(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 307 657 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
12.12.2007 Patentblatt 2007/50

(21) Anmeldenummer: **01960473.5**

(22) Anmeldetag: **06.07.2001**

(51) Int Cl.:
F04C 18/16 *(2006.01)* ***F04C 18/08*** *(2006.01)*
F04C 29/04 *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2001/007739

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2002/012726 (14.02.2002 Gazette 2002/07)

(54) **WEIWELLENVAKUUMPUMPE**

TWO-SHAFT VACUUM PUMP

POMPE A VIDE A DEUX ARBRES

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

(30) Priorität: **10.08.2000 DE 10039006**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.05.2003 Patentblatt 2003/19

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

(72) Erfinder:
- **KRIEHN, Hartmut**
  50997 Köln (DE)
- **BRENNER, Lothar**
  53502 Bad Münstereifel (DE)
- **BEHLING, Manfred**
  50968 Köln (DE)
- **DREIFERT, Thomas**
  50171 Kerpen (DE)
- **ROFALL, Klaus**
  51503 Rösrath (DE)
- **ENGLÄNDER, Heinrich**
  52441 Linnich (DE)
- **FROITZHEIM, Michael**
  41539 Dormagen (DE)

(74) Vertreter: **Leineweber, Jürgen**
Aggerstrasse 24
50859 Köln (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-01/48384
DE-A- 19 522 559
DE-A- 19 839 501
DE-A- 19 963 171
FR-A- 1 290 239

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 02, 28. Februar 1997 (1997-02-28) & JP 08 261183 A (TOCHIGI FUJI IND CO LTD), 8. Oktober 1996 (1996-10-08)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 491 (M-1190), 12. Dezember 1991 (1991-12-12) -& JP 03 213688 A (HITACHI LTD), 19. September 1991 (1991-09-19)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 04, 31. Mai 1995 (1995-05-31) & JP 07 009111 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD), 13. Januar 1995 (1995-01-13)**

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).

EP 1 307 657 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Zweiwellenvakuumpumpe, insbesondere Schraubenvakuumpumpe, mit den Merkmalen des Oberbegriffs des neuen Patentanspruchs 1.

[0002] Die Entwickler und Hersteller von Pumpen der genannten Art, insbesondere Schraubenvakuumpumpen, verfolgen das Ziel, dass solche Pumpen bei vertretbaren Herstellkosten mit möglichst hohen Drehzahlen und möglichst kleinen Spaltleckagen betrieben werden können, um den Zweck - Vakuumerzeugung - möglichst effektiv zu erreichen. Voraussetzungen dafür sind eine präzise Lagerung und eine - auch im warmen Zustand - spielfreie Befestigung der Rotoren auf den Wellen. Bezüglich der Lagerung ist zu berücksichtigen, dass die Rotoren fliegend gelagert sein sollen. Das geschieht üblicherweise mit Hilfe von jeweils zwei Lagern, zwischen denen sich ein Antriebsmotor befindet. Gerade bei Schraubenvakuumpumpen hat sich diese Art der Lagerung als zweckmäßig erwiesen, da ihre Vorteile - keine Dichtung an der Saugseite, kostengünstiger als zweiflutige Lösungen - die Nachteile - höhere Anforderungen an Welle und Lagerung - überwiegen.

[0003] Die fliegende Lagerung ist Ursache für Probleme mit der spielfreien Befestigung der Rotoren auf ihren Wellen. Es ist bekannt, dass es bei einer fliegenden Lagerung zweckmäßig ist, wenn sich der Schwerpunkt des rotierenden Systems möglichst in der Nähe des rotorseitigen Lagers befindet. Dieses lässt sich dadurch erreichen, dass ein möglichst leichter Werkstoff für den Rotor gewählt wird, z. B. Aluminium. Aluminium hat jedoch einen wesentlichen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten (ca. 23 x 10^{-6}/K) als Stahl (12 x 10^{-6}/K), der bei fliegenden Lagerungen als Wellenwerkstoff besonders geeignet ist. Stahl hat ein hohes Elastizitätsmodul, weshalb die Herstellung steifer Wellen möglich ist. Bei der Werkstoffpaarung Stahl / Aluminium ist es schwierig, eine bei allen Betriebstemperaturen (zwischen Umgebungstemperatur und etwa 200° C) spielfreie Befestigung des Rotors auf der Welle zu realisieren. Es besteht zwar die Möglichkeit, von der Ausdehnungsproblematik her günstigere Werkstoffe wie Stahl, Ti oder Keramik für den Rotor einzusetzen. Diese führen jedoch zu sehr schweren (Stahl) oder teuren Rotoren (Ti, Keramik). Auch kommt Aluminium auf Grund des geringen E-Moduls nicht als Wellenwerkstoff in Frage.

[0004] Aus der EP 480 629 A1 ist eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 bekannt. Die Rotoren sind mit jeweils einem Bolzen an ihren zugehörigen Wellen befestigt. Auf eine auch im warmen Zustand spielfreie Befestigung der Rotoren auf ihren Wellen wird nicht eingegangen.

[0005] Die JP-08 261183 offenbart eine Schraubenmaschine mit rotierenden Einheiten, die eine Stahlwelle und einen zweiteiligen hohlen Rotor aus Aluminium besitzen. Bestandteil eines jeden Rotors ist eine zentrale Hülse, die auf der zugehörigen Welle fixiert ist. Die Hülse trägt ein äußeres Bauteil mit der Schraubenkontur. Die Welle ragt beidseitig aus dem Rotor heraus.

