

(19)



(11)

EP 1 918 585 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
17.02.2016 Patentblatt 2016/07

(51) Int Cl.:
F04B 7/04 (2006.01) **F04B 25/00** (2006.01)
F04B 37/14 (2006.01) **F04B 49/20** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07019879.1**

(22) Anmeldetag: **11.10.2007**

(54) **Vakuumpumpe**

Vacuum pump

Pompe à vide

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

(30) Priorität: **28.10.2006 DE 102006050943**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.05.2008 Patentblatt 2008/19

(73) Patentinhaber: **PFEIFFER VACUUM GMBH
35614 Asslar (DE)**

(72) Erfinder:
• **Cromm, Thomas
35781 Weilburg (DE)**

• **Kallenborn, Stefan
35578 Wetzlar (DE)**

(74) Vertreter: **Knefel, Cordula
Patentanwälte Knefel & Knefel
Postfach 19 24
35529 Wetzlar (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**WO-A-03/098045 DE-A1- 3 711 143
DE-A1- 10 354 205 DE-C1- 19 816 241
JP-A- 61 123 777**

EP 1 918 585 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 Vakuumpumpe mit wenigstens zwei Pumpstufen, einem Motor, einer Motoransteuerung und einer Antriebskraftübertragungseinheit.

[0002] In der Vakuumtechnik werden mit dem Begriff Vorpumpen meist gegen Atmosphäre ausstoßende Vakuumpumpen bezeichnet. Diese Bezeichnung geht darauf zurück, dass sie oftmals in Kombination mit solchen Vakuumpumpen verwendet werden, die ein Hochvakuum erzeugen können, dabei aber nicht bis zum Atmosphärendruck verdichten. Ein Beispiel für solch eine Hochvakuumpumpe ist die Turbomolekularpumpe. Beispiele für Vorpumpen sind Drehschieberpumpen, Kolbenpumpen und Membranpumpen. Sehr oft sind die Vorpumpen mehrstufig ausgeführt, da die mit ihnen kombinierten Hochvakuum pumpen nur einen Druck von wenigen Millibar an ihrem Gasauslass erzeugen und daher ein weiter Druckbereich überbrückt werden muss.

[0003] Sowohl in der Anwendung als Vorpumpe als auch bei der eigenständigen Erzeugung eines Endvakuums in einem Rezipienten muss die Vorpumpe zunächst große Gasmengen verdichten. Für die gängigen Bauformen wie Membranpumpe und Kolbenpumpe bedeutet das, dass sie einen entsprechend groß dimensionierten Schöpfraum aufweisen muss. Die pro Zeiteinheit verdichtbare Gasmenge ist bei diesen Beispielen vom maximalen Schöpfraumvolumen und der Frequenz abhängig, mit der der Schöpfraum von seiner maximalen auf die minimale Größe verändert wird. Fällt wenig Gas an, ist die Vorpumpe in Hinsicht auf Schöpfraumvolumen und Drehzahl überdimensioniert. Von diesen Werten ist allerdings auch die Leistungsaufnahme der Vorpumpe abhängig und es ist wünschenswert, diese zu minimieren.

[0004] Um dieses Problem zu lösen, schlägt der Stand der Technik vor, die Drehzahl abzusenken. Beispielsweise lehrt die DE-OS 103 54 205, die Drehzahl einer Kolbenpumpe abhängig vom Eingangsdruck zu reduzieren.

[0005] Nachteilig an dieser Art Drehzahlstellung ist, dass zusätzlich zur der Vorpumpe selbst weitere Bauelemente wie Messröhre, Steuerelektronik, u.s.w. vorgesehen werden müssen, um den Eingangsdruck zu erfassen. Der Anwender steht vor dem Problem, dass er oft nur von einem Hersteller stammende und aufeinander abgestimmte Bauelemente miteinander kombinieren kann. Außerdem wird der ganze Aufbau dadurch raumgreifend.

