

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 580 435 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
28.09.2005 Patentblatt 2005/39

(51) Int Cl. 7: F04D 19/04

(21) Anmeldenummer: 05003720.9

(22) Anmeldetag: 22.02.2005

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA HR LV MK YU

(30) Priorität: 16.03.2004 DE 102004012713

(71) Anmelder: Pfeiffer Vacuum GmbH  
35614 Asslar (DE)

(72) Erfinder:

- Conrad, Armin  
35745 Herborn (DE)
- Fahrenbach, Peter  
35619 Braunfels (DE)

### (54) Turbomolekularpumpe

(57) Eine Turbomolekularpumpe (T) umfasst eine Mehrzahl von abwechselnd axial hintereinander angeordneten, mit Schaufeln (10) versehenen Rotor- und Statorscheiben (8, 9), wobei die Schaufeln (10) zur Hochvakuumseite (2) hin einen steileren Anstellwinkel  $\alpha$  aufweisen als die Schaufeln (10) zur Vakuumseite (3)

hin. Um insbesondere den Wirkungsgrad zu erhöhen, wird die Turbomolekularpumpe (T) so ausgebildet, dass der Anstellwinkel  $\alpha$  der Schaufeln (10) zur Vakuumseite (3) hin weniger als  $8^\circ$ , vorzugsweise weniger als  $5^\circ$ , beträgt. Die Herstellung der Schaufeln (10) erfolgt vorzugsweise durch High-Speed-Cutting.

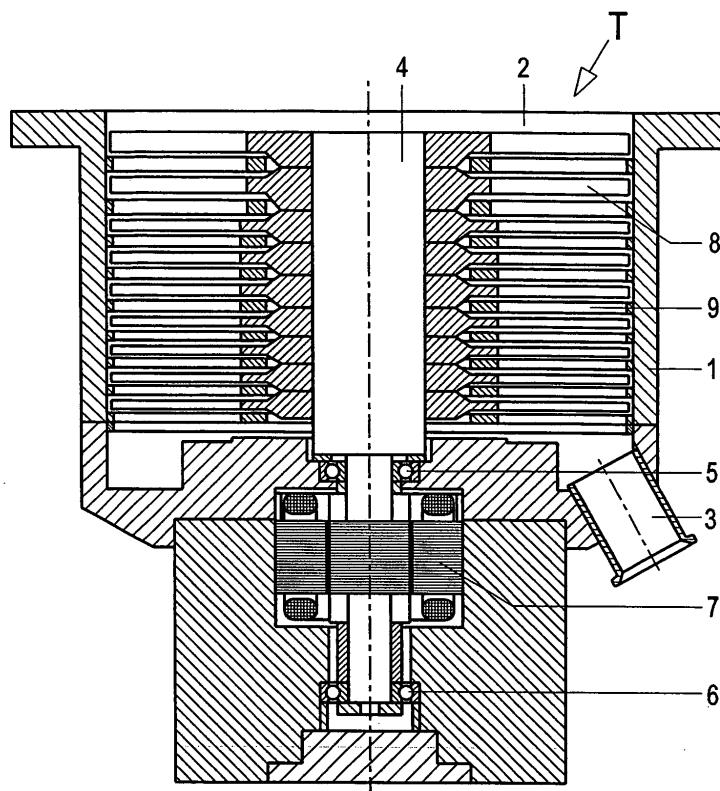


Fig. 1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf eine Turbomolekularpumpe mit einer Mehrzahl von abwechselnd axial hintereinander angeordneten und mit Schaufeln versehenen Rotor- und Statorscheiben, wobei die Schaufeln in Richtung zur Hochvakuumseite einen steileren Anstellwinkel aufweisen als die Schaufeln in Richtung Vakuumseite.

**[0002]** Außerdem bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zur Herstellung einer mit Schaufeln versehenen Rotor- oder Statorscheibe einer solchen Turbomolekularpumpe.

