



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 661 100 A5

⑤① Int. Cl.⁴: F 04 D 19/04
F 16 C 32/04

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳① Gesuchsnummer: 4359/83

㉔② Anmeldungsdatum: 10.08.1983

㉔③ Priorität(en): 23.10.1982 DE 3239328

㉔④ Patent erteilt: 30.06.1987

㉔⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 30.06.1987

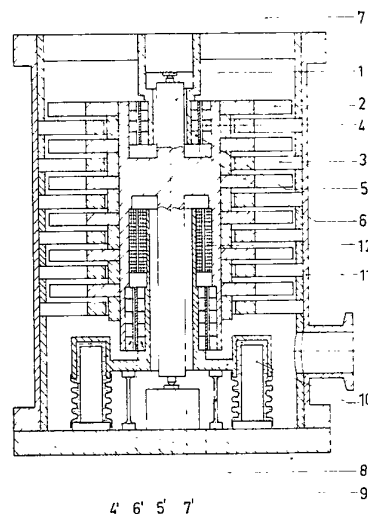
㉔⑦③ Inhaber:
Arthur Pfeiffer, Vakuumtechnik Wetzlar GmbH,
Asslar (DE)

㉔⑦② Erfinder:
Becker, Willi, Dr., Braunfels (DE)

㉔⑦④ Vertreter:
Balzers Hochvakuum AG, Zürich

⑤④ **Magnetisch gelagerte Turbomolekularpumpe mit Schwingungsdämpfung.**

⑤⑦ Die Turbomolekularpumpe ist mit passiven, radialen Magnetlagern (4, 5 und 4', 5') und mit mechanischen oder elektro-magnetischen Axiallagern versehen. Zur Dämpfung von Schwingungen in Richtung der Magnetlagerebenen sind eine direkte und eine indirekte Dämpfungseinrichtung vorgesehen. Die direkte Dämpfungseinrichtung ist eine Wirbelstromdämpfung und besteht aus Ringen (6, 6') aus einem gut elektrisch leitenden Werkstoff, die auf die Magnetlager-Statoren (5, 5') aufgezogen sind. Die indirekte Dämpfungseinrichtung besteht aus einer die Magnetlager-Statoren tragenden Plattform (8), die in Federn (9) aufgehängt ist, welche nur Bewegungen senkrecht zur Achsrichtung der Pumpe zulassen. Die Plattform (8) ist über einen Schwingungsdämpfer (10) mit dem ruhenden Gehäuse (11) verbunden und somit gedämpft.



PATENTANSPRÜCHE

1. Turbomolekularpumpe mit passiven, radialen Magnetlagern (4, 5 und 4', 5') und mit mechanischen oder elektromagnetischen Axiallagern, dadurch gekennzeichnet, dass zur Dämpfung von Schwingungen in Richtung der Magnetlagerebenen eine direkte und eine indirekte Dämpfungseinrichtung vorgesehen sind, wobei die direkte Dämpfungseinrichtung eine Wirbelstromdämpfung ist, bestehend aus Ringen (6, 6') aus einem gut elektrisch leitenden Werkstoff, die auf die Magnetlager-Statoren (5, 5') aufgezogen sind, und die indirekte Dämpfungseinrichtung aus einer die Magnetlager-Statoren tragenden Plattform (8) besteht, die in Federn (9) aufgehängt ist, welche nur Bewegungen senkrecht zur Achsrichtung der Pumpe zulassen und die Plattform (8) über einen Schwingungsdämpfer (10) mit dem ruhenden Gehäuse (11) verbunden und somit gedämpft ist.

2. Turbomolekularpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich die indirekte Dämpfungseinrichtung an beiden Magnetlager-Statoren (5, 5') befindet und die Federkonstante der Federn (9), in denen die Plattform (8) aufgehängt ist, jeweils gleich der radialen Federkonstante des zugehörigen Magnetlagers ist.

3. Turbomolekularpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich an einer Lagerstelle nur eine direkte Dämpfungseinrichtung befindet und an der anderen Lagerstelle sowohl eine direkte als auch eine indirekte Dämpfungseinrichtung vorhanden ist, wobei die Federkonstante der Federn (9), in denen die Plattform (8) aufgehängt ist, gleich der radialen Federkonstanten des zugehörigen Magnetlagers ist.