[0006] Die WO 03/098045 A1 stellt eine Vakuumpumpe mit wenigstens zwei Pumpstufen, einem Motor, einer Motoransteuerung und einer Antriebskraftübertragungseinheit vor, wobei zwischen den Pumpstufen ein gasdruckempfindlicher Signalgeber angeordnet ist, welcher mit einer Auswerteeinheit in elektrischer Verbindung steht und wobei die Auswerteeinheit ihrerseits mit der Motoransteuerung in Verbindung steht, so dass eine Drehzahlstellung in Abhängigkeit vom durch den Signal-

geber gegebenen Signal möglich ist.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine kompakte Vakuumpumpe vorzustellen, die eine technisch einfache Lösung zur Minimierung der Leistungsaufnahme besitzt.

[0008] Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des ersten Patentanspruchs. Die abhängigen Ansprüche stellen vorteilhafte Weiterbildung dar.

[0009] Durch die Anordnung eines gasdruckempfindlichen Signalgebers zwischen den Pumpstufen der Vakuumpumpe wird ein integrierter, kompakter Aufbau erreicht. In den Bereich zwischen den Pumpstufen sind die Pumpstufen selbst mit eingeschlossen. Der Anwender muss keine zusätzlichen Bauteile installieren und kann in seinem Pumpstand Vakuumpumpen verschiedener Hersteller kombinieren. Ein noch kompakterer Aufbau wird erreicht, wenn Auswerteeinheit und Motorsteuerung Bestandteile einer gemeinsamen Einheit sind. Gerade bei trockenlaufenden Vakuumpumpen, d.h. solchen, in denen kein Arbeitsmittel im Schöpfraum schmiert und/oder abdichtet, ist auch der Verschleiss stark von der Drehzahl abhängig, so dass hier eine Drehzahlstellung von großem Vorteil ist. Vertieft werden die Vorteile bei jedem Typ Vakuumpumpe, insbesondere Vorpumpe, indem der Signalgeber am Gaseinlass der gegen Atmosphäre verdichtenden Pumpstufe angeordnet ist. Der Druck ist hier in einem mittleren Bereich zwischen End- und Atmosphärendruck, in dem Druckmessköpfe und Druckschalter technisch einfach und daher preiswert gestaltet sind. Vorteilhaft lässt sich die Erfindung bei solchen Vakuumpumpen anwenden, bei denen wenigstens eine Pumpstufe berührend gedichtet ist. Bei diesen Vakuumpumpen sind Rückströmungen durch Spalte zwischen Rotor und Stator, Kolben und Zylinder, Membran und Gehäuse, usw. besonders gering, so dass das theoretische Saugvermögen bei allen Drehzahlen praktisch fast exakt erreicht wird. Weiterhin kommt die Erfindung vorteilhaft zum Einsatz in Vakuumpumpen, bei denen eine der Pumpstufen als Kolbenvakuumpumpe ausgebildet ist, da diese verschleißanfällige Dichtungen am Kolben aufweisen. Hierbei können die weiteren Pumpstufen als Kolben- oder Membranpumpstufen ausgebildet sein. Vorteilhaft ordnet man den Signalgeber in jenem oder in Gasverbindung zu jenem Ringraum an, der den Zylinder wenigstens teilweise in Höhe der Gaseinlassbohrung umgibt. Dieser Raum ist konstruktiv leicht zugänglich, so dass die Herstellung einfach ist und sich Pumpen sogar nachträglich umrüsten lassen.

[0010] Das erfindungsgemäße Verfahren sorgt dafür, dass die Vakuumpumpe selbsttätig in einem sie schützenden, leistungsschonenden und energiesparenden Betrieb läuft. Ein weiterer Vorteil ist, dass sich eine Absenkung der Drehzahl vorteilhaft auf die Geräusch- und Vibrationsentwicklung auswirkt. Es sind keine Maßnahmen bei oder nach der Installation der Vakuumpumpe zu treffen, die Drehzahlstellung erfolgt in der Vakuumpumpe selbst. Die Drehzahlstellung kann dabei gleitend