**[0003]** Derartige Turbomolekularpumpen sind bekannt, zum Beispiel durch die DE 2 035 063 B3 oder die DE 27 17 366 B2. Die dort dargestellten Schaufeln weisen im Querschnitt die Form eines Parallelogramms auf. Der Anstellwinkel beträgt je nach axialer Lage der Schaufeln 25° bis 40°.

**[0004]** Durch die DE 101 03 230 A1 ist eine Turbomolekularpumpe bekannt, bei der die Schaufel im Querschnitt von einem Parallelogramm stark abweicht und in etwa eine Tragflächenform aufweist. Der mittlere Anstellwinkel beträgt etwa 45°.

**[0005]** Durch die DE 72 37 362 U1 ist eine Turbomolekularpumpe bekannt, bei der die Schaufeln einer ersten, ansaugseitig angeordneten Gruppe von Schaufeln, genannt Sauggruppe A, einen Anstellwinkel von 30° bis 40° und die Schaufeln einer zweiten Gruppe, genannt Kompressionsgruppe B, bestehend aus den restlichen Schaufelstufen einen Anstellwinkel von 17° bis 30° aufweisen. Die zweite Gruppe, Kompressionsgruppe, kann in zwei Untergruppen aufgeteilt sein, deren Schaufeln einen Anstellwinkel von 25° bis 30° beziehungsweise von 17° bis 25° aufweisen.

**[0006]** Aus der Praxis sind durch das Modell Alcatel ATH 1600M flache Schaufeln mit einem Anstellwinkel größer als 19° und durch das Modell Leybold MAG 2000 Schaufeln mit einem Anstellwinkel größer als 9° bekannt geworden.

**[0007]** Die pumpaktiven Bauteile einer Turbomolekularpumpe bestehen aus den mit Schaufeln versehenen Rotor- und Statorscheiben, die abwechselnd axial hintereinander angeordnet sind. Durch das Zusammenwirken dieser Scheiben wird in bekannter Weise der Pumpeneffekt erzeugt.

**[0008]** Die charakteristischen Eigenschaften einer Turbomolekularpumpe sind Kompressions- und Saugvermögen. Beide Eigenschaften werden hauptsächlich durch folgende Parameter bestimmt: Die Umfangsgeschwindigkeit des Schaufelkranzes der Rotorscheiben, die Anzahl der Schaufeln, der Anstellwinkel der Schaufeln und die Abstufung der unterschiedlichen Scheiben des gesamten Scheibenpakets. Innerhalb der Abstufung verkleinern sich die Anstellwinkel der Schaufel von der Ansaugöffnung hin zur Gasaustrittsstellung.

**[0009]** In den Kompressionsstufen oder Auspuffstufen wird maßgeblich die Wärme erzeugt, die zum uner-

wünschten Aufheizen des Rotors führt. Außerdem sind diese Stufen für die Vorvakuumverträglichkeit und der Leistungsaufnahme bei hohen Vorvakuumdrücken der Pumpe von großer Bedeutung. So zeigen die bekannten Ausbildungen eine unbefriedigende Vorvakuumverträglichkeit, eine hohe Leistungsaufnahme und eine starke Erwärmung des Rotors.

**[0010]** Aufgrund dieser Gegebenheiten liegt der Erfindung das technische Problem zugrunde, eine Turbomolekularpumpe so auszubilden, dass Wärmeentwicklung und Leistungsaufnahme verminder sind und eine gute Vorvakuumverträglichkeit sowie Kompression geschaffen sind.

**[0011]** Dieses technische Problem wird durch eine wesentliche Verkleinerung des Anstellwinkels der Schaufeln in der Kompressions- oder Auspuffstufe gelöst, und zwar soll der Anstellwinkel der Schaufeln zur Vakuumseite hin weniger als 8° betragen.

