



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 676378 A5

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>: F 04 D 19/04

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENT SCHRIFT** A5

②① Gesuchsnummer: 4341/89

②② Anmeldungsdatum: 30.03.1988

②④ Patent erteilt: 15.01.1991

④⑤ Patentschrift  
veröffentlicht: 15.01.1991

⑦③ Inhaber:  
Vladimir Pavlovich Sergeev, Vladimir (SU)  
Valery Borisovich Sholokhov, Vladimir (SU)  
Vladimir Illich Vikhrev, Vladimir (SU)  
Sergei Nikolaevich Sharshin, Vladimir (SU)

⑦② Erfinder:  
Sergeev, Vladimir Pavlovich, Vladimir (SU)  
Sholokhov, Valery Borisovich, Vladimir (SU)  
Vikhrev, Vladimir Illich, Vladimir (SU)  
Sharshin, Sergei Nikolaevich, Vladimir (SU)

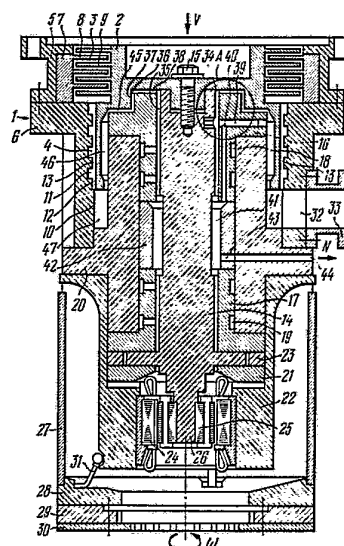
⑦④ Vertreter:  
Patentanwälte Schaad, Balass & Partner, Zürich

⑧⑥ Internationale Anmeldung: PCT/SU 88/00076 (Ru)

⑧⑦ Internationale Veröffentlichung: WO 89/09341 (Ru)  
05.10.1989

⑤④ **Turbomolekular-Vakuumpumpe.**

⑤⑦ Zwischen einem hohlen Stator (1) und einem hohlen Rotor (2) verlaufen erste Kanäle (3) einer turbomolekularen Gasevakuiertstufe und damit verbundene zweite Kanäle (4) einer molekularen Gasevakuiertstufe. Die zweiten Kanäle (4) sind über Hauptkanäle (34) einer dynamischen Dichtung mit der Atmosphäre verbunden. Die Hauptkanäle (34) sind durch die Innenfläche eines sich im Innern des Rotors (2) befindlichen Lagers (16) und durch im Querschnitt rechteckige Nuten gebildet, welche sich in einem Abschnitt (35) der Aussenfläche der Welle (14) in Form eines mehrgängigen Wendels befinden. Ihre Tiefe nimmt stetig von der Gasansaugseite (V) zur Gasdruckseite hin ab. Die dynamische Dichtung weist mit den Hauptkanälen (34) und mit den zweiten Kanälen (4) verbundene Zusatzkanäle (36) auf. Eine solche Pumpe dient zur Erzeugung eines Hochvakuums nach dem Prinzip des nichtvolumetrischen Gasverdrängens.



## Beschreibung

### Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf Rotationspumpen für nicht volumetrisches Gasverdrängen und betrifft Pumpen zur Erzeugung eines Hochvakuums unter Verwendung eines axialen Gasstromes, insbesondere eine Turbomolekular-Vakuumpumpe.

### Stand der Technik

Die gegenwärtige Entwicklung der Wissenschaft und Technik verlangt zahlreiche Baugrößen von Turbomolekular-Vakuumpumpen mit unterschiedlichen Evakuiereigenschaften, wie z.B. Sauggeschwindigkeit und Gaskompressionsgrad, durch welche die Abmessungen der hauptsächlich konstruktiven Bauelemente dieser Pumpe bestimmt werden.

Eine Turbomolekular-Vakuumpumpe enthält einen hohlen Stator, in dessen axialer Bohrung sich ein hohler Rotor befindet, der mit einer Welle verbunden ist, welche diesen umlaufend antreibt. Zwischen den einander zugewandten Oberflächen von Rotor und Stator sind Kanäle einer turbomolekularen und einer molekularen Gasevakuiertstufe vorgesehen.

Die molekulare Gasevakuiertstufe gestattet es, den Druck des zu evakuierenden Gases druckseitig auf 100 Pa zu erhöhen, und für den weiteren Druckanstieg des zu evakuierenden Gases auf den atmosphärischen Druck benötigt man eine Vorvakuum-Gasevakuiertstufe, welche bei herkömmlichen Turbomolekular-Vakuumpumpen eine separate, an eine Turbomolekular-Vakuumpumpe angeschlossene Vorvakuumpumpe darstellt. Hierbei wandern jedoch aus den inneren Hohlräumen der Vorvakuum pumpen in den Vakuumarbeitsraum der technologischen Kammer über die Gasevakuiertkanäle Kohlenwasserstoffmoleküle herüber, wodurch der Reinheitsgrad des Vakuums und letztendlich die Güte der auszustossenden Produktion beeinträchtigt wird. Um der Wanderung von Kohlenwasserstoffen zu begegnen, bedient man sich beispielsweise der Stickstoffänger, welche jedoch den konstruktiven Aufbau der Turbomolekular-Vakuumpumpe beträchtlich erschweren und verteuern.