erfolgen, d.h. die Drehzahl wird in Abhängigkeit vom Gasdruck kontinuierlich verändert. Darüber hinaus kann es durch Vorsehen einer geeigneten Rückkopplungsschleife auch eine echte Regelung sein. Für die Rückkopplungsschleife kann ein Drehzahlsensor beispielsweise im Motor, in der Antriebskraftübertragungseinheit oder in einer der Pumpstufen vorgesehen sein, der die wirkliche Drehzahl an die Motoransteuerung zurückkopiert. Im einfacheren Fall wird der gasdruckempfindliche Signalgeber verwendet, um den Druckwert rückzukopieren. Dabei ist dann an geeigneter Stelle eine Möglichkeit vorzusehen, einen Druckwert vorzugeben. Dies kann beispielsweise durch geeignete Gestaltung der Motoransteuerung geschehen. Eine Regelung erlaubt eine optimale Ausnutzung der Drehzahlstellung. Die Drehzahlstellung kann auch eine Umschaltung sein. Der Vorteil von dieser Variante ist, dass ein technisch einfacher und damit günstiger Druckschalter als Signalgeber verwendet werden kann. Wenn nur eine Umschaltung zwischen zwei Drehzahlen erfolgt, kann eine kostengünstige und einfache Steuerelektronik für den Motor eingesetzt werden. Die vorteilhaften Weiterbildungen der Vakuumpumpe lassen sich mit dem Verfahren und seinen Weiterbildungen betreiben.

[0011] Anhand eines Ausführungsbeispiels soll die Erfindung näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1: Schema einer erfindungsgemäßen Vakuumpumpe.

Fig. 2: Schnitt durch die Vorvakuumpumpstufe einer erfindungsgemäßen Vakuumpumpe.

[0012] Die Figur 1 zeigt schematisch den Aufbau einer erfindungsgemäßen Vakuumpumpe 1. Die Vakuumpumpe weist eine erste Pumpstufe 2 auf, welche über einen Gaseinlass 4 mit beispielsweise einem Rezipienten oder einer Hochvakuumpumpe in Verbindung steht. Über eine Gasführung 5 ist der Auslass der ersten Pumpstufe mit dem Einlass einer zweiten Pumpstufe 3 verbunden. Diese stößt über einen Gasauslass 6 aus. Zwischen der Welle eines Motors 8 und den pumpaktiven Elementen der Vakuumpumpe sitzt eine Antriebskraftübertragungseinheit 7, welche dafür sorgt, dass die pumpaktiven Elemente der beiden Pumpstufen gleichzeitig angetrieben werden. Diese Antriebskraftübertragungseinheit kann beispielsweise eine Kurbeltrieb sein, an dem zwei Pleuel gelagert sind, die entweder Kolben oder Membranen antreiben. Je nach Pumpsystem kann es sich auch um ein Zahnradgetriebe mit oder ohne Übersetzung handeln. Der Motor wird von einer Motoransteuerung 9 angesteuert, wobei diese Motoransteuerung den Motor mit wenigstens zwei unterschiedlichen Drehzahlen ansteuern kann.

[0013] Mit der Motoransteuerung 9 steht über eine elektrische Verbindung eine Auswerteeinheit 12 in Verbindung. Diese wertet das Signal aus, welches von einem gasdruckempfindlichen Signalgeber 10 erzeugt und übermittelt wird. Diese Übermittlung erfolgt über die

Verbindung 11. Dieser Signalgeber kann ein Druckschalter oder ein Druckmesskopf sein. Er setzt den Gasdruck in der Gasführung 5 in ein elektrisches Signal um. Er kann dabei so ausgebildet sein, dass seine Funktion von der Gasart unabhängig ist, wodurch die Vorteile bei jeder Art von Gasgemisch erreicht werden. Dieses Signal kann die Motorsteuerung auswerten und in Abhängigkeit vom Auswerteergebnis die passende Drehzahl stellen. Wenn beispielsweise der Gasdruck niedrig ist, führt die Auswertung dazu, dass die Motordrehzahl auf einen niedrigen Wert abgesenkt wird. Das Signal des Signalgebers kann beispielsweise ein Spannungspegel sein. Es kann sich auch um ein digital aufbereitetes Signal handeln, wobei dann die Auswerteeinheit so eingerichtet ist, dass sie dieses digitale Signal auswerten kann.

