

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 243 796 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
08.11.2006 Patentblatt 2006/45

(51) Int Cl.:
F04D 19/04 ^(2006.01) **F04D 17/16** ^(2006.01)
F04D 23/00 ^(2006.01) **F04D 29/26** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **02005166.0**

(22) Anmeldetag: **08.03.2002**

(54) **Vakuumpumpe**

Vacuum pump

Pompe à vide

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI NL

(30) Priorität: **24.03.2001 DE 10114585**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.09.2002 Patentblatt 2002/39

(73) Patentinhaber: **Pfeiffer Vacuum GmbH**
35614 Asslar (DE)

(72) Erfinder: **Eberl, Wolfgang**
35606 Solms (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 067 290 DE-A- 3 442 843
US-A- 3 536 418 US-A- 4 090 815
US-A- 4 183 719 US-A- 5 040 949

EP 1 243 796 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe zur Förderung von Gasen und zur Erzeugung von Hochvakuum nach dem Oberbegriff des 1. Patentanspruches.

[0002] Zur Erzeugung von Hochvakuum sind Kombinationen von verschiedenen Typen von Vakuumpumpen notwendig, da der weite Druckbereich zwischen Atmosphärendruck und ca. 10^{-4} mbar oder kleiner mehrere Strömungsbereiche umfaßt, in denen die physikalischen Eigenschaften von Zuständen und Strömungen der Gase jeweils anderen Gesetzen unterworfen sind.

[0003] Seither wurden zur Erzeugung von Hochvakuum mindestens zwei Vakuumpumpen unterschiedlicher Bauart und Arbeitsweise zu einem Pumpstand zusammengefügt. Bewährt haben sich zum Beispiel Pumpstände, bestehend aus einer Turbomolekularpumpe als Hochvakuumpumpe und einer Drehschieberpumpe, welche gegen Atmosphärendruck ausstößt. Pumpstände, bestehend aus mindestens zwei Vakuumpumpen, welche zum Erzielen der geforderten vakuumtechnischen Größen, wie Druckverhältnis und Saugvermögen, notwendig sind, weisen den Nachteil auf, dass sie aufwendig sind und einen großen Platzbedarf haben. Jede Pumpe erfordert ein eigenes Antriebssystem mit Stromversorgung, -überwachung und -regelung sowie ein eigenes Lagersystem. Verbindungsleitungen zwischen den Pumpen mit Ventilen und Regeleinrichtungen vergrößern den Aufwand.

[0004] Die EP-A-1 067 290 zeigt eine gattungsgemäße Vakuumpumpe, die bis zu Atmosphärendruck verdichtet und aus zwei ein- oder mehrstufigen Gasreibungspumpen besteht.

[0005] Die US-A 4 090 815 zeigt eine kombinierte Vakuumpumpe aus mehreren Pumpstufen, die nach Siegbahn-, Holweck- und Drehschieberprinzip arbeiten. Alle Pumpstufen sind seriell hintereinander angeordnet. Ein Überströmventil ist nicht gezeigt.

[0006] Die US-A-5 040 949 zeigt eine Schraubenvakuumpumpe mit einem seriellen Gasstrom, der von ineinandergreifenden Rotoren verdichtet wird. Das verdichtete Gas wird von einer einfachen Schraubenstruktur nachverdichtet, welche durch einen Bypass mit einem Überströmventil vollständig überbrückt werden kann.

[0007] Die US-A-3 536 418 zeigt einen Pumpstand, der aus mehreren einzelnen Vakuumpumpen aufgebaut ist. Ein Überströmventil ist nicht gezeigt.

[0008] Die DE 34 42 843 A zeigt eine zweiflutige Vakuumpumpe, wobei in jedem der parallelen Strömungspfade mehrere Pumpen mit unterschiedlichem Wirkprinzip derart kombiniert sind, dass höhere Auslassdrücke erreicht werden. Ein Überströmventil überbrückt vollständig die letzte Pumpe vor Erreichen des Atmosphärendrucks.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vakuumpumpe zu entwickeln, welche den gesamten Druckbereich von Atmosphärendruck bis Hochvakuumdruck von ca. 10^{-4} mbar und kleiner umfaßt. Die Pumpe

soll aus einem Stück bestehen und einen kompakten Aufbau aufweisen, so dass die oben beschriebenen Nachteile, welche Pumpständen anhaften, die aus mehreren Pumpen bestehen, vermieden werden. Weiterhin soll sie ein ausreichend hohes Druckverhältnis und Saugvermögen aufweisen, um den Anforderungen im praktischen Einsatz gerecht zu werden. Eine zuverlässige und sichere Betriebsweise ist eine der Grundvoraussetzungen. Als weiteres Ziel wird ein schmiermittelfreier Betrieb auf der Hochvakuumseite angestrebt.