[0006] DE 198 39 501 A1 offenbart eine Schraubenspindelpumpe, die auch als Vakuumpumpe einsetzbar ist. Sie besitzt hohle Rotoren, die auf ruhenden Zapfen gelagert sind.

[0007] In der US 52 95 788 ist eine rotierende Einheit für eine Schraubenmaschine offenbart. Sie besitzt eine Stahlwelle und einen Aluminium-Rotor. Rotor und Welle sind sowohl kraftschlüssig als auch formschlüssig miteinander verbunden. Eine Pressverbindung besteht in Höhe des relativ kurzen Wellenabschnittes 18. Diese kraftschlüssige Verbindung wird dadurch hergestellt, dass die Welle in die zentrale Bohrung des Rotors durch Anwendung von Kraft eingepresst wird (vgl. Spalte 3, Zeilen 6 bis 8). Die aufzuwendende Kraft muss offensichtlich hoch sein. Es wird deshalb empfohlen, während des Pressvorgangs Schmiermittel zu verwenden (vgl. Spalte 3, Zeilen 34 bis 38). In Höhe von "serrated", Abschnitten 19, 20 bestehende Verbindungsmittel können als formschlüssig angesehen werden. Darüber hinaus besteht eine in Bezug auf Drehmomente kraftschlüssige Verbindung, die einen Bohrungen in Welle und Rotor durchsetzenden Stift umfasst.

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vakuumpumpe mit den gattungsgemäßen Merkmalen zu schaffen, die die Ziele der Hersteller und Entwickler dieser Vakuumpumpen optimal erfüllen, d. h., dass ihre Rotoren mit einer für Schraubenvakuumpumpen günstigen fliegenden Lagerung ausgerüstet sind, dass die Materialauswahl für ihre Rotoren und Wellen hohe Drehzahlen zulassen und dass aufgrund der Auswahl sowohl des Wellenwerkstoffs als auch der Rotor-/Welle-Verbindungen ein Betrieb der Pumpe mit kleinen Spaltleckagen möglich ist.

[0009] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die kennzeichnenden Maßnahmen der Patentansprüche gelöst.

[0010] Dadurch, dass die Wellen aus einem Werkstoff mit einem möglichst hohen Elastizitätsmodul (z. B. Stahl) bestehen und dass Mittel zur Sicherung einer spielfreien Befestigung der Rotoren auf den Wellen bei allen Betriebstemperaturen der Pumpe vorgesehen sind, ist eine präzise Führung der Wellen und damit der Rotoren sicher gestellt. Die Spalte zwischen den Rotoren selbst und ihren Gehäusewandungen können klein gehalten werden. Darüber hinaus erlaubt der im Vergleich zum Wellenwerkstoff leichte Rotorwerkstoff das Betreiben der Pumpen mit hohen Drehzahlen.

[0011] Zusätzlich können weitere Mittel zur Sicherung der spielfreien Befestigung der Rotoren auf ihren Wellen vorgesehen sein. Bei größeren Differenzen der Ausdehnungskoeffizienten der beteiligten Werkstoffe können die Rotoren und die Wellen so ausgebildet sein, dass die Spielfreiheit zusätzlich durch Warmzentrierung, Kaltzentrierung und/oder Reibzentrierung sichergestellt ist. Auch Bandagen, die die größere Ausdehnung des auf der Stahlwelle befestigten Aluminiumrotors verhindern,

sind möglich. Schließlich kann unterstützt oder allein - eine Kühlung vorhanden sein, die Temperaturschwankungen der Fügestellen begrenzt oder verhindert.

[0012] Um zu erreichen, dass der Schwerpunkt der jeweils aus einem Rotor und einer Welle bestehenden Systeme zur Erzielung hoher Drehzahlen möglichst nahe beim rotorseitigen Lager liegt, können verschiedene Maßnahmen zweckmäßig sein:

- Hohlbohrung im Rotor, in welche die Stahlwelle nur teilweise eingreift; falls es zur Führung einer Kühlflüssigkeit nötig ist, können dazu Bauteile mit geringen Dichten (z.B. Kunststoffe) in der Bohrung untergebracht sein.

- Kurze Rotoren; dieses wird bei Schraubenpumpen in an sich bekannter Weise durch geeignete Steigungsänderung und/oder durch tief eingeschnittene Rotorprofile erreicht.

- Unterbringung des rotorseitigen Wellenlagers in einer lagerseitigen Aussparung im Rotor.

- O-Anordnung der beiden Wellenlager und/oder Loslager an der Rotorseite und Festlager an der dem Rotor abgewandten Seite der Welle.

[0013] Weitere Vorteile und Einzelheiten sollen an Hand von in den Figuren 1 bis 5 schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen erläutert werden. Es zeigen:

[0014] In den Figuren sind die Rotoren mit 1 (bzw. 1 und 2 in Figur 2) und deren Wellen mit 3 (bzw. 3, 4) bezeichnet. Die Rotoren sind fliegend gelagert und mit axialen Hohlbohrungen ausgerüstet, in die hinein sich die freien Enden der Wellen 3, 4 erstrecken. Auf diesen Wellenenden sind die Rotoren 1, 2 jeweils spielfrei befestigt.