Es sind ebenfalls Turbomolekular-Vakuumpumpen bekannt, bei denen die Funktion der Vorvakuum-Gasevakuiertstufe eine dynamische Dichtung erfüllt, deren Kanäle zwischen zwei zylindrischen Oberflächen der konstruktiven Bauelemente der Turbomolekular-Vakuumpumpe verlaufen, von welchen das eine in Drehung versetzt wird. Die Spaltweite zwischen den genannten Oberflächen liegt normalerweise zwischen 0,015 und 0,03 mm. Die Kanäle der dynamischen Dichtung sind durch Nuten ausgestaltet, die meist an der Oberfläche des drehend angetriebenen Bauelementes in Form eines rechteckigen mehrgängigen Schraubengewindes hergestellt werden. Die Nuttiefe nimmt stetig von der Gassaugseite zur Gasdruckseite hin von 0,1 mm bis auf 0,03 mm ab. Hierbei ist die Nutbreite gleich der Breite der zwischen zwei benachbarten Nuten vorhandenen Rippe und wird in an sich bekannter

Weise auf rechnerischem Wege je nach den gewünschten Evakuiereigenschaften der Turbomolekular-Vakuumpumpe ermittelt.

Bekannt ist eine Turbomolekular-Vakuumpumpe (FR, B, 222 409) mit einem hohlen Stator, in dessen Innerem sich ein hohler Rotor befindet, wobei dazwischen Kanäle einer turbomolekularen Gasevakuiertstufe sowie mit diesen verbundene Kanäle einer molekularen Gasevakuiertstufe verlaufen, die mit den Kanälen einer dynamischen Dichtung verbunden sind, welche mit der Atmosphäre in Verbindung stehen und durch die Innenfläche eines im Innern des hohlen Rotors befindlichen Lagers, in dem ein Ende der Rotorwelle gelagert ist, und durch Nuten, welche in einem Abschnitt der Aussenfläche der Welle in Form eines rechteckigen mehrgängigen Schraubengewindes vorgesehen sind und deren Tiefe stetig von der Gassaugseite zur Gasdruckseite hin abnimmt, gebildet sind.

Hierbei muss die Länge des Abschnittes der Aussenfläche der Welle, in welchem die Nuten der dynamischen Dichtung hergestellt sind, zur Sicherung der vorbestimmten Evakuiereigenschaften wie Gaskompressionsgrad nicht kleiner sein als der Wellendurchmesser. Dies verlängert jedoch die Welle, indem dadurch sich die auskragend wirkende Belastung der Lager und das äquatoriale Trägheitsmoment der umlaufenden Welle mit dem Rotor vergrössern, was die Drehgeschwindigkeit der Welle und folglich die Evakuiereigenschaften der Turbomolekular-Vakuumpumpe wie Gaskompressionsgrad und Sauggeschwindigkeit, die von der Drehgeschwindigkeit der Welle beachtlich abhängig ist, begrenzt.

### Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Turbomolekular-Vakuumpumpe mit einer derartigen dynamischen Dichtung zu schaffen, die einer Verbesserung der Evakuiereigenschaften der Turbomolekular-Vakuumpumpe ohne Vergrösserung deren Abmessungen sicherstellen würde.

Diese Aufgabe ist dadurch gelöst worden, dass in einer Turbomolekular-Vakuumpumpe mit einem hohlen Stator, in dessen Innerem sich ein hohler Rotor befindet, wobei dazwischen Kanäle einer turbomolekularen Gasevakuiertstufe sowie mit diesen verbundene Kanäle einer molekularen Gasevakuiertstufe verlaufen, die mit Kanälen einer dynamischen Dichtung verbunden sind, welche mit der Atmosphäre in Verbindung stehen und durch die Innenfläche eines im Innern des hohlen Rotors befindlichen Lagers, in dem ein Ende der Rotorwelle gelagert ist, und durch Nuten, welche in einem Abschnitt der Aussenfläche der Welle in Form eines rechteckigen mehrgängigen Schraubengewindes vorgesehen sind und deren Tiefe stetig von der Gassaugseite zur Gasdruckseite hin abnimmt, gebildet sind, erfindungsgemäss zusätzliche Kanäle der dynamischen Dichtung vorhanden sind, die mit den hauptsächlichlichen Kanälen der dynamischen Dichtung und mit den Kanälen der molekularen Gasevakuiertstufe verbunden und durch in einem Abschnitt der Innenfläche des Rotors hergestellte Nu-

ten in Form eines rechteckigen mehrgängigen Schraubengewindes sowie durch die diesem Abschnitt zugewandte Aussenfläche des Lagers ausgebildet sind.

Zur Erhöhung der Sauggeschwindigkeit und des Gaskompressionsgrades in der Turbomolekular-Vakuumpumpe ist es sinnvoll, dass bei der Herstellung der Nuten für die hauptsächlich und die zusätzlichen Kanäle der dynamischen Dichtung mit entgegengesetztem Verlauf des Schraubengewindes die Nutentiefe der zusätzlichen Kanäle stetig von der Gasdruckseite zur Gassaugseite hin verringert wird.

