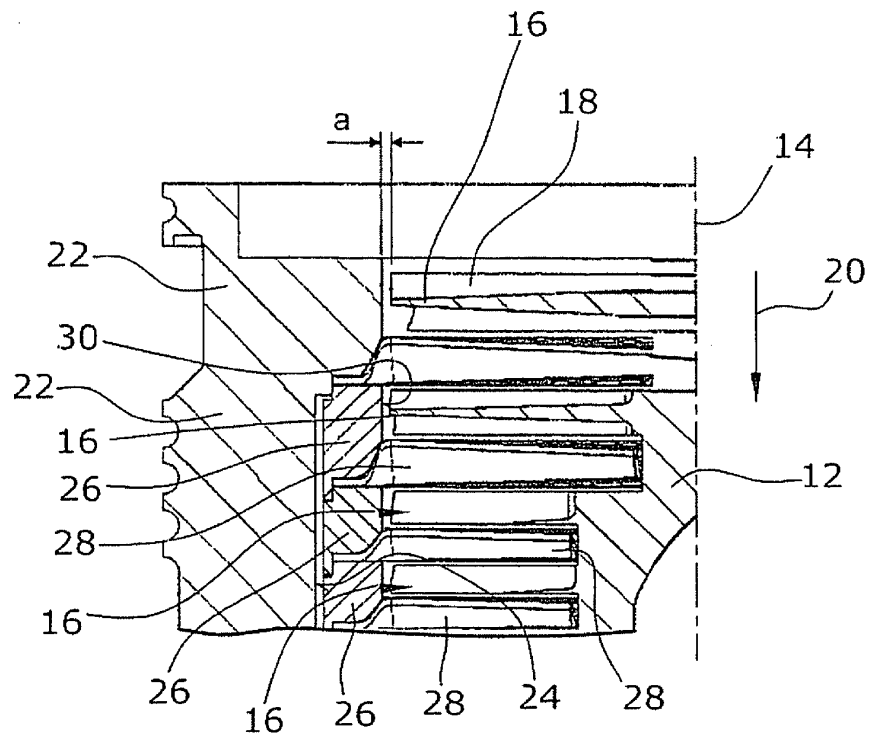
## Revendications

1. Turbopompe moléculaire comportant  
 un rotor (12) disposé sur un arbre d'entraînement (10) et pourvu d'une pluralité d'aubes de rotor (16), et

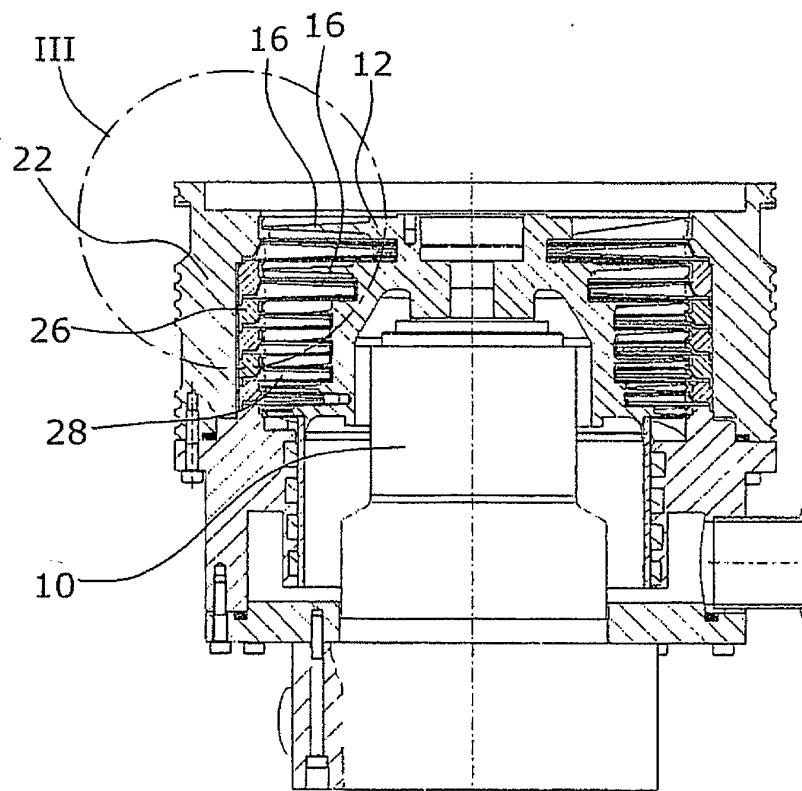
un élément formant stator entourant le rotor (12),  
 l'élément formant stator comportant au moins une  
 gorge annulaire périphérique (32, 38), qui est asso-  
 ciée à l'une des aubes de rotor (16) et qui est dispo- 5  
 sée dans le plan (36) de l'aube de rotor (16) asso-  
 ciée, et l'élément formant stator comportant une plu-  
 ralité de bagues de stator (26) disposée l'une der-  
 rière l'autre dans la direction axiale (14), l'au moins  
 une gorge annulaire (32) étant ménagée dans l'une 10  
 des bagues de stator (26), **caractérisée en ce que**  
 le diamètre intérieur des bagues de stator (26) est  
 supérieur au diamètre extérieur des aubes de rotor  
 (16), une fois le montage terminé, de la largeur d'un  
 interstice de montage et **en ce que** la gorge annu- 15  
 laire périphérique (32, 38) permet une dilatation ra-  
 diale de l'aube de rotor (16) en fonctionnement.