[0015] Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 1 weist der Rotor 1 zwei stirnseitige Hohlbohrungen 5 und 6 auf, die etwa in der Mitte des Rotors 1 über eine engere Bohrung 7 miteinander verbunden sind. Im zusammengebauten Zustand ist die saugseitige Öffnung der Hohlbohrung 6 mit einer Scheibe 8 dicht verschlossen, die z. B. - wie dargestellt - in die Öffnung der Hohlbohrung mit Hilfe eines Gewindes 9 eingeschraubt ist.

[0016] In der lagerseitigen Hohlbohrung 5 endet bereits die Welle 1, die stirnseitig mit einem axial gerichteten Kragen 11 ausgerüstet ist. Im Bereich der engeren, die Hohlbohrungen 5 und 6 miteinander verbindenden Bohrung 7 ist der ringförmige, sich nach innen erstreckende Vorsprung 12 mit einem axial gerichteten Kragen 13 ausgerüstet, dessen Richtung und Durchmesser so gewählt sind, dass er dem Kragen 11 der Welle 1 von innen anliegt. Besteht die Welle 3 aus Stahl und der Rotor 1 aus Aluminium mit einem im Vergleich zu Stahl größeren Ausdehnungskoeffizienten und liegen die Kragen 11, 13 bei Umgebungstemperatur einander spielfrei an, ergibt sich eine Innenzentrierung, die auch bei höheren Temperaturen spielfrei bleibt.

[0017] Zur Verbindung von Rotor 1 und Welle 3 sind axiale Bolzen 14 vorgesehen, die von der Hohlbohrung 6 her zugänglich sind. Sie durchsetzen den Vorsprung 12 des Rotors 1 und sind in den Kragen 11 der Welle eingeschraubt. Zweckmäßig ist den Bolzenköpfen ein Ring 15 zugeordnet, der aus dem Wellenwerkstoff besteht. Dadurch ergibt sich neben der Warmzentrierung noch eine Reibzentrierung.

[0018] Im übrigen sind Welle 3 und Rotor 1 zur Reduzierung der Temperaturprobleme mit einem Kühlkanalsystem ausgerüstet. Dazu weist die Welle 3 eine zentrale Bohrung 16 auf. In dieser Bohrung 16 befindet sich ein Rohrabschnitt 17, der sich bis in die Hohlbohrung 6 hinein erstreckt und der Zuführung eines Kühlmittels dient. In der Hohlbohrung 6 bilden hohle (dünnwandige) und/oder leichte, auf dem Rohrabschnitt 17 befestigte Einbauten 18 einen äußeren Ringkanal 19, der u.a. über die Bohrung 7 mit einem äußeren Ringkanal 21 in der Hohlbohrung 5, gebildet von der Welle 3 und der Innenwandung der Hohlbohrung 5, verbunden ist. Über diese Ringkanäle 19, 21 und danach über den in der Welle befindlichen Ringkanal 23, gebildet vom Rohrabschnitt 17 und der Innenwandung der Bohrung 16, strömt das Kühlmittel zurück. Eine umgekehrte Strömungsrichtung des Kühlmittels kann ebenfalls sinnvoll sein.

[0019] In Figur 2 sind die Rotoren 1, 2 lagerseitig mit Kragen 25, 26 ausgerüstet, die die Wellen 3, 4 von außen umfassen. Hat der Rotorwerkstoff einen größeren Ausdehnungskoeffizienten als die Wellen, kann es bei einer Außenzentrierung dieser Art zu Spielen zwischen Rotoren und Welle kommen, wenn die Temperaturen ansteigen. Um das zu vermeiden, sind Ringe 27, 28 vorgesehen, die ihrerseits die Kragen 25, 26 umfassen. Hat der Werkstoff der Ringe 27, 28 einen Ausdehnungskoeffizienten, der gleich oder sogar kleiner als der Ausdehnungskoeffizient des Wellenwerkstoffes ist, verhindern die Ringe 27, 28 bei ansteigenden Temperaturen eine Ausdehnung der Kragen 25, 26 und damit die unerwünschten Spiele.

[0020] Ein dem Kühlsystem nach Figur 1 entsprechendes Kühlsystem ist vorgesehen. Die Ringkanäle 21, 22 erstrecken sich bis in den Bereich der Kragen 25, 26. Sie reduzieren die maximal auftretenden Betriebstemperaturen und beseitigen damit ebenfalls die Gefahr von Spielen.

[0021] Von außen sind die Ringe 27, 28 mit ringförmigen Nuten ausgerüstet, in denen sich nicht dargestellte Kolbenringe befinden. Sie bilden gemeinsam mit gehäusefesten Ringen 29, 30 Labyrinthdichtungen 31, 32, die die Aufgabe haben, das Eindringen von Schmiermitteldämpfen von den Lagern 33, 34 in die Förderräume 35, 36 der Schraubenpumpe zu verhindern.

[0022] Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 3 ist eine Reibzentrierung realisiert. Dazu dient eine Scheibe 38, die zunächst die Aufgabe hat, die saugseitige Öffnung der Hohlbohrung 5 zu verschließen. Die Scheibe 38 ist über Bolzen sowohl mit der Welle 3 (Bolzen 39) als auch

mit dem Rotor (mehrere Bolzen 41) fest verbunden. Hat das Rotormaterial einen größeren Ausdehnungskoeffizienten als die Welle 3 und besteht die Scheibe 38 beispielsweise aus dem Wellenwerkstoff, dann verhindert die feste Bolzenverbindung bei ansteigenden Temperaturen die Entstehung eines Spiels.