Für die Erhöhung der Funktionstüchtigkeit der Turbomolekular-Vakuumpumpe ist es vorteilhaft, dass bei der Herstellung der Nuten für die hauptsächlich und die zusätzlichen Kanäle der dynamischen Dichtung mit gleichem Verlauf des Schraubengewindes die Tiefe der Nuten der zusätzlichen Kanäle stetig von der Gassaugseite zur Gasdruckseite hin vermindert wird.

Das Vorhandensein der zusätzlichen Kanäle der dynamischen Dichtung, die durch die an der zylindrischen Innenfläche des Rotors hergestellten Nuten ausgebildet sind, bei welcher Innenfläche der Durchmesser zumindest doppelt so gross ist wie der Durchmesser der Welle, die die Nuten der hauptsächlich und die zusätzlichen Kanäle der dynamischen Dichtung aufweist, gestattet es, die Querschnittsfläche der zusätzlichen Kanäle der dynamischen Dichtung gegenüber der Querschnittsfläche der hauptsächlich und die zusätzlichen Kanäle der dynamischen Dichtung zu vergrössern, so dass sich die Möglichkeit für die Verbesserung der Evakuierereigenschaften der Turbomolekular-Vakuumpumpe bietet.

Dazu kommt, dass sich dadurch die Länge der Kanäle der hauptsächlich und die zusätzlichen Kanäle der dynamischen Dichtung, d.h. die Wellenlänge, verkürzt, so dass das äquatoriale Trägheitsmoment der Welle mit dem Rotor geringer wird und sich dank dem Anstieg der Drehgeschwindigkeit des Rotors die Sauggeschwindigkeit der Turbomolekular-Vakuumpumpe um mindestens 20% unter Konstanthaltung ihrer Masse erhöht.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Beschreibung ihrer konkreten Ausführungsform und der beigefügten Zeichnungen erläutert, in denen es zeigt:

Fig. 1 eine Gesamtansicht einer Turbomolekular-Vakuumpumpe (mit einem Längsschnitt), gemäss der Erfindung;

Fig. 2 die Baugruppe A der Fig. 1 in vergrössertem Massstab mit Nuten, die zusätzliche Kanäle einer dynamischen Dichtung bilden, bei denen der Verlauf ihres Schraubengewindes dem Verlauf eines Schraubengewindes von Nuten, die hauptsächlich und die zusätzlichen Kanäle der dynamischen Dichtung bilden, entgegengesetzt ist, gemäss der Erfindung;

Fig. 3 dito wie in Fig. 2, mit Nuten, die zusätzliche Kanäle der dynamischen Dichtung bilden, bei denen der Verlauf ihres Schraubengewindes mit dem des Schraubengewindes der Nuten übereinstimmt, die

die hauptsächlich und die zusätzlichen Kanäle der dynamischen Dichtung bilden, gemäss der Erfindung.

#### Bester Weg zur Ausführung der Erfindung

Eine Turbomolekular-Vakuumpumpe enthält einen hohlen Stator 1 (Fig. 1), in dessen Innerem ein hohler Rotor 2 untergebracht ist, wobei zwischen diesen Kanäle 3 einer turbomolekularen Gasevakuiertstufe sowie mit ihnen verbundene Kanäle 4 einer molekularen Gasevakuiertstufe vorgesehen sind.

Der Stator 1 weist ein Gehäuse 5 der turbomolekularen Gasevakuiertstufe und ein Gehäuse 6 der molekularen Gasevakuiertstufe auf, die miteinander beispielsweise mittels einer Verschraubung fest verbunden sind.

Im Gehäuse 5 der turbomolekularen Gasevakuiertstufe ist eine Nabe 7 mit drei Schaufelscheiben 8 eingebaut, die zwischen vier, mit dem Rotor 2 starr verbundenen Schaufelrädern 9 angeordnet sind, wobei zwischen ihnen die Kanäle 3 der turbomolekularen Gasevakuiertstufe verlaufen.

Die Zahl der Schaufelräder 9 und folglich der Schaufelscheiben 8 kann unterschiedlich gross sein, wie das bei anderen bekannten Turbomolekular-Vakuumpumpen der Fall ist. Sie kann von zwei bis zwanzig und darüber betragen und richtet sich bekanntlich nach den geometrischen Parametern der konstruktiven Bauelemente der Pumpe, insbesondere nach dem Durchlassquerschnitt der Schaufelkanäle der Schaufelräder 9 und nach den geforderten Evakuierereigenschaften der Turbomolekular-Vakuumpumpe.