[0010] Die Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des 1. Patentanspruches gelöst. Die Ansprüche 2 - 9 stellen weitere Ausgestaltungsformen der Erfindung dar.

[0011] Mit der erfindungsgemäßen Anordnung wird eine Vakuumpumpe vorgestellt, die in kompakter Bauweise den gesamten Druckbereich von Atmosphärendruck bis in den Hochvakuumbereich abdeckt. Durch die parallele Anordnung der Gasreibungspumpen auf der Hochvakuumseite wird ein zweiflutiger Ansaugbereich gebildet, der ein hohes Saugvermögen ermöglicht. Innerhalb der Gasreibungspumpe wird das angesaugte Gas ausreichend verdichtet, so dass die nachfolgende Pumpe nur noch einflutig zu sein braucht. Diese Kombination zusammen mit dem Merkmal, dass die beiden Gasströme der Gasreibungspumpe innerhalb dieser zusammengeführt und dem Ansaugraum der nachfolgenden Stufe zugeführt werden, ermöglicht die kompakte Bauweise und reduziert die Baugröße und den konstruktiven Aufwand erheblich. Dadurch, dass die vorliegende Anordnung es ermöglicht, die Wellenlager an beiden Enden des Rotors anzubringen, ergibt sich eine stabile Lagerung, bei der Lager mit geringem Durchmesser eingesetzt werden können, welche einen problemlosen Betrieb bei hohen Drehzahlen erlauben. Außerdem sind die Lager durch die Gasreibungspumpe von der Hochvakuumseite getrennt, was den Vorteil mit sich bringt, dass die Hochvakuumseite als schmiermittelfrei angesehen werden kann.

[0012] Die bauliche Anordnung und die Betriebsweise bieten an, die Gasreibungspumpe als Holweckpumpe auszubilden. Diese eignet sich besonders dazu, auf engem Raum ein maximales Druckverhältnis auszubilden. Durch die zweiflutige Anordnung wird das geforderte Saugvermögen erreicht.

[0013] Für die nachfolgende Pumpe wird vorteilhafterweise eine Seitenkanalpumpe verwendet. Diese eignet sich besonders dazu, dass von den parallelen Gasreibungspumpen ausgestoßene Gas bis Atmosphärendruck zu verdichten. Bei hohem Gasanfall kann unter Umgehung der letzten, dem Atmosphärendruck zugewandten Stufen eine Zwischenstufe direkt an den Gasausstoßflansch über eine Verbindungsleitung angeschlossen werden. Die großen Gasmengen müssen dann nicht durch die geometrisch kleiner dimensionierten Endstufen gepumpt werden, was lange Pumpzeiten zur Folge hätte. Bei geringeren Gasmengen wird die Verbindungsleitung durch ein Überdruckventil geschlossen

und die Verdichtung bis zum Atmosphärendruck erfolgt über die letzten Pumpstufen. Diese Maßnahme ist nicht auf das hier vorliegende Beispiel einer Seitenkanalpumpe beschränkt, sondern kann auf alle anderen, nach höheren Drücken hin ausstoßenden mehrstufigen Pumpen angewandt werden.

[0014] Ein großer Vorteil für die Seitenkanalpumpe ist es, dass deren Statorelemente aus ungeteilten Scheiben bestehen, wie in Anspruch 5 erwähnt. Die übliche Bauweise, bei der geteilte Scheiben zwischen die Rotorscheiben montiert werden, hat zur Folge, dass durch die entstehenden Spalte Rückströmungen ermöglicht werden, welche Verluste darstellen und das Druckverhältnis erheblich vermindern. Dieser entscheidende Nachteil von Seitenkanalpumpen wird durch die erfindungsgemäßen einstückigen Statorscheiben vermieden. Die Verwendung von ungeteilten Statorelementen ist jedoch nur möglich, wenn die Rotorelemente, wie in Anspruch 6 beschrieben, mit Klemmrings auf dem Rotor befestigt werden, denn nur so können Rotor- und Statorelemente nacheinander montiert und optimale Axialspiele eingehalten werden.

[0015] Anhand der einzigen Abbildung soll die Erfindung näher erläutert werden. Bei diesem Beispiel ist die Gasreibungspumpe als Holweckpumpe und die nachfolgende Pumpe als Seitenkanalpumpe ausgebildet.