**[0012]** Die flachere Ausbildung des Anstellwinkels hat eine Reihe von positiven Auswirkungen: Zunächst verringert sich bei gleichem Überdeckungsverhältnis trotz kleiner Scheibenhöhe die Anzahl der Schaufeln pro Scheibe. Außerdem werden Wirbelbildungen im hohen Druckbereich vermieden, wodurch es zu einer Verringerung der Aufnahmleistung und der Wärmeentwicklung kommt. Die geringe Scheiben- und Schaufelhöhe führt zu einer geringeren Stoßrate der Moleküle und damit zu weniger Verlusten und schließlich zu einer geringen Baulänge der Pumpe. Die Verringerung der Anzahl von Zähnen führt zu einer weiteren Reduzierung der Kompressionsleistung. Zudem ist ein insbesondere gegen Staub und korrosive Gase robuster Aufbau der Pumpstufen möglich. Dies hat wiederum Vorteile in Bezug auf die Kompressionskräfte. Je weniger Schaufeln vorhanden sind, desto geringer sind die axial auf die Schaufeln wirkenden Kompressionskräfte und umso weniger Energie wird für den Antrieb der Turbomolekularpumpe benötigt. Insgesamt führt die erfindungsgemäße Ausbildung zu einer kompakten Bauform und zu einer wesentlichen Leistungsverbesserung in den Auspuffstufen und damit der gesamten Turbomolekularpumpe.

**[0013]** Eine weitere Steigerung der vorgenannten Vorteile kann erzielt werden, wenn der Anstellwinkel der Schaufeln zur Vakuumseite hin weniger als 6° beträgt.

**[0014]** Schließlich sind die Vorteile besonders ausgeprägt, wenn im Extremfall der Anstellwinkel der Schaufeln zur Vakuumseite hin sogar weniger als 5° beträgt.

**[0015]** Beispielsweise kann bei einer erfindungsgemäßen Turbomolekularpumpe der Anstellwinkel der Schaufeln zur Vakuumseite hin 5,9° bis 4,6° betragen.

**[0016]** Die Verringerung der Scheibenhöhe bedeutet, dass die axiale Dicke der Schaufeln kleiner als 5,0 Millimeter ist, insbesondere auch gleich oder kleiner 4,5 Millimeter und im Extremfall sogar bis auf 3,0 bis 4,5 Millimeter vermindert ist.

**[0017]** Bisher wurden bei Turbomolekularpumpen beispielsweise 24 Schaufeln bei einem Pumpendurchmesser von 250 Millimetern vorgesehen. Die Schaufeln

waren Bestandteil von Scheiben, die wenigstens 5 Millimeter dick waren. Mit der neuen Ausbildung ist es möglich, bei gleichem Pumpendurchmesser mit 16 oder sogar 12 Schaufeln auszukommen, wobei die Scheibenhöhe nur 3,0 bis 4,5 Millimeter beträgt.

**[0018]** Bei der erfindungsgemäßen Turbomolekularpumpe können die Schaufeln im Querschnitt mindestens in etwa die Form eines Parallelogramms haben.

**[0019]** Zur Herstellung solcher flachen Winkel beziehungsweise dünner Scheiben und entsprechend noch dünnerer Wanddicken der Schaufeln wird insbesondere vorgeschlagen, als Fertigungsverfahren das so genannte High-Speed-Cutting anzuwenden, bei dem das Material ohne Druck abgetragen wird.

**[0020]** Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich anhand der zugehörigen Zeichnung, in der ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung nur beispielhaft dargestellt ist. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine Turbomolekularpumpe in schematisierter Darstellung im mittigen Längsschnitt;

Fig. 2 einen Schnitt durch eine Schaufel der Turbomolekularpumpe nach Fig. 1.