[0014] Die zweite Figur zeigt eine Kolbenvakuum-pumpstufe 3, wie sie einer erfindungsgemäßen Pumpe verwendet werden kann. In einem Gehäuse 20 ist ein Zylinder 21 angeordnet, in welchem sich ein Kolben 22 hin und her bewegt und dadurch den Schöpfraum 29 periodisch vergrößert und verkleinert, wodurch die Pumpwirkung entsteht. Durch seine Bewegung öffnet er im oder nahe dem ersten von zwei Umkehrpunkten das Gasauslassventil 24, wodurch Gas über den im Gehäusedeckel vorgesehenen Auslassflansch 25 ausgestoßen werden kann. Auf dem Weg zum zweiten Umkehrpunkt gibt der Kolben die Gaseinlassbohrungen 27 frei, so dass Gas aus dem Ringraum 28 in den Schöpfraum 29 gelangt. Im zweiten Umkehrpunkt kehrt sich die Bewegungsrichtung um, der Kolben überfährt auf dem Weg zum ersten Umkehrpunkt erneut die Gaseinlassbohrungen und trennt so Gaseinlass und Schöpfraum voneinander. Der Ringraum umgibt den Zylinder wenigstens teilweise in Höhe der Gaseinlassbohrungen. Er ist über eine Gasführung mit einer im Gasstrom vorgelagerten Pumpstufe verbunden. In diesem Ringraum ist der Signalgeber 10 angeordnet. Er kann auch an einem Flansch angeschlossen sein, welcher über eine Bohrung im Gehäuse 20 mit dem Ringraum in Gasverbindung steht. Hierdurch wird die Umrüstung von Pumpen und der Austausch defekter gasdruckempfindlicher Signalgeber vereinfacht. Eine andere Möglichkeit besteht darin, den gasdruckempfindlichen Signalgeber in jenem Raum anzuordnen, indem sich der den Kolben antreibenden Kurbeltrieb befindet. Dieser muss dann eine Gasverbindung zum Ringraum 28 aufweisen. Alternativ ist es auch möglich, den Signalgeber in der Zylinderwand mit direkter Gasverbindung zum Schöpfraum und damit in der Pumpstufe anzuordnen. Zwischen Kolben und Zylinderinnenwand befindet sich eine berührende Dichtung 23 mit L-förmigen Querschnitt. Durch die Berührung mit der Zylinderinnenwand verschleißt diese Dichtung. Ebenfalls für Verschleiß anfällig sind sämtliche Lager, beispielsweise in der Antriebskraftübertragungseinheit. Der Verschleiß kann durch Absenken der Drehzahl deutlich verringert werden.

[0015] Die nach Abbildung 1 gestaltete und möglicherweise nach Abbildung 2 weitergebildete Vakuumpumpe

wird mit den im folgenden beschriebenen Verfahrensschritten betrieben. In einem ersten Schritt wird durch einen gasdruckempfindlichen Signalgeber ein vom Gasdruck zwischen den Pumpstufen 2 und 3 abhängiges Signal erzeugt. Dieser Schritt kann beispielsweise durch einen Membrandruckschalter verwirklicht werden, bei dem sich die Membran abhängig vom Gasdruck unterschiedlich stark durchbiegt und bei einem Grenzdruck einen elektrischen Kontakt schließt oder öffnet. Das Signal ist in diesem Fall ein Spannungspegel, der durch das Schließen oder Öffnen des Kontakts verändert wird.

[0016] In einem weiteren Schritt wird dieses Signal ausgewertet. Hierzu ist die Auswerteeinheit angepasst, den Spannungspegel zu verarbeiten. Denkbar ist, dass durch die Änderung des Spannungspegels die Schaltung eines Relais verändert wird. Ähnlich wirkende elektronische Schaltungen sind denkbar. Anstelle einer Umschaltung kann auch ein Vergleich mit einem vorgegeben Wert, beispielsweise einer Spannung, erfolgen und das Vergleichsergebnis dazu genutzt werden, die Drehzahl zu stellen.