Die Erfindung betrifft eine Turbomolekularpumpe mit passiven, radialen Magnetlagern und mit mechanischen oder elektromagnetischen Axiallagern.

Für die schmiermittelfreie Lagerung der Rotoren von Turbomolekularpumpen werden verschiedene Versionen von Magnetlagern benutzt. In der DAS 2 349 033 und in der FR 1 475 765 werden Turbomolekularpumpen mit aktiven, elektronisch geregelten Magnetlagern beschrieben. In der DAS 2 825 551 ist eine Turbomolekularpumpe mit Hybridlagerung dargestellt. Hierbei wird der Rotor radial durch passive Magnetlager gehalten, während in axialer Richtung mechanische Stützlager vorhanden sind.

Bei beiden Arten der Lagerung verhalten sich die Rotoren wie elastisch gefesselte Kreisel. Somit sind verschiedene Schwingungsmöglichkeiten gegeben. Die Schwingungen können von aussen durch Erschütterungen angeregt werden oder z.B. bei der Anordnung in der DAS 2 825 551 durch Reibungskräfte im axialen mechanischen Stützlager entstehen. Folgende Arten von Rotor-Schwingungen sind in verschiedenen Frequenzbereichen möglich:

1. Präzessionsschwingungen mit einer Frequenz von etwa 0,1 Hz bis 10 Hz. Die Frequenz ist abhängig von der Drehzahl, den Trägheitsmomenten und den Federkonstanten der Lager des Rotors.

2. Parallel-Schwingungen des Rotors senkrecht zur Drehachse. Die Frequenzen dieser Schwingungen werden durch die Federkonstanten der Magnetlager und durch die Masse des Rotors festgelegt und liegen zwischen 30 Hz und 100 Hz.

3. Nutationsschwingungen, welche abhängig sind von der Drehzahl und vom Verhältnis der Trägheitsmomente längs und quer zur Rotorachse. Sie treten in den Bereichen von 300 Hz bis 1500 Hz auf.

Um die möglichen Schwingungen zu vermeiden, können aktiv geregelte Magnetlager elektronisch gedämpft werden. Passive Magnetlagerungen, zum Beispiel nach dem Oberbegriff des ersten Anspruches und in der DAS 2 825 551 neigen bei starken Erschütterungen zum Schwingen in einer oder mehreren der oben genannten Arten. Besonders können Reibungskräfte beim Vorhandensein mechanischer Stützlager Nutationsschwingungen anregen. Überschreiten die Schwingungsamplituden in den Magnetlagern das vorhandene Freispiel, so muss der Rotor von den vorhandenen Fanglagern wieder in seine Ausgangsposition zurückgeführt werden, was eine starke Abbremsung und einen Verschleiss der Fanglager zur Folge hat. Dies gilt für alle Rotoren mit passiven radialen Magnetlagern ohne Rücksicht auf die Art der axialen Lagerung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, an Turbomolekularpumpen mit passiven radialen Magnetlagern eine Schwingungsdämpfung anzubringen, durch die von aussen und durch die Pumpe selbst angeregte Schwingungen wirksam gedämpft werden und ein schwingungsarmer, sicherer und stabiler Betrieb der Pumpe bei allen Frequenzen bis zur Nenndrehzahl gewährleistet wird.

Als Lösung der Aufgabe wird gemäss der kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 1 eine Kombination zweier verschiedener Dämpfungseinrichtungen vorgestellt. Eine direkte Dämpfungseinrichtung für die höheren Frequenzen wirkt als Wirbelstromdämpfung. Sie besteht aus Ringen aus Kupfer oder einem anderen gut elektrisch leitenden Werkstoff, die auf die Magnetlager-Statoren der radialen Magnetlager aufgezogen sind. In diesen Ringen entstehen bei Schwingungen Magnetfeldänderungen, welche Wirbelströme mit dämpfenden Kräften erzeugen.

Diese dämpfenden Kräfte sind proportional der Frequenz der auftretenden Schwingungen und somit besonders zur Dämpfung der Schwingungen mit höheren Frequenzen geeignet.