Die Kanäle 4 der molekularen Gasevakuiertstufe sind durch an der zylindrischen Innenfläche 10 des Gehäuses 6 des Stators 1 hergestellte Nuten 11 in Form eines rechteckigen mehrgängigen Schraubengewindes und eine zylindrische Aussenfläche 12 des Rotors 2 gebildet. Die Tiefe der Nuten 11 vermindert sich stetig von der Gassaugseite V (in der Zeichnung mit einem Pfeil markiert) zur Gasdruckseite N (in der Zeichnung mit einem Pfeil markiert) hin von 3,0 bis auf 0,5 mm. Der Spalt 13 zwischen der zylindrischen Aussenfläche 12 des Rotors 2 und der zylindrischen Innenfläche 10 des Gehäuses 6 des Stators 1 ist hinreichend klein und beläuft sich bekanntlich auf eine Grösse zwischen 0,15 und 0,03 mm, so dass ein verhältnismässig hoher Widerstand dem Gasrückstrom entgegengesetzt wird, d.h., es wird ein Überströmen von Gas von der Gasdruckseite N zur Gassaugseite V verhindert.

Der Rotor 2 sitzt auf einer Welle 14 und ist an dieser mittels einer Schraube 15 befestigt. Die Welle 14 ist in zwei aerostatischen Lagern 16 und 17 gelagert, welche jeweils ringsumlaufende Eindrehungen 18, 19 aufweisen, die mit (nicht gezeichneten) Kanälen eines Systems für die Pressluftzuführung und -verteilung für die aerostatischen Lager 16, 17 verbunden sind.

Die Lager 16, 17 sind in einem Gehäuse 20 eingebaut. Mit dem Gehäuse 20 ist beispielsweise mittels einer Verschraubung ein Drucklager 21 starr verbunden, welches gemeinsam mit einem Ring 23 sich in einem Becher 22 befindet.

Im Becher 22 ist der Ständer 24 eines Elektromo-

tors angeordnet, dessen Läufer 25 an dem unteren Ende 26 der Welle 14 sitzt. Am Becher 22 ist ein Mantel 27 befestigt. Zur Abkühlung der Turbomolekular-Vakuumpumpe steht der Mantel 27 mit Ringen 28, 29 und einer Jalousie 30 in Verbindung. Zwischen dem Ring 28 und dem Becher 22 ist ein Feststeller 31 für die Befestigung der Ringe 28 und 29 vorgesehen. Das Gehäuse 6 des Stators 1 weist eine Bohrung 32 auf, mit welcher fluchtend daran ein Stutzen 33 für den Anschluss an eine (nicht gezeigte) Rohrleitung der Vorvakuumgasevakuierung angebracht ist, die zur vorläufigen Gasevakuierung aus einer abzudichtenden Kammer (nicht gezeigt) vorgesehen ist.

Damit bei der Aufrechterhaltung des Vakuums in dieser Kammer der zu evakuierende Gasstrom direkt in die Atmosphäre entweicht, weist die Konstruktion der Turbomolekular-Vakuumpumpe eine dynamische Dichtung auf, die für einen Druckanstieg des zu evakuierenden Gases ab dem Druck am Ausgang der Kanäle 4 der molekularen Gasevakuierstufe bis zum atmosphärischen Druck sorgt. Die dynamische Dichtung weist hauptsächlich Kanäle 34 auf, welche sich zwischen einem Abschnitt 35 der Aussenfläche der Welle 14 und einer diesem Abschnitt 35 zugewandten Innenfläche des Lagers 16 befinden.

Die hauptsächlichlichen Kanäle 34 der dynamischen Dichtung sind auf der Gassaugseite V mit zusätzlichen Kanälen 36 der dynamischen Dichtung, die zwischen einem Abschnitt 37 der Innenfläche des Rotors 2 und der diesem Abschnitt 37 zugewandten Aussenfläche des Lagers 16 verlaufen, über einen Spalt 38 zwischen der oberen Stirnfläche des Lagers 16 und der diesem zugewandten Oberfläche des Rotors 2 verbunden.

Die hauptsächlichlichen Kanäle 34 der dynamischen Dichtung sind auf der Gasdruckseite N mit der Atmosphäre über Radial- und Längskanäle 39, 40, die im Lager 16 ausgeführt sind, einen Spalt 41 zwischen der Welle 14 und einer Hülse 42 sowie über koaxiale Radialkanäle 43, 44, die jeweils in der Hülse 42 und dem Gehäuse 20 hergestellt sind, verbunden.

Die zusätzlichen Kanäle 36 der dynamischen Dichtung sind mit den Kanälen 4 der molekularen Gasevakuierstufe über Spalte 45, 46 zwischen der Innenfläche des Rotors 2 und der Aussenfläche des Lagers 16 und des Gehäuses 20 sowie über einen ringsumlaufenden Hohlraum 47 zwischen der Innenfläche 10 des Gehäuses 6 des Stators 1 und der Aussenfläche des Gehäuses 20 verbunden.

Die hauptsächlichlichen Kanäle 34 der dynamischen Dichtung sind durch im Abschnitt 35 der Aussenfläche der Welle 14 des Rotors 2 hergestellte Nuten 48 (Fig. 2, 3) in Form eines rechteckigen mehrgängigen Schraubengewindes gebildet.

Die Tiefe  $l$  der Nuten 48 nimmt stetig von der Gassaugseite V zur Gasdruckseite N hin von 0,1 bis auf 0,03 mm ab.