[0017] Im weiteren Schritt wird nun in der Motorsteuerung die Drehzahl abhängig von dem Auswerteergebnis gestellt. Dies kann ein Umschalt- oder kontinuierlicher Vorgang sein, bei dem die Motorsteuerungselektronik abhängig von einem ihr übermittelten Spannungswert die von ihr erzeugte Drehzahl verändert.

[0018] Vorteilhaft für eine Vakuumpumpe ist es, das Verfahren so weiterzubilden, dass eine Absenkung der Drehzahl dann erfolgt, wenn das Signal des gasdruckempfindlichen Signalgebers zu einem Druck unterhalb des Atmosphärendrucks korrespondiert. Dieser Druck kann in einer nochmals die Vorteile vertiefenden Weiterbildung ein Druck nahe des Enddrucks der Vakuumpumpe sein. Die zu fördernden Gasmengen sind hier besonders gering, so dass die Drehzahl weit abgesenkt werden kann. Gerade für eine berührend gedichtete Vakuumpumpe, insbesondere eine Kolbenvakuumpumpe, ist der Effekt besonders hoch.

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe (1) mit wenigstens zwei Pumpstufen (2, 3), einem Motor (8), einer Motoransteuerung (9) und einer Antriebskraftübertragungseinheit (7), wobei zwischen den Pumpstufen ein gasdruckempfindlicher Signalgeber (10) angeordnet ist, welcher mit einer Auswerteeinheit (12) in elektrischer Verbindung (11) steht, wobei die Auswerteeinheit ihrerseits mit der Motoransteuerung in Verbindung steht, so dass eine Drehzahlstellung in Abhängigkeit vom durch den Signalgeber gegebenen Signal möglich ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vakuumpumpe (1) eine trockenlaufende Kolbenvakuumpumpe ist und der Signalgeber (10) in oder in Gasverbindung zu einem als Gaseinlass dienenden Ringraum (28) an-

geordnet ist, der einen Zylinder (21) wenigstens teilweise in Höhe einer Gaseinlassbohrung (27) umgibt.

2. Vakuumpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auswerteeinheit (12) in der Motorsteuerung (9) enthalten ist.
3. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Signalgeber (10) am Gaseinlass der zur Atmosphäre ausstoßenden Pumpstufe (3) angeordnet ist.
4. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vakuumpumpe (1) wenigstens eine berührend gedichtete Pumpstufe aufweist.

Claims

1. A vacuum pump (1) having at least two pump stages (2, 3), a motor (8), a motor control device (9) and a power transfer unit (7), wherein a signal transmitter (10) that is sensitive to gas pressure is arranged between the pump stages and is in electrical connection (11) with an evaluation unit (12), wherein the evaluation unit is for its part connected to the motor control circuit such that a speed setting is possible as a function of the signal transmitted by the signal transmitter, **characterised in that** the vacuum pump (1) is a dry-running piston vacuum pump, and the signal transmitter (10) is arranged inside or in gas connection with an annular chamber (28) that serves as a gas inlet and at least partially surrounds a cylinder (21) at the height of a gas inlet bore (27).
2. A vacuum pump according to Claim 1, **characterised in that** the evaluation unit (12) is contained within the motor control device (9).
3. A vacuum pump according to Claim 1 or 2, **characterised in that** the signal transmitter (10) is arranged at the gas inlet of the pump stage (3) that discharges to the atmosphere.
4. A vacuum pump according to one of the preceding claims, **characterised in that** the vacuum pump (1) has at least one pump stage that is contact-sealed.

Revendications

1. Pompe à vide (1) comprenant au moins deux étages de pompe (2, 3), un moteur (8), une commande de moteur (9) et une unité de transfert de force d'entraînement (7), un capteur de signaux (10) sensible à la pression de gaz étant disposé entre les étages

de pompe, lequel est en liaison électrique (11) avec une unité d'analyse (12), l'unité d'analyse étant pour sa part en liaison avec la commande de moteur de sorte qu'un réglage de la vitesse de rotation soit possible en fonction du signal fourni par le capteur de signaux, **caractérisée en ce que** la pompe à vide (1) est une pompe à vide à piston fonctionnant à sec et le capteur de signaux (10) est disposé dans, ou en liaison de gaz avec, un espace annulaire (28) servant d'entrée de gaz, lequel entoure un cylindre (21) au moins en partie à la hauteur d'un orifice d'entrée de gaz (27). 5 10