[0023] Wie in Figur 3 dargestellt, kann die Scheibe 38 mit einem axial gerichteten Kragen 43 ausgerüstet sein, der in die Hohlbohrung 5 eingreift. Dadurch kann gleichzeitig eine Warmzentrierung erreicht werden. Dazu ist es erforderlich, dass Rotor 1, Welle 3 und Scheibe 38 im warmen Zustand spielfrei montiert werden. Wegen der erwähnten Verhältnisse der Ausdehnungskoeffizienten bleibt diese Befestigung bei abnehmenden Temperaturen spielfrei. Dieses gilt auch für eine Rotor-/Welle-Befestigung ohne Scheibe 38.

[0024] Die Befestigung des Rotors auf der Welle kann auch mittels einer Presssitzverbindung erfolgen. Bestehen der Rotor aus Aluminium und die Welle aus Stahl, dann ist es dabei zweckmäßig, dass die Umgebungstemperatur, bei welcher diese Presssitzverbindung hergestellt wird, etwa der maximalen Temperatur der Rotoren (1, 2) entspricht, die beim Betrieb der Zweiwellenvakuumpumpe auftritt.

[0025] Eine Verbindung dieser Art ist bei allen während des Betriebs der Zweiwellenvakuumpumpe auftretenden Betriebstemperaturen spielfrei.

[0026] In Figur 3 ist noch dargestellt, dass Kragen 43 und Stirnseite der Welle 3 einander aufliegen, vorzugsweise innerhalb einer äußeren Aussparung 44 in der Welle 3. Zwischen den einander zugewandten Auflageflächen von Kragen 43 und Welle 3 befindet sich ein Passring 45. Durch Einlegen von Passringen 45 mit verschiedenen Dicken - oder auch durch Kragen 43 mit verschiedenen Höhen - kann die axiale Position des Rotors 1 zur Welle 3 bestimmt werden. Dadurch besteht die Möglichkeit, das Flanke-Flanke-Spiel des Rotors 1 zum zweiten, nicht dargestellten Rotor einzustellen. Die Scheibe 38 kann gleichzeitig zum Wuchtausgleich und/oder zur Drehmomentenübertragung (z.B. als Zahnscheibe) dienen.

[0027] Figur 3 zeigt schließlich die Möglichkeit, das rotorseitige Lager 33 in einer lagerseitigen Aussparung 47 im Rotor 3 anzuordnen. In die Aussparung 47 greift ein sich axial erstreckender Lagerträger 48 ein. Das Kühlkanalsystem (Bohrung 16 in der Welle 3, Rohrabschnitt 17) erstreckt sich bis zum Lager 33, um die Lagertemperaturen niedrig zu halten.

[0028] Um die gewünschten hohen Drehzahlen sicher zu erreichen, ist es zweckmäßig, wenn die beiden Wellenlager 33, 51 eine O-Anordnung aufweisen, wie sie in Figur 4 dargestellt ist. Bei Lagern dieser Art wandert der Kraftangriffspunkt durch den Druckwinkel in Richtung Rotorschwerpunkt. Unter diesem Gesichtspunkt ist auch ein Loslager 33 an der Rotorseite und ein Festlager 51 an der dem Rotor abgewandten Seite der Welle 3 zweckmäßig. Figur 5 zeigt diese Anordnung. Der Kraftangriffspunkt liegt in der Lagermitte.

Patentansprüche

1. Zweiwellenvakuumpumpe, insbesondere Schraubenvakuumpumpe, mit zwei Wellen (3, 4) und zwei auf den Wellen befestigten zusammen wirkenden Rotoren (1, 2),
   jeder der Rotoren (1, 2) weist eine Hohlbohrung (5) auf,
   jede der Hohlbohrungen (5) ist zumindest zum Teil von der zugehörigen Welle (3, 4) durchsetzt,
   die Rotoren (1, 2) sind auf ihrer Druckseite mittels der Wellen (3, 4) fliegend gelagert,
   gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

   die Wellen (3, 4) bestehen aus Stahl,
   die Rotoren (1, 2) bestehen aus Aluminium, zum Zwecke einer spielfreien Befestigung der Rotoren (1, 2) auf den Wellen (3, 4) ist eine Presssitzverbindung vorgesehen,
   die Presssitzverbindung ist **durch** Temperaturanwendung hergestellt, wobei die Umgebungstemperatur derart gewählt ist, dass sie etwa der maximalen Temperatur der Rotoren (1, 2) entspricht, die beim Betrieb der Pumpe auftritt, so das die Rotor-/Welle-Verbindung bei allen Betriebstemperaturen der Rotoren spielfrei ist.

2. Pumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzlich Mittel zur Warmzentrierung vorgesehen sind, die aus axial sich erstreckenden Kragenabschnitten (13) am Rotor (1, 2) bzw. (11) an der Welle (3, 4) bestehen und derart ineinander greifen, dass der Kragenabschnitt (13) des Rotors (1, 2) innen liegt.

3. Pumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzlich Mittel zur Reibzentrierung vorgesehen sind, aus axial gerichteten Bolzen (14, 39, 41) bestehen, mit denen Rotor (1, 2) und Welle-(3, 4) miteinander verbunden sind.

4. Pumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rotor (1, 2) hohl gebohrt ist und dass eine auf der Saugseite des Rotors angeordnete Scheibe (38) vorgesehen ist.

5. Pumpe nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Scheibe (38) mit einem in die Hohlbohrung (5) des Rotors (1, 2) eingreifenden Kragen (43) ausgerüstet ist, der eine Kaltzentrierung bewirkt.

6. Pumpe nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** Kragen (43) und Welle (3) einander aufliegen, und zwar über einen Passring (45).

7. Pumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**-der Rotor (1, 2) mit einem Kragen (25, 26)

ausgerüstet ist, der die Welle (3, 4) umfasst, und dass eine Bandage (27, 28) vorgesehen ist, die ihrerseits den Kragen (25, 26) umfasst.

8. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich in Höhe der Passstellen zwischen weile (3, 4) und Rotor (1, 2) eine Kühlung befindet.

9. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Welle (3, 4) den Hohlraum nur teilweise durchsetzt.

10. Pumpe nach den Ansprüchen 8 und 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich im von der Welle (3, 4) nicht besetzten Hohlraum leichte Bauteile (18) befinden, die eine Kühlmittelströmung führen.

11. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rotoren (1, 2) in axialer Richtung möglichst kurz sind und dass das Gewinde eine von der Saugseite zur Druckseite abnehmende Steigung hat.

12. Pumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich das rotorseitige Lager (33) in einer Aussparung (47) im Rotor (1, 2) befindet.

13. Verfahren zur Herstellung einer Einheit, bestehend aus einem Rotor (1, 2) und einer Welle (3, 4), für eine Zweiwellenvakuumpumpe, insbesondere Schraubenvakuumpumpe, mit zwei Wellen (3, 4) und zwei auf den Wellen befestigten zusammen wirkenden Rotoren (1, 2) mit den folgenden Merkmalen:

- jeder der Rotoren (1, 2) weist eine Hohlbohrung (5) auf,
- jede der Hohlbohrungen (5) ist zumindest zum Teil von der zugehörigen Welle (3, 4) durchsetzt,
- die Rotoren (1, 2) sind auf ihrer Druckseite mittels der Wellen (3, 4) fliegend gelagert, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Zwecke einer spielfreien Befestigung der Rotoren (1, 2) auf den Wellen (3, 4) als Rotorwerkstoff Aluminium und als Wellenwerkstoff Stahl verwendet wird, dass zwischen Rotor (1, 2) und Welle (3, 4) eine Presssitzverbindung durch Temperaturanwendung hergestellt wird und dass die Umgebungstemperatur, bei welcher diese Presssitzverbindung hergestellt wird, etwa der maximalen Temperatur der Rotoren (1, 2) entspricht, die beim Betrieb der Schraubenvakuumpumpe auftritt.

Claims

1. Two-shaft vacuum pump, in particular a screw-type vacuum pump, comprising two shafts (3, 4) and two interacting rotors (1, 2) fastened on the shafts,
each of the rotors (1, 2) has a hollow bore (5), each of the hollow bores (5) is at least partially penetrated by the associated shaft (3, 4), the rotors (1, 2) are over-mounted at their discharge end by means of the shafts (3, 4),
characterized by the following features:

the shafts (3, 4) are made of steel,
the rotors (1, 2) are made of aluminium, for the purpose of a backlash-free fastening of the rotors (1, 2) on the shafts (3, 4) an interference fit connection is provided,
the interference fit connection is produced by temperature application, wherein the ambient temperature is selected in such a way that it corresponds approximately to the maximum temperature of the rotors (1, 2) that arises during operation of the pump, so that the rotor/shaft connection is free of backlash at all operating temperatures of the rotors.

2. Pump according to claim 1, **characterized in that** hot-centring means are additionally provided, which comprise axially extending collar portions (13) on the rotor (1, 2) and/or (11) on the shaft (3, 4) and engage in such a way into one another that the collar portion (13) of the rotor (1, 2) is inside.

3. Pump according to claim 1, **characterized in that** friction-centring means are additionally provided and comprise axially oriented bolts (14, 39, 41), by means of which rotor (1, 2) and shaft (3, 4) are connected to one another.

4. Pump according to claim 1, **characterized in that** the rotor (1, 2) has a hollow bore and that a disk (38) disposed at the suction side of the rotor is provided.

5. Pump according to claim 4, **characterized in that** the disk (38) is equipped with a collar (43), which engages into the hollow bore (5) of the rotor (1, 2) and effects cold centring.

6. Pump according to claim 5, **characterized in that** collar (43) and shaft (3) are supported one on the other, namely via an adjusting ring (45).

7. Pump according to claim 1, **characterized in that** the rotor (1, 2) is equipped with a collar (25, 26) that encompasses the shaft (3, 4), and that a banding (27, 28) is provided, which in turn encompasses the collar (25, 26).

8. Pump according to one of the preceding claims, **characterized in that** a cooling device is situated at the level of the fitting points between shaft (3, 4)

and rotor (1, 2).

9. Pump according to one of the preceding claims, **characterized in that** the shaft (3, 4) only partially penetrates the hollow space.

10. Pump according to claims 8 and 9, **characterized in that** in the hollow space not occupied by the shaft (3, 4) lightweight components (18) carrying a coolant flow are situated.