Für Schwingungen mit niedrigen Frequenzen ist eine Dämpfungseinrichtung vorgesehen, die aus einer einen Magnetlager-Stator tragenden Plattform besteht, die in Federn aufgehängt ist, welche Bewegungen nur senkrecht zur Achsrichtung der Pumpe zulassen. Die Plattform ist über einen Schwingungsdämpfer mit dem ruhenden Gehäuse verbunden. Dabei ist der Rotor über das radiale Magnetlager an die Plattform angekoppelt. Dieses Magnetlager überträgt auch die dämpfenden Kräfte auf den Rotor. Die Anordnung ist so ausgelegt, dass für niedrige Frequenzen eine ausreichende Dämpfung vorhanden ist. Im Bereich der Eigenfrequenz der Plattform, die gegeben ist durch die Masse der Plattform einschliesslich Magnetlager-Stator und die Federkonstanten der Federn, hat die Dämpfung ein Maximum. Bei höheren Frequenzen nimmt sie ab. Im Diagramm (Fig. 2) sind die dämpfenden Kräfte in Abhängigkeit der Schwingungsfrequenzen aufgetragen. Mit dieser Kombination erhält man über den gesamten Bereich der auftretenden Schwingungen eine wirkungsvolle Dämpfung. Eine wirksame direkte Dämpfung lässt sich wegen des beschränkten Raumes im Luftspalt der Magnetlager nur für hohe Frequenzen verwirklichen.

Die indirekte Dämpfung ist bei kleinen Frequenzen um einige Zehnerpotenzen grösser als die direkte Dämpfung.

Um optimale Verhältnisse zu erreichen, wird die Federkonstante der Federn, in der die Plattform aufgehängt ist, an die Federkonstante des zugehörigen Magnetlagers angepasst. Es ist auch möglich, die indirekte Dämpfung nur an einem der beiden Magnetlager, bevorzugt auf der Vorrückseite der Pumpe, anzubringen. Anhand von Fig. 1 und Fig. 2 soll die Erfindung näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Anordnung

Fig. 2 Dämpfungskräfte in Abhängigkeit von der Schwingungsfrequenz

An dem Ausführungsbeispiel in Fig. 1 wird die erfindungsgemässe Anordnung dargestellt. Mit 1 ist der Rotor und mit 2 sind die Rotorscheiben einer Turbomolekularpumpe bezeichnet. Abwechselnd zwischen den Rotorscheiben 2 befinden sich die Statorscheiben 3. Die radialen Magnetlager bestehen aus den Magnetlager-Rotoren 4 und 4' und aus den Magnetlager-Statoren 5 und 5'. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die Axiallagerung durch mechanische axiale Stützlager 7 und 7' dargestellt. Als Axiallagerung kann auch eine elektro-magnetische Einrichtung dienen. Auf die Magnetlager-Statoren 5 und 5' sind Ringe 6 und 6' aus Kupfer oder einem anderen gut elektrisch leitenden Werkstoff aufgezogen. Bei auftretenden Störungen erzeugen Magnetfeldänderungen Wirbelströme in diesen Ringen, die

frequenz-proportionale Dämpfungskräfte erzeugen.

Bei der indirekten Dämpfung für niedrige Frequenzen werden Bewegungen der auf senkrecht stehenden Federn (9) angeordneten Plattform (8), die von Rotorschwingungen angeregt werden, durch die angekoppelten an sich bekannten Flüssigkeitsdämpfer (10) wirksam unterdrückt. Die Federn (9) führen die Plattform (8) in axialer Richtung, lassen aber dazu senkrechte Bewegungen zu.

In Fig. 2 ist der Verlauf der Dämpfungskräfte logarithmisch in Abhängigkeit von der Schwingungsfrequenz aufgetragen. Die Kurve A zeigt den Verlauf der direkten Dämpfungskräfte, die proportional der Frequenz sind und somit erst bei höheren Frequenzen wirksam werden. Durch Kurve B sind die indirekten Dämpfungskräfte dargestellt, die bei niedrigen Frequenzen im Bereich der Eigenfrequenz der Plattform ihre grösste Wirkung haben. Die Kurve C zeigt die resultierende der beiden Kurven A und B. Hiermit wird eine wirksame Dämpfung für alle auftretenden Schwingungsfrequenzen erreicht.