**[0021]** In Fig. 1 umfasst die Turbomolekularpumpe (T) ein Gehäuse (1), an dem endseitig einerseits ein Ansaugflansch (2) angeformt und andererseits ein Ausstoßflansch (3) angebracht ist. Im Gehäuse (1) ist eine Rotorwelle (4) auf Wälzlagern (5, 6) drehbeweglich gelagert. Die Rotorwelle (4) wird über einen elektromotorischen Antrieb (7) in hochtourige Drehung versetzt. Hierbei wirken die an der Rotorwelle (4) befestigten Rotorscheiben (8) mit den in dem Gehäuse (1) eingelegten Statorscheiben (9) zusammen.

**[0022]** Die Gruppe von Rotorscheiben (8) und Statorscheiben (9), die nahe der Ausstoßseite, dem Ausstoßflansch (3), angeordnet sind, weisen Schaufeln (10) auf, deren Anstellwinkel zwischen 4,6° und 5,9° liegen. Der Anstellwinkel  $\alpha$  ist in Fig. 2 der deutlicheren Darstellung wegen stark vergrößert gezeichnet. Die Scheibendicke (D) beträgt dabei zwischen 3,0 Millimeter und 4,5 Millimeter.

**[0023]** Die Schaufel (10) hat einen Querschnitt, der mindestens in etwa eine Trapezform aufweist. Zu ihrer Herstellung wurde das so genannte High-Speed-Cutting angewendet, bei dem das Material der dünnen Scheiben (8, 9) zur Herstellung der Schaufeln (10) ohne Druck abgetragen wird.

#### Bezugszahlen

**[0024]**

- 1 Gehäuse
- 2 Ansaugflansch
- 3 Ausstoßflansch

4	Rotorwelle
5	Wälzlager
6	Wälzlager
7	Antrieb
8	Rotorscheibe
9	Statorscheibe
10	Schaufel
T	Turbomolekularpumpe
D	Scheibendicke
10	$\alpha$ Anstellwinkel der Schaufel

#### Patentansprüche

- 15 1. Turbomolekularpumpe mit einer Mehrzahl von abwechselnd axial hintereinander angeordneten, mit Schaufeln (10) versehenen Rotor- und Statorscheiben (8, 9), wobei die Schaufeln (10) zur Hochvakuumseite (2) hin einen steileren Anstellwinkel  $\alpha$  aufweisen als die Schaufeln (10) zur Vakuumseite (3) hin, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anstellwinkel  $\alpha$  der Schaufeln (10) zur Vakuumseite (3) hin weniger als 8° beträgt.
- 20 2. Turbomolekularpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anstellwinkel  $\alpha$  der Schaufeln (10) zur Vakuumseite (3) hin weniger als 6° beträgt.
- 25 3. Turbomolekularpumpe nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anstellwinkel  $\alpha$  der Schaufeln (10) zur Vakuumseite (3) hin weniger als 5° beträgt.
- 30 4. Turbomolekularpumpe nach Anspruch 2 und 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anstellwinkel  $\alpha$  der Schaufeln (10) zur Vakuumseite (3) hin 5,9° bis 4,6° beträgt.
- 35 5. Turbomolekularpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die axiale Dicke (D) der Schaufeln (10) kleiner als 5 Millimeter ist.
- 40 6. Turbomolekularpumpe nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die axiale Dicke (D) der Schaufeln (10) gleich oder kleiner 4,5 Millimeter ist.
- 45 7. Turbomolekularpumpe nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die axiale Dicke (D) der Schaufeln (10) 3,0 bis 4,5 Millimeter ist.
- 50 8. Turbomolekularpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufeln (10) im Querschnitt mindestens in etwa die Form eines Parallelogramms aufweisen.
- 55 9. Verfahren zur Herstellung einer mit Schaufeln (10)

versehenen Rotor- oder Statorscheibe (8, 9) einer  
TurboMolekularpumpe (T) nach einem der Ansprü-  
che 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** als  
Fertigungsverfahren das so genannte High-  
Speed-Cutting angewendet wird, bei dem das Ma-  
terial ohne Druck abgetragen wird. 5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