11. Pump according to one of the preceding claims, **characterized in that** the rotors (1, 2) are as short as possible in axial direction and that the thread has a pitch that decreases from the suction side to the discharge end.

12. Pump according to one of the preceding claims, **characterized in that** the rotor-side bearing (33) is situated in a recess (47) in the rotor (1, 2).

13. Method of manufacturing a unit, comprising a rotor (1, 2) and a shaft (3, 4), for a two-shaft vacuum pump, in particular a screw-type vacuum pump, comprising two shafts (3, 4) and two interacting rotors (1, 2) fastened on the shafts, having the following features:

- each of the rotors (1, 2) has a hollow bore (5),
- each of the hollow bores (5) is at least partially penetrated by the associated shaft (3, 4),
- the rotors (1, 2) are over-mounted at their discharge end by means of the shafts (3, 4), **characterized in that** for the purpose of a backlash-free fastening of the rotors (1, 2) on the shafts (3, 4) aluminium is used as rotor material and steel as shaft material, that between rotor (1, 2) and shaft (3, 4) an interference fit connection is produced by temperature application and that the ambient temperature, at which said interference fit connection is produced, corresponds approximately to the maximum temperature of the rotors (1, 2) that arises during operation of the screw-type vacuum pump.

Revendications

1. Pompe à vide à deux arbres, en particulier pompe à vide à vis, comportant deux arbres (3, 4) et deux rotors (1, 2) fixés sur les arbres et agissant de concert,

- chacun des arbres (1, 2) comportant un évidement (5) ;
- chacun des évidements (5) étant traversé, au moins partiellement, par l'arbre correspondant (3, 4) ;
- les rotors (1, 2) étant, sur leur côté refoulement, disposés en porte-à-faux au moyen des arbres (3, 4) ;

caractérisée par les caractéristiques suivantes :

- les arbres (3, 4) sont en acier ;
- les rotors (1, 2) sont en aluminium ;
- un raccord à ajustement serré est prévu en vue d'une fixation sans jeu des rotors (1, 2) sur les arbres (3, 4) ;
- le raccord à ajustement serré est réalisé par application de température, la température ambiante étant choisie de telle façon qu'elle correspond à peu près à la température maximale des rotors (1, 2) qui apparaît lors du fonctionnement de la pompe, de sorte que le raccord entre rotor et arbre est sans jeu à toutes les températures de fonctionnement des rotors.

2. Pompe selon la revendication 1, **caractérisée en ce que**, additionnellement, sont prévus des moyens de centrage à chaud constitués de segments de collet s'étendant axialement (13) sur le rotor (1, 2) ou (11) sur l'arbre (3, 4) et qui s'engrènent entre eux de telle façon que le segment de collet (13) du rotor (1, 2) se situe à l'intérieur.

3. Pompe selon la revendication 1, **caractérisée en ce que**, additionnellement, sont prévus des moyens de centrage à friction constitués de boulons dirigés axialement (14, 39, 41) par lesquels le rotor (1, 2) et l'arbre (3, 4) sont reliés entre eux.

4. Pompe selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le rotor (1, 2) est évidé et un disque (38) disposé sur le côté aspiration du rotor est prévu.

5. Pompe selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** le disque (38) est équipé d'un collet (43) s'engrenant dans l'évidement (5) du rotor (1,2) et qui entraîne un centrage à froid.

6. Pompe selon la revendication 5, **caractérisée en ce que** le collet (43) et l'arbre (3) s'appuient l'un sur l'autre par l'intermédiaire d'une bague d'ajustage (45).

7. Pompe selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le rotor (1, 2) est équipé d'un collet (25, 26) qui entoure l'arbre (3, 4), et **en ce qu'**un bandage (27, 28) est prévu, qui de son côté entoure le collet (25, 26).

8. Pompe selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que**, à la hauteur des emplacements d'ajustement entre l'arbre (3, 4) et le rotor (1, 2), se trouve un refroidissement.

9. Pompe selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** l'arbre (3, 4) ne traverse que partiellement l'espace creux.

10. Pompe selon les revendications 8 et 9, **caractérisée en ce que** dans l'espace creux non occupé par l'arbre (3, 4) se trouvent des éléments de construction légers (18) qui conduisent un courant de réfrigérant.

11. Pompe selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les rotors (1,2) sont aussi courts que possible suivant la direction axiale, et que le filetage présente un pas de vis qui va en diminuant depuis le côté aspiration vers le côté refoulement.

12. Pompe selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le palier (33) situé du côté du rotor se trouve dans une échancrure (47) à l'intérieur du rotor (1, 2).

13. Procédé pour réaliser une unité, constituée d'un rotor (1, 2) et d'un arbre (3, 4) pour une pompe à vide à deux arbres, et en particulier une pompe à vide à vis, comportant deux arbres (3, 4) et deux rotors (1, 2) fixés sur les arbres et agissant de concert, qui présente les caractéristiques suivantes :

- chacun des rotors (1, 2) comporte un évidement (5) ;
- chacun des évidements (5) est traversé, au moins partiellement, par l'arbre correspondant (3, 4) ;
- les rotors (1, 2) sont, sur leur côté refoulement, disposés en porte-à-faux au moyen des arbres (3, 4),

caractérisé en ce que, en vue d'une fixation sans jeu des rotors (1, 2) sur les arbres (3, 4), on utilise l'aluminium comme matériau des rotors et l'acier comme matériau des arbres ; entre le rotor (1, 2) et l'arbre (3,4), un raccord à ajustement serré est réalisé par application de température ; et la température ambiante, à laquelle est réalisé le raccord à ajustement serré, correspond à peu près à la température maximale des rotors (1,2) qui apparaît lors du fonctionnement de la pompe à vide à vis.