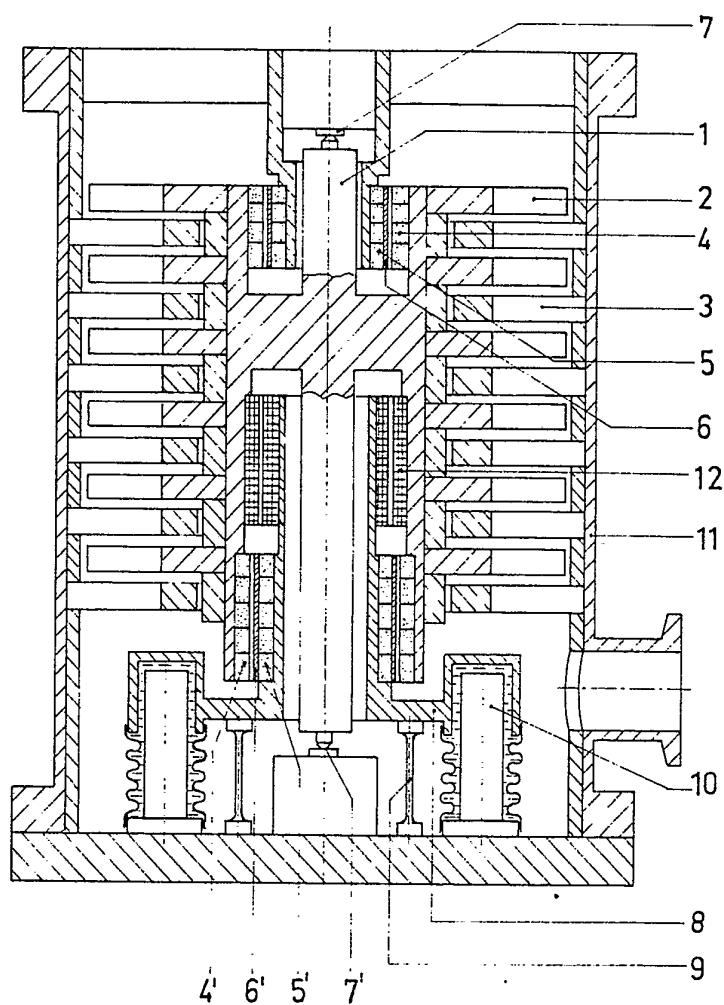


Fig. 1

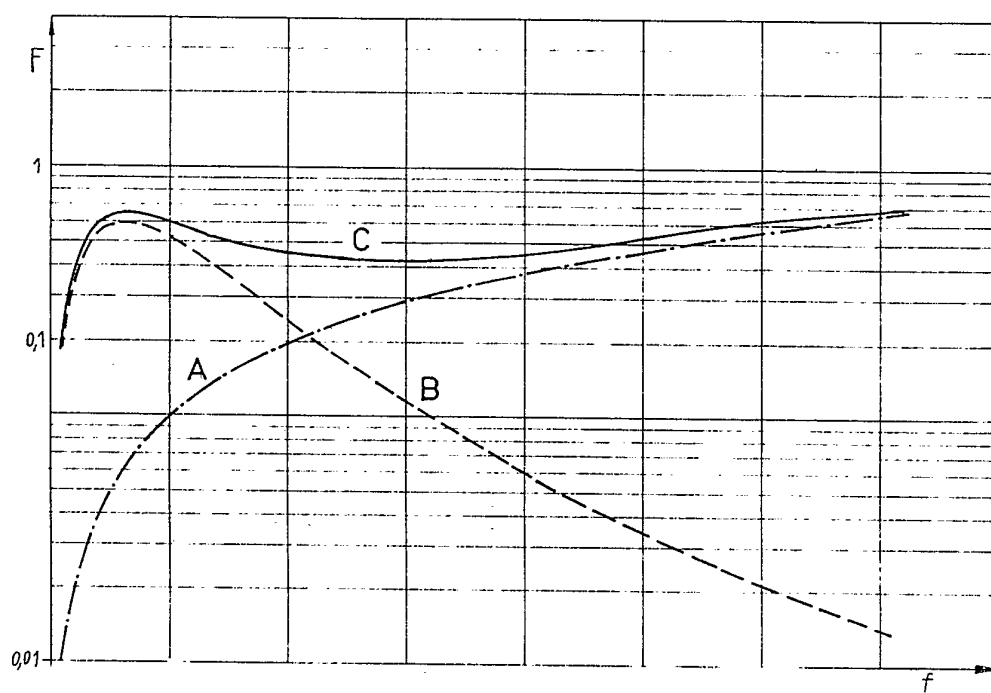


Fig. 2.