Die Anzahl der Gänge des Schraubengewindes und die Länge  $L$  (Fig. 2) bzw.  $L_1$  (Fig. 3) des Abschnittes 35 (Fig. 2, 3) richten sich nach dem Durchmesser der Welle 14. Die Breite  $b$  der Nuten 48

bleibt über die gesamte Länge  $L$  des Abschnittes 35 konstant und beträgt 2 mm, während die Breite  $a$  der Rippen 49 zwischen den benachbarten Nuten 48 gleich der Breite  $b$  der Nuten 48 ist.

Die zusätzlichen Kanäle 36 der dynamischen Dichtung sind durch im Abschnitt 37 (Fig. 2, 3) der Innenfläche des Rotors 2 hergestellte Nuten 50 (Fig. 2) in Form eines rechteckigen mehrgängigen Schraubengewindes gebildet. Die Tiefe  $l_1$  der Nuten 50, 51 verändert sich zügig über die Länge  $H$  (Fig. 2) bzw.  $H_1$  (Fig. 3) des Abschnittes 37 (Fig. 2, 3) zur Sicherung eines Druckgefälles von Gas am Ein- und Austritt der Kanäle 36 der dynamischen Dichtung. Die Richtung, in welcher sich die Tiefe  $l_1$  der Nuten 50 und 51 ändert, hängt von der Richtung des Schraubengewindes der Nuten 48 ab.

Für die Erhöhung der Sauggeschwindigkeit und des Kompressionsgrades von Gas muss die Richtung des Schraubengewindes der Nuten 50 (Fig. 2), die die zusätzlichen Kanäle 36 der dynamischen Dichtung bilden, zur Richtung des Schraubengewindes der Nuten 48, die die hauptsächlichlichen Kanäle 34 der dynamischen Dichtung bilden, entgegengesetzt sein. Hierbei vermindert sich die Tiefe  $l_1$  der Nuten 50 stetig von der Gasdruckseite N zur Gassaugseite V hin von 0,1 bis auf 0,2 mm. Die Breite  $b_1$  der Nuten 50 bleibt über deren ganze Länge unverändert und beträgt 2 mm. Die Breite  $a_1$  zwischen den benachbarten Nuten 50 befindlichen Rippen 52 ist gleich der Breite  $b_1$  der Nut 50. Die Länge  $L$  des Abschnittes 35 der Aussenfläche der Welle 14, welche die Nuten 48 aufweist, beträgt etwa 0,3 bis 0,5 des Durchmessers der Welle 14, während die Länge  $H$  des Abschnittes 37 der Innenfläche des Rotors 2 etwa  $\frac{2}{3} L$  ausmacht. Die Auswahl der Werte für  $L$  und  $H$  und deren Verhältnisse richtet sich nach den geforderten Evakuierereigenschaften, und diese Werte werden in an sich bekannter Weise auf rechnerischem Weg festgelegt. Hierbei bleibt  $L$  immer kleiner als der Durchmesser der Welle 14 und  $H$  immer kleiner als  $L$ , so dass dadurch das äquatoriale Trägheitsmoment der Welle 14 und des Rotors 2 verringert werden kann.

Zur Gewährleistung der Funktionstüchtigkeit der Turbomolekular-Vakuumpumpe bei einem zufälligen Druckanstieg auf den atmosphärischen Druck innerhalb des ringsumlaufenden Hohlraumes 47 (Fig. 1), der mit der Vorvakuumleitung (nicht gezeigt) in Verbindung steht, sind die Nuten 51 (Fig. 3), die die zusätzlichen Kanäle 36 der dynamischen Dichtung bilden, mit einem Schraubengewinde versehen, dessen Verlauf mit dem Verlauf des Schraubengewindes der Nuten 48, die die hauptsächlichlichen Kanäle 36 der dynamischen Dichtung bilden, übereinstimmt. Hierbei nimmt die Tiefe  $l_1$  der Nuten 51 stetig von der Gassaugseite V zur Gasdruckseite N hin von 0,1 bis auf 0,2 mm. Die Breite der Nuten 51 und die der Rippen 53 betragen 2 mm, genauso wie bei der in Fig. 2 veranschaulichten Ausführungsform. Die Länge  $L_1$  des Abschnittes 35 der Aussenfläche der Welle 14 liegt zwischen 0,5 und 0,8 des Durchmessers der Welle 14, und die Länge  $H_1$  des Abschnittes 37 der Innenfläche des Rotors 2 beträgt zwischen  $\frac{1}{2}$  und  $\frac{2}{3}$  von der Länge  $L_1$ .

Die Auswahl von konkreten Beträgen  $L_1$  und  $H_1$  sowie deren Verhältnisse hängt ebenfalls von den geforderten Evakuiereigenschaften der Turbomolekular-Vakuumpumpe ab und wird auf rechnerischem Wege in an sich bekannter Weise festgelegt.