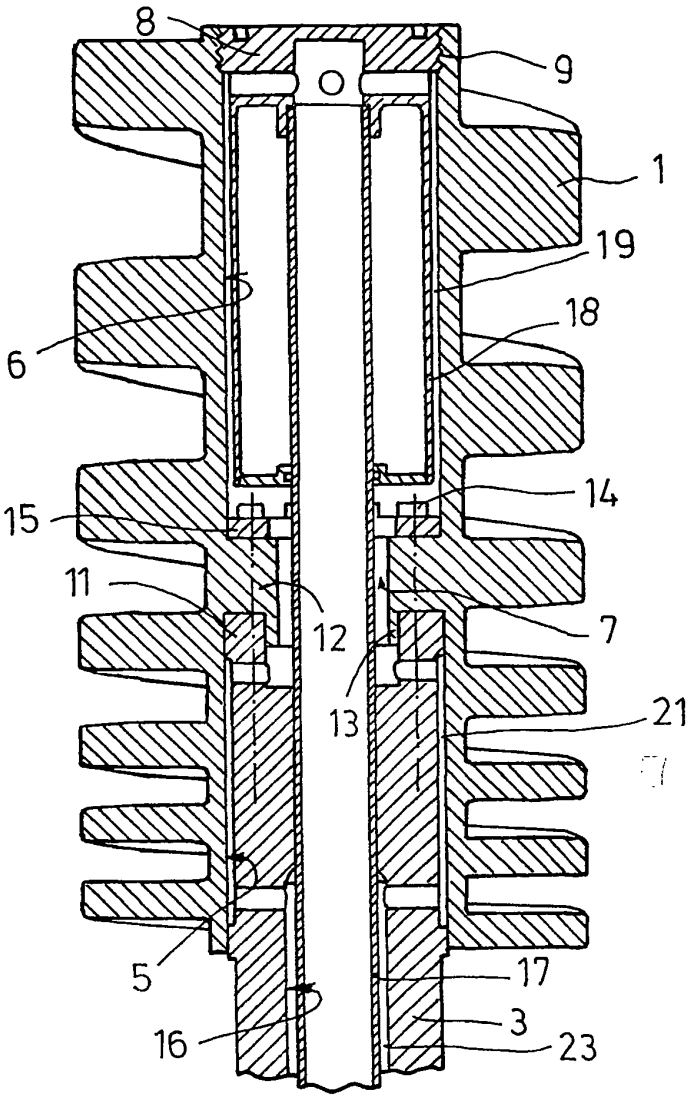
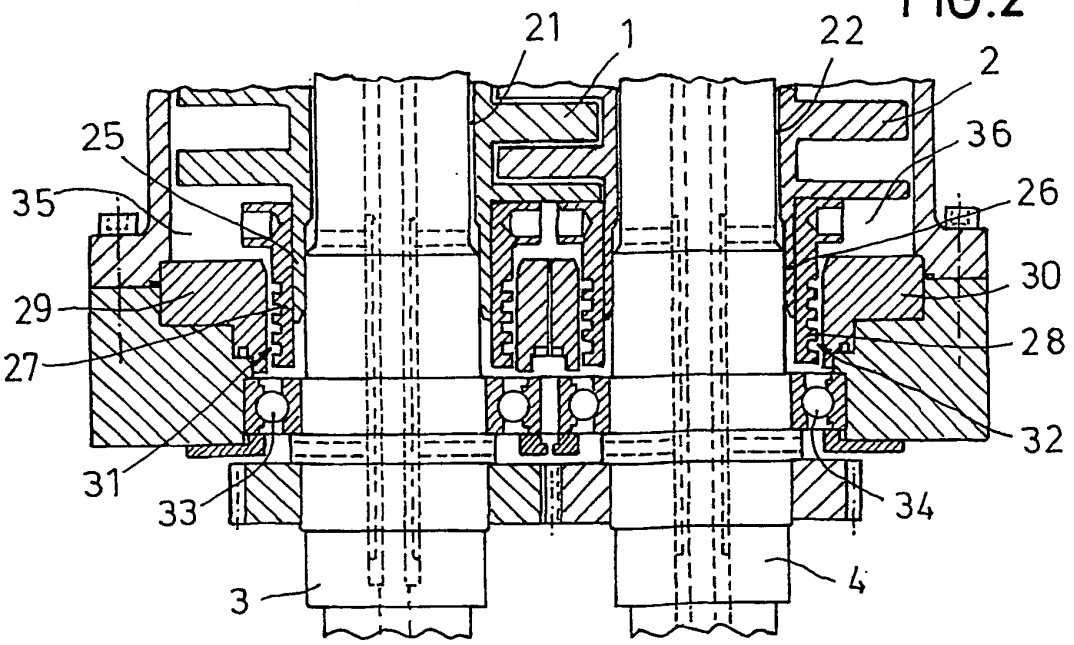