2. Pompe à vide selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** l'unité d'analyse (12) est contenue dans la commande de moteur (9). 15
3. Pompe à vide selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** le capteur de signaux (10) est disposé à l'entrée de gaz de l'étage de pompe (3) évacuant vers l'atmosphère. 20
4. Pompe à vide selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la pompe à vide (1) présente au moins un étage de pompe étanchéifié par contact. 25

30

35

40

45

50

55

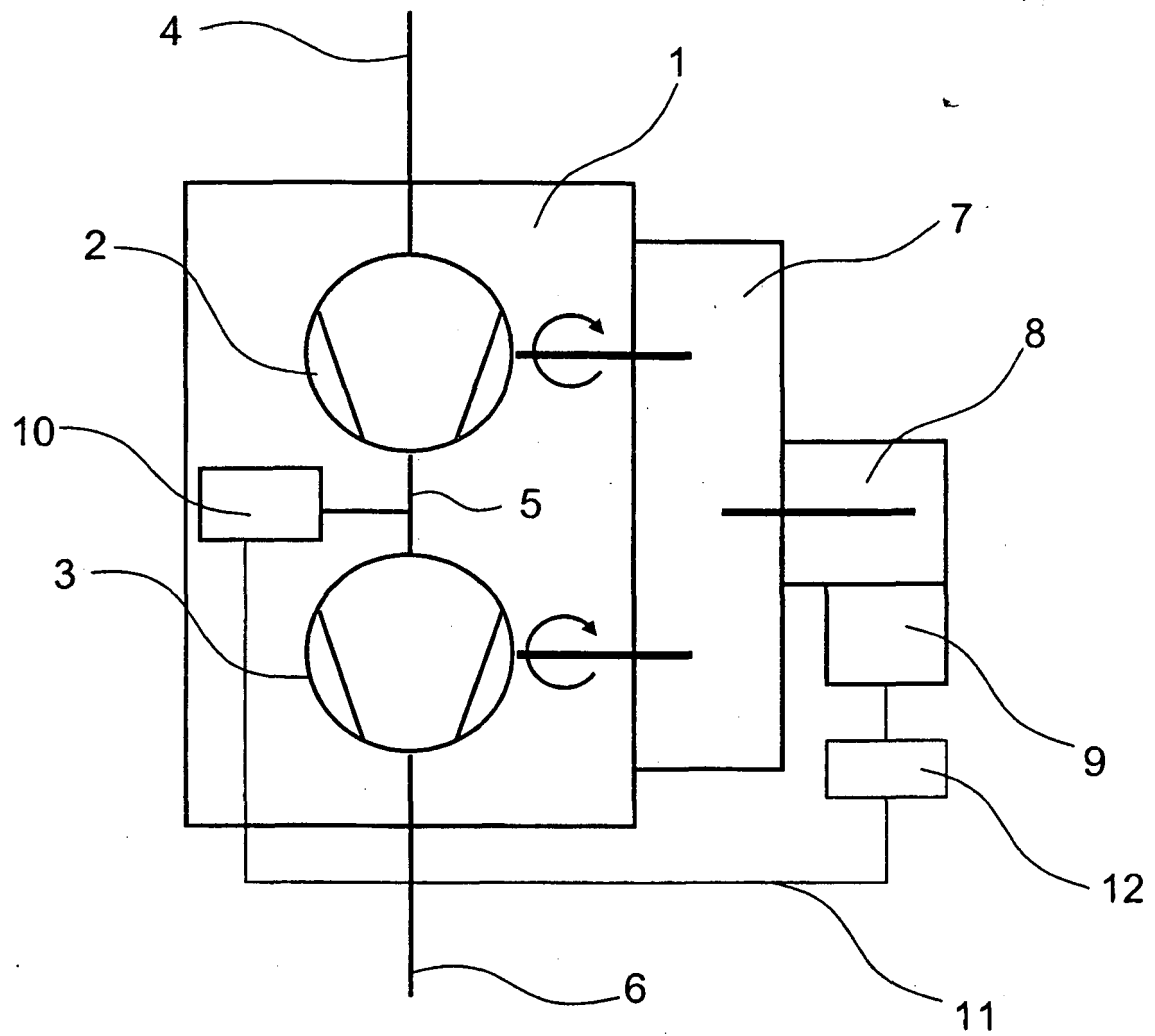


Fig. 1

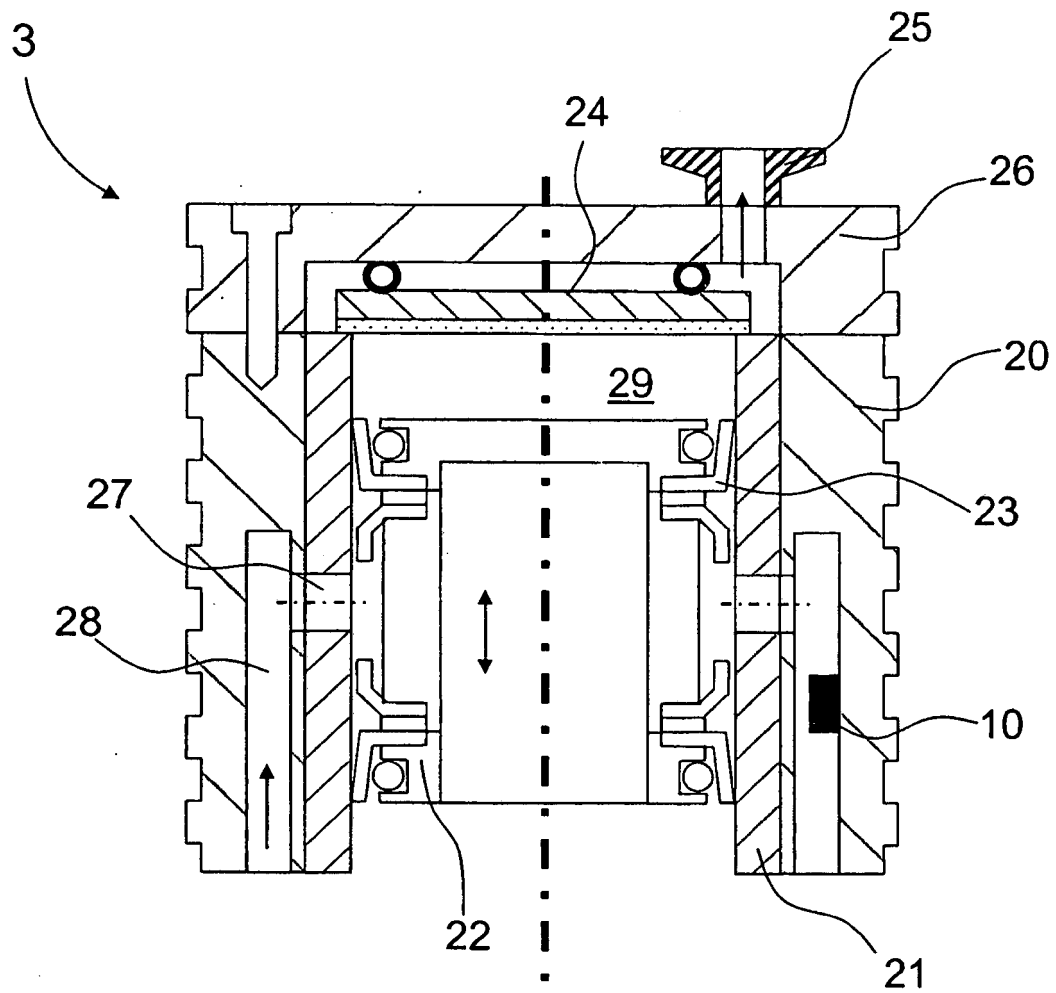


Fig. 2

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

- DE OS10354205 A [0004]
- WO 03098045 A1 [0006]