2. Turbopompe moléculaire selon la revendication 1,  
**caractérisée en ce que** l'au moins une aube de rotor 20  
 (16) comporte une saillie (34) dirigée radialement en  
 direction de la gorge annulaire (32, 38).
3. Turbopompe moléculaire selon la revendication 2,  
**caractérisée en ce que** la saillie (34) a une forme 25  
 annulaire.
4. Turbopompe moléculaire selon l'une des revendica-  
 tions 1 à 3, **caractérisée en ce que** au moins une  
 gorge (32, 38) est associée à chaque aube de la 30  
 pluralité des aubes de rotor (16).
5. Turbopompe moléculaire selon l'une des revendica-  
 tions 1 à 4, **caractérisée en ce que** l'élément for-  
 mant stator est formée par un boîtier (22) de sorte  
 que l'au moins une gorge annulaire (38) est ména- 35  
 gée du côté intérieur du boîtier qui est orienté en  
 direction du rotor (12).
6. Turbopompe moléculaire selon l'une des revendica-  
 tions 1 à 5, **caractérisée en ce que** chaque bague 40  
 de stator (26) est reliée à un disque de stator (28)  
 disposée entre deux aubes de rotor (16) adjacentes.
7. Turbopompe moléculaire selon l'une des revendica-  
 tions 1 à 6, **caractérisée en ce que** chaque aube 45  
 de rotor (16) est pourvue d'une bague de stator (26).
8. Turbopompe moléculaire selon l'une des revendica-  
 tions 1 à 7, **caractérisée en ce que** chaque bague 50  
 de stator (26) comporte une gorge annulaire (32).

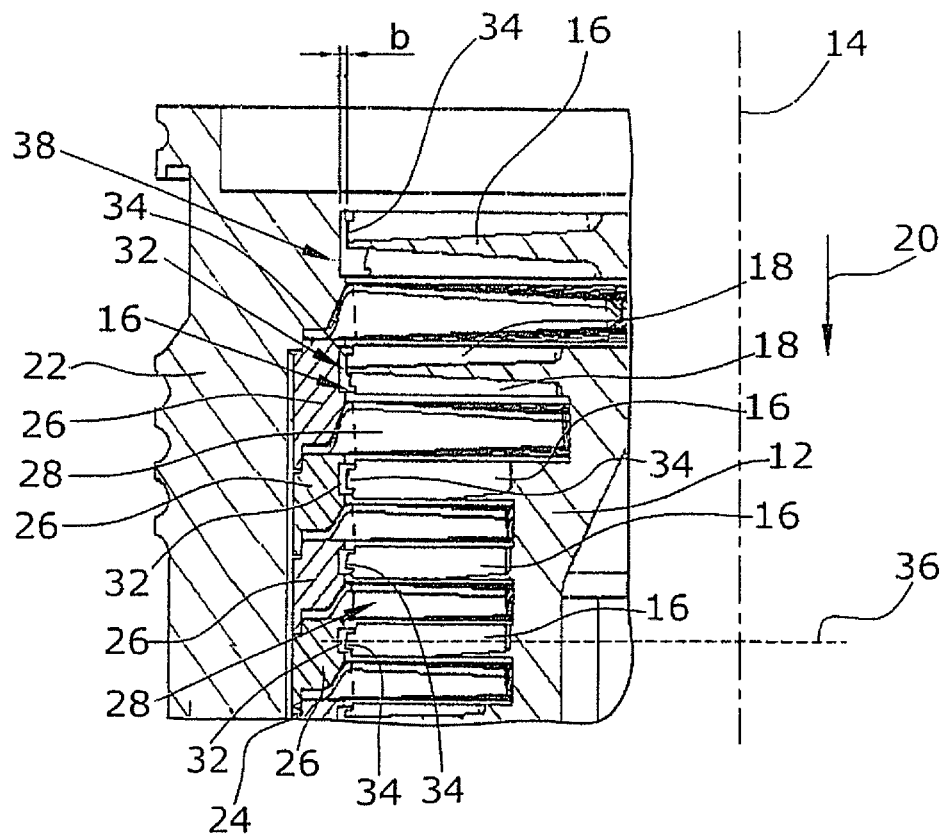
55



**Fig.1**



**Fig.2**



**Fig.3**

**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 0770781 A [0001] [0003]
- EP 1498612 A [0002]