Die Turbomolekular-Vakuumpumpe funktioniert wie folgt: Bei der Aufstellung der Pumpe verbindet man das Gehäuse 5 (Fig. 1) des Stators 1 mit der abzudichtenden Kammer (nicht gezeigt) einer entsprechenden technologischen Anlage. Den Stutzen 33 schliesst man an die (nicht gezeigte) Rohrleitung der Vorvakuumgasevakuierung an. Danach wird zu den Spalten zwischen der Welle 14 und den aerostatischen Lagern 16 und 17 über die Eindrehungen 18 und 19 Pressluft mit einem Druck von 0,59 MPa zugeführt, und die Welle 14 «schwimmt» in den aerostatischen Lagern 16, 17 auf. Es erfolgt nunmehr ein Vorvakuum-evakuieren von Gas aus der abzudichtenden Kammer.

Dann wird nach Anlegen der Spannung an den Ständer 24 des Elektromotors die Welle 14 samt dem Rotor 2 in Drehung versetzt. Beim Drehen des Rotors 2 werden Gasmoleküle durch die Schaufeln der Schaufelräder 9 aus dem Vakuumarbeitsraum mitgerissen und in die Kanäle 3 der turbomolekularen Gasevakuierstufe gedrückt, die am Austritt für das Erreichen der gewünschten rechnerischen Grösse des Gasdruckanstieges sorgt. Man sperrt die Rohrleitung der Vorvakuumgasevakuierung mit einem Ventil (nicht gezeigt) ab.

Aus den Kanälen 3 der turbomolekularen Gasevakuierstufe dringen Gasmoleküle in die Kanäle 4 der molekularen Gasevakuierstufe ein, an deren Austritt sich der Druck im Strom des zu evakuierenden Gases von  $10^{-2}$  bis auf  $10^{-1}$  Pa erhöht. Danach gelangen die Moleküle des zu evakuierenden Gases über den ringsumlaufenden Hohlraum 47, die Spalte 46 und 45 in die zusätzlichen Kanäle 36 der dynamischen Dichtung. Dann bewegen sie sich über den Spalt 38 in die hauptsächlichen Kanäle 34 der dynamischen Dichtung, an deren Austritt der Druck des zu evakuierenden Gases auf den atmosphärischen Druck ansteigt. Des weiteren entweicht das zu evakuierende Gas über die Kanäle 39, 40 des Lagers 16, den Spalt 41, die Bohrung 43 der Hülse 42 und den Kanal 44 des Gehäuses 20 in die Atmosphäre. Die dynamische Dichtung erfüllt die Funktion einer Vorvakuumpumpe, indem sie den Druckanstieg auf den atmosphärischen Druck sicherstellt, wobei der Vakuumarbeitsraum der abzudichtenden Kammer durch Kohlenwasserstoffe nicht verunreinigt wird.

Der Druck des zu evakuierenden Gases erhöht sich bei dessen Durchlauf durch die zusätzlichen Kanäle 36 der dynamischen Dichtung zumindest um das 5fache, wodurch das Druckgefälle des zu evakuierenden Gases in den hauptsächlichen Kanälen 34 der dynamischen Dichtung verringert wird, so dass sich die Möglichkeit bietet, dank einer Verkürzung der Länge der hauptsächlichen Kanäle 34 der dynamischen Dichtung das äquatoriale Trägheitsmoment der rotierenden Welle 14 und des Rotors 2 zu vermindern und die Drehgeschwindigkeit des Rotors 2 zu erhöhen. Dies gewährleistet eine Verbes-

serung der Evakuiereigenschaften der Turbomolekular-Vakuumpumpe um mindestens 20%, ohne dass ihre Abmessungen verändert werden.

Der Druck des Gasstromes, der die zusätzlichen Kanäle 36 der dynamischen Dichtung durchläuft, die durch die Nuten 50 (Fig. 2) gebildet sind, deren Tiefe sich stetig von der Gasdruckseite N zur Gassaugseite V hin verringert, steigt um etwa eine Grössenordnung an, so dass die Evakuiereigenschaften der Turbomolekular-Vakuumpumpe um mindestens 30% verbessert werden können.

Der Druck des Gasstromes, der durch die zusätzlichen Kanäle 36 der dynamischen Dichtung läuft, welche durch die Nuten 52 (Fig. 3) gebildet sind, deren Tiefe stetig von der Gassaugseite V zur Gasdruckseite N abnimmt, erhöht sich um etwa das 5fache, wodurch die Evakuiereigenschaften der Turbomolekular-Vakuumpumpe um mindestens 20% verbessert werden.

Jedoch gilt als wesentlicher Vorteil solch einer Ausführung der zusätzlichen Kanäle 36 der dynamischen Dichtung die Tatsache, dass sie einem Ausfall der Turbomolekular-Vakuumpumpe infolge eines schroffen Druckanstieges im Hohlraum 47 dadurch begegnen, dass innerhalb dieser Kanäle 36 ein Widerstand dem viskosen Gasstrom geleistet wird.

#### Gewerbliche Verwertbarkeit

Die erfindungsgemässe Turbomolekular-Vakuumpumpe kann in verschiedenen technologischen Anlagen zur Erzeugung und Aufrechterhaltung des Vakuums mit einem Gasrestdruck zwischen  $10^{-1}$  Pa und  $10^{-7}$  Pa Anwendung finden, beispielsweise in der Elektronik bei der Fertigung von Mikroschaltungen, bei der Züchtung von künstlichen Kristallen sowie in verschiedenen Forschungsanlagen und -geräten, die unter Benutzung eines Vakuums betrieben werden, z.B. in Anlagen zur Beschleunigung von Elementarteilchen, Massenspektrometern und Elektronenmikroskopen.