[0016] In dem Pumpengehäuse 1 mit Ansaugflansch 2 und Gasausstoßflansch 3 sind die beiden parallelen Stufen der Gasreibungspumpe nach der Bauart von Holweck 6 und 7 und die Seitenkanalpumpe 8 untergebracht. Die Rotorelemente 10, 11a, 11b und 13 der beiden Pumpen befinden sich auf der gemeinsamen Welle 4. Diese ist in den beiden Lagern 9a und 9b zentriert. Dabei befindet sich das Lager 9a im Bereich des Atmosphärendruckes und das Lager 9b im Bereich des Vorvakuumdruckes. In diesem Bereich befindet sich auch die Antriebsanordnung 5. Die Rotorelemente der zweiflutigen Holweckpumpe bestehen aus einem Tragring 10, auf welchem zylindrische Bauteile 11a und 11b für die beiden parallelen Pumpstufen untergebracht sind. Zusammen mit den Statorelementen 12a und 12b, welche als Spiralrillen ausgebildet die zylindrischen Rotorelemente 11a und 11b umgeben, bilden sie jeweils zwei zweistufige Holweckpumpen.

[0017] Die Seitenkanalpumpe besteht aus den einstückigen Rotorscheiben 13, welche mit Klemmrings 14 auf dem Rotor 4 befestigt sind. Dazwischen befinden sich die Statorbauteile 15 mit den Förderkanälen 16.

[0018] Die Gasförderung erfolgt entsprechend den in der Abbildung eingetragenen Pfeilen. Zunächst wird das Gas von dem Ansaugbereich 22 über die parallel pumpenden Holweckstufen 6 und 7, welche aus jeweils zwei in Serie geschalteten Pumpstufen 11a / 12a und 11b / 12b bestehen, in die Ausstoßbereiche 23 und 24 gefördert. Durch Verbindungselemente 26 zwischen diesen beiden Bereichen werden die Gasströme in den Ausstoßraum 25 der Gasreibungspumpe zusammengeführt. Über Verbindungselemente 28 gelangt der Gas-

strom von dem Ausstoßraum 25 in den Ansaugraum 27 der Seitenkanalpumpe. Hier wird das Gas in mehreren Pumpstufen, welche über Kanäle 20 miteinander verbunden sind, bis auf Atmosphärendruck verdichtet und über den Ausstoßraum 29 dem Gasausstoßflansch 3 zugeführt. Von einer Zwischenstufe der Seitenkanalpumpe führt eine Verbindungsleitung 30 über ein Überdruckventil 31 direkt zum Gasausstoßflansch 3.

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe, bestehend aus zwei ein- oder mehrstufigen Gasreibungspumpen (6) und (7) und einer mehrstufigen nachgeschalteten Pumpe (8), wobei die beiden Gasreibungspumpen in Strömungsrichtung parallel angeordnet sind derart, dass der angesaugte Gasstrom in einem Ansaugbereich (22) in zwei Teilströme geteilt wird und jeder dieser Teilströme durch die zugeordnete Gasreibungspumpe vom dem Ansaugbereich (22) zu dem jeweiligen Ausstoßbereich (23) bzw. (24) gefördert wird und anschließend die beiden Gasströme über Verbindungselemente (26) in einem Ausstoßraum (25) zusammengeführt werden und dass der Ausstoßraum mit dem Ansaugraum (27) der nachgeschalteten Pumpe (8) über Leitungen (28) verbunden ist derart, dass die nachgeschaltete Pumpe das Gas weiter verdichtet, **dadurch gekennzeichnet, dass** von einer Zwischenstufe der nachgeschalteten Pumpe (8) aus einer Verbindungsleitung (30) zu einem Gasausstoßflansch (3) führt und in der Verbindungsleitung ein Überdruckventil (31) angebracht ist.
2. Vakuumpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die nachgeschaltete Pumpe (8) das Gas in einen weiteren Ausstoßraum (29) fördert.
3. Vakuumpumpe nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Gasreibungspumpen (6) und (7) nach der Bauart von Holweck ausgebildet sind.
4. Vakuumpumpe nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindungselemente (26) aus axialen Bohrungen bestehen, die innerhalb der Gasreibungspumpe (6) und (7) angebracht sind.
5. Vakuumpumpe nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die nachgeschaltete Pumpe (8) eine Seitenkanalpumpe ist.
6. Vakuumpumpe nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Statorelemente (15) der Seitenkanalpumpe aus ungeteilten Scheiben bestehen.
7. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 5 oder

6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rotorelemente (13) der Seitenkanalpumpe mittels Klemmringen (14) auf der Rotorwelle (4) befestigt sind.

8. Vakuumpumpe nach der Art einer Seitenkanalpumpe, bestehend aus mehreren Stufen zum Fördern und Verdichten von Gasen bis zum Atmosphärendruck, **dadurch gekennzeichnet, dass** von einer Zwischenstufe aus unter Umgehung der letzten, dem Atmosphärendruck zugewandten Stufe eine Verbindungsleitung (30) zum Gasausstoßflansch (3) führt und in der Verbindungsleitung ein Überdruckventil (31) angebracht ist.