8
9
1
19
18
6
14
15
11
12
7
13
21
5
17
3
16
23

FIG.1

FIG.2


21
1
22
2
25
36
35
26
30
29
28
27
32
31
33
34
3
4

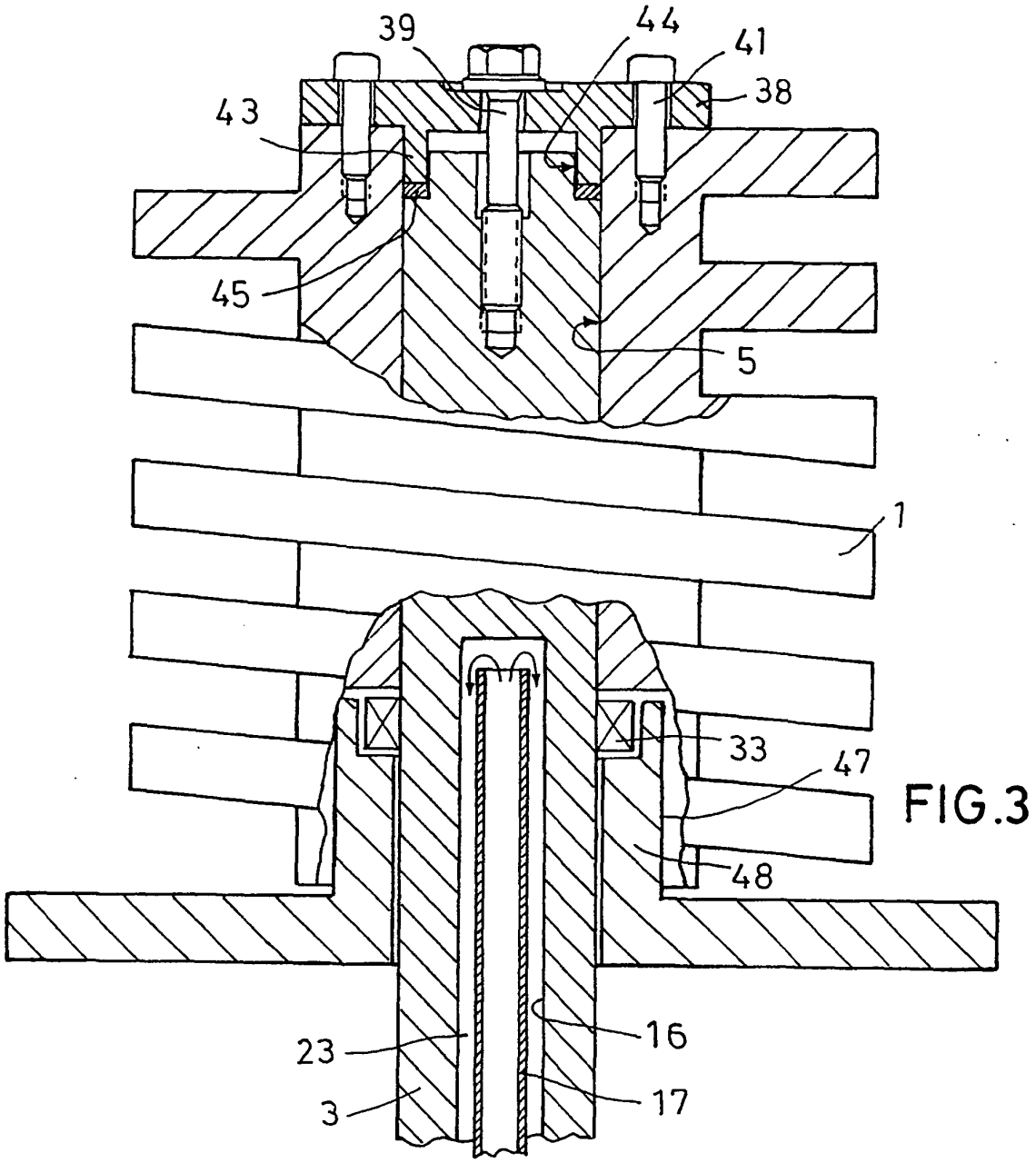


FIG.3

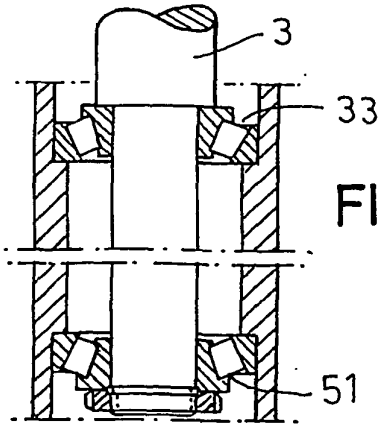


FIG.4

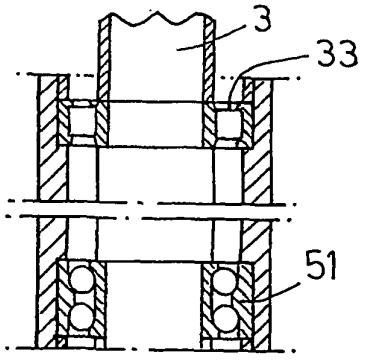


FIG.5

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 480629 A1 **[0004]**
- JP 8261183 A **[0005]**
- DE 19839501 A1 **[0006]**
- US 5295788 A **[0007]**