#### Patentansprüche

1. Turbomolekular-Vakuumpumpe, mit einem in einem hohlen Stator (1) angeordneten hohlen Rotor (2), dessen Welle (14) an ihrem einen Ende in einem sich im Innern des Rotors (2) befindlichen Lager (16) gelagert ist, mit zwischen dem Stator (1) und dem Rotor (2) verlaufenden ersten Kanälen (3) einer turbomolekularen Gasevakuierstufe und damit verbundenen zweiten Kanälen (4) einer molekularen Gasevakuierstufe, die über Hauptkanäle (34) einer dynamischen Dichtung mit der Atmosphäre verbunden sind, wobei die Hauptkanäle (34) durch die Innenfläche des Lagers (16) und durch im Querschnitt rechteckige Nuten (48) gebildet sind, welche sich in einem Abschnitt (35) der Aussenfläche der Welle (14) in Form eines mehrgängigen Wendels befinden und deren Tiefe stetig von der Gasansaugseite (V) zur Gasdruckseite (N) hin abnimmt, dadurch gekennzeichnet, dass die dynamische Dichtung mit den Hauptkanälen (34) und mit den zweiten Kanälen (4) verbundene Zusatzkanäle (36) aufweist, die durch in einem Abschnitt (37) der Innenfläche des

Rotors (2) angeordnete rechteckige Nuten (50, 51) in Form eines mehrgängigen Wendels sowie durch die diesem Abschnitt (37) zugewandten Aussenfläche des Lagers (16) gebildet sind.

2. Turbomolekular-Vakuumpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wendel der Nuten (50) der Zusatzkanäle (36) entgegengesetzt zu den Wendeln der Nuten (48) der Hauptkanäle (34) verlaufen und dass die Tiefe der Nuten (50) der Zusatzkanäle (36) stetig von der Gasdruckseite (N) zur Gasansaugseite (V) hin abnimmt.

3. Turbomolekular-Vakuumpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wendel der Nuten (51) der Zusatzkanäle (36) in gleicher Richtung wie die Wendel der Nuten (48) der Hauptkanäle (34) verlaufen und dass die Tiefe der Nuten (51) der Zusatzkanäle (36) stetig von der Gasansaugseite (V) zur Gasdruckseite (N) hin abnimmt.