Claims

1. Vacuum pump comprising two single- or multistage gas friction pumps (6) and (7) and a multistage pump (8) connected downstream, wherein the two gas friction pumps are arranged in parallel in the flow direction in such a manner that the drawn in gas flow in an intake region (22) is divided into two branch flows and each of these branch flows is conveyed through the associated gas friction pump from the intake region (22) to the respective discharge region (23) or (24) and the two gas flows are then combined via connection elements (26) in a discharge chamber (25), and that the discharge chamber is connected to the intake chamber (27) of the pump (8) connected downstream via lines (28) in such a manner that the pump connected downstream further compresses the gas, **characterised in that** from an intermediate stage of the pump (8) connected downstream a connection line (30) leads to a gas discharge flange (3) and an excess pressure valve (31) is connected in the connection line.
2. Vacuum pump according to Claim 1, **characterised in that** the pump (8) connected downstream conveys the gas into a further discharge chamber (29).
3. Vacuum pump according to one of the preceding claims, **characterised in that** the two gas friction pumps (6) and (7) are configured in the Holweck design.
4. Vacuum pump according to one of the preceding claims, **characterised in that** the connection elements (26) consist of axial bores located inside the gas friction pump (6) and (7).
5. Vacuum pump according to one of the preceding claims, **characterised in that** the pump (8) connected downstream is a side channel pump.
6. Vacuum pump according to Claim 5, **characterised in that** the stator elements (15) of the side channel

pump consist of undivided discs.

7. Vacuum pump according to one of Claims 5 or 6, **characterised in that** the rotor elements (13) of the side channel pump are fastened to the rotor shaft (4) by means of clamping rings (14).
8. Vacuum pump in the manner of a side channel pump, comprising a plurality of stages for conveying and compressing gases to atmospheric pressure, **characterised in that** a connection line (30) leads to the gas discharge flange (3) from an intermediate stage bypassing the last stage facing the atmospheric pressure and an excess pressure valve (31) is connected in the connection line.

Revendications

1. Pompe à vide comprenant deux pompes à gaz à friction (6) et (7) à un ou plusieurs étages et une pompe multi-étagée (8) placée en aval, dans laquelle les deux pompes à gaz à friction sont agencées en parallèle dans le sens de passage du gaz, de sorte que le flux de gaz admis est divisé, dans une zone d'admission (22), en deux flux partiels dont chacun est refoulé par la pompe à gaz à friction correspondante, de la zone d'admission (22) vers la zone d'éjection (23) ou (24) respectivement, les deux flux de gaz étant ensuite réunis par le biais d'éléments de liaison (26) dans une chambre d'éjection (25), celle-ci étant reliée au moyen de conduites (28) à la chambre d'admission (27) de la pompe (8) placée en aval qui poursuit ainsi la compression du gaz, **caractérisée en ce qu'**une conduite de liaison (30) va d'un étage intermédiaire de la pompe (8) placée en aval jusqu'à une bride d'éjection de gaz (3) et **en ce que** dans la conduite de liaison (30), il est agencé une soupape de surpression (31).
2. Pompe à vide selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la pompe (8) placée en aval refoule le gaz vers une chambre d'éjection supplémentaire (29).
3. Pompe à vide selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les deux pompes à gaz à friction (6) et (7) sont des pompes du type de Holweck.
4. Pompe à vide selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les éléments de liaison (26) sont des alésages axiaux pratiqués à l'intérieur des pompes à gaz à friction (6) et (7).
5. Pompe à vide selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la

pompe (8) placée en aval est une pompe à canal latéral.

6. Pompe à vide selon la revendication 5, **caractérisée en ce que** les éléments de stator (15) de la pompe à canal latéral sont constitués de disques non divisés. 5
7. Pompe à vide selon l'une quelconque des revendications 5 ou 6, **caractérisée en ce que** les éléments de rotor (13) de la pompe à canal latéral sont fixés sur l'arbre de rotor (4) au moyen de bagues de serrage (14). 10
8. Pompe à vide du type pompe à canal latéral comportant plusieurs étages de refoulement et de compression de gaz jusqu'à la pression atmosphérique, **caractérisée en ce qu'**une conduite de liaison (30) va d'un étage intermédiaire jusqu'à la bride d'éjection de gaz (3), en contournant le dernier étage situé du côté de la pression atmosphérique, et **en ce que** dans la conduite de liaison (30), il est agencé une soupape de surpression (31). 15 20

25

30

35

40

45

50

55