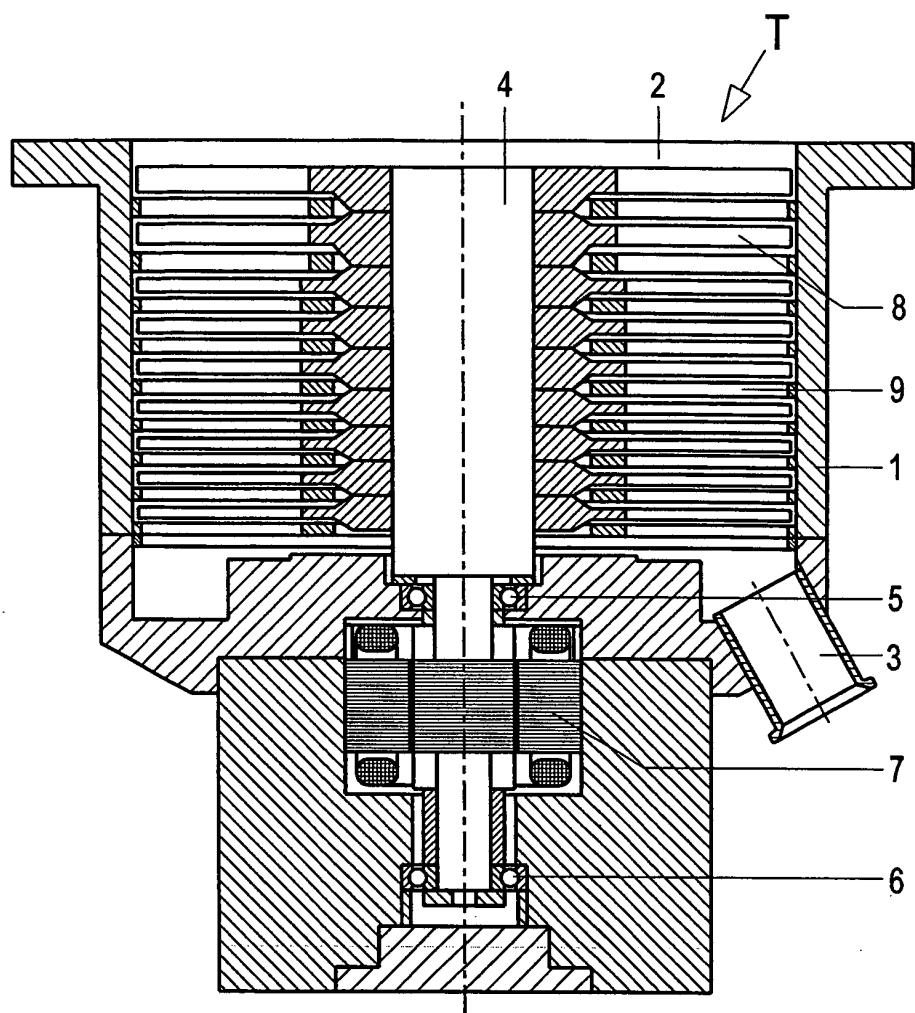


Fig. 1

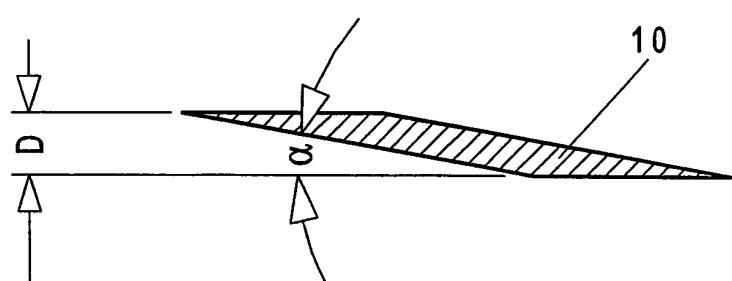


Fig. 2