20

25

30

35

40

45

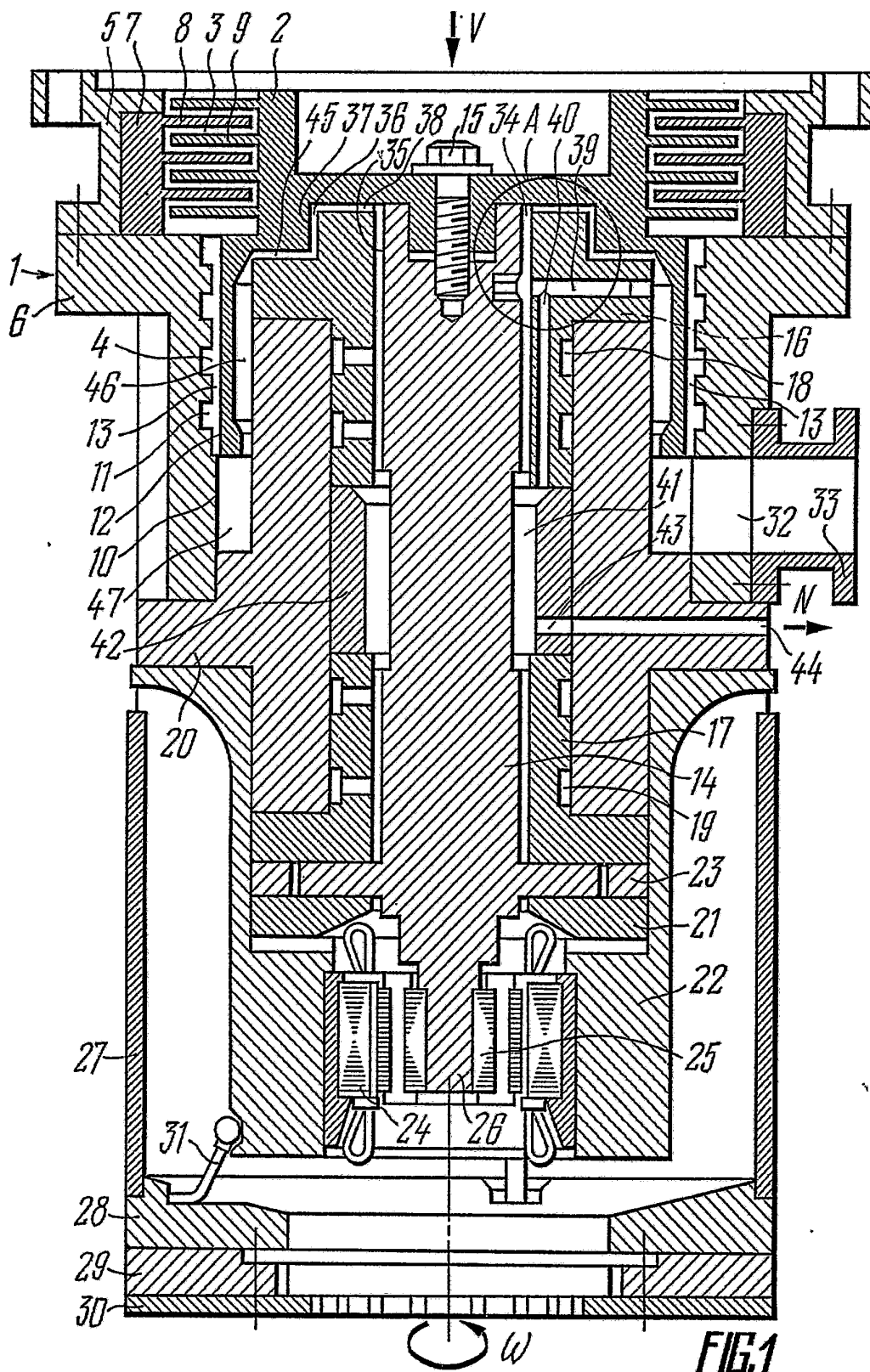
50

55

60

65

6



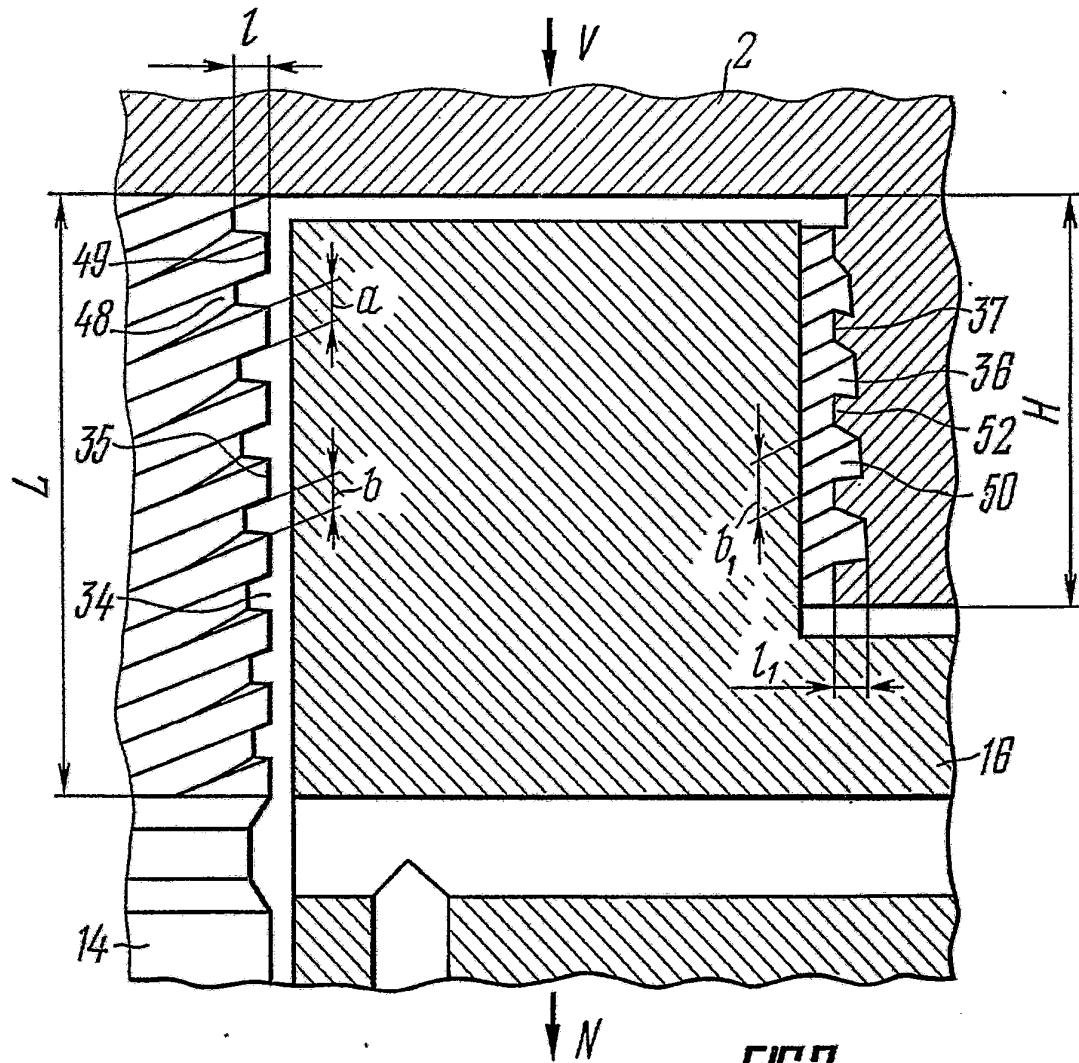


FIG. 2



