

(19)



(11)

EP 2 320 090 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
11.05.2011 Patentblatt 2011/19

(51) Int Cl.:
F04D 17/16 ^(2006.01) **F04D 19/04** ^(2006.01)
F04D 27/02 ^(2006.01) **F04D 29/063** ^(2006.01)
F04D 29/059 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10013671.2**

(22) Anmeldetag: **15.10.2010**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

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

(72) Erfinder: **Mekota, Mirko**
35630 Ehringshausen (DE)

(30) Priorität: **06.11.2009 DE 102009052180**

(54) Hochvakuumpumpe

(57) Die Erfindung betrifft eine Hochvakuumpumpe (100) mit einem Stator (120), einem schnell drehenden Rotor (110), einem Wälzlager (130; 230; 330) und einem

Mittel (144; 268; 368) zur Schmierung des Wälzlagers. Die Erfindung schlägt vor, dass das Mittel angepasst ist, durch Entladung des Rotors Überschläge zwischen Stator (120) und Rotor (110) zu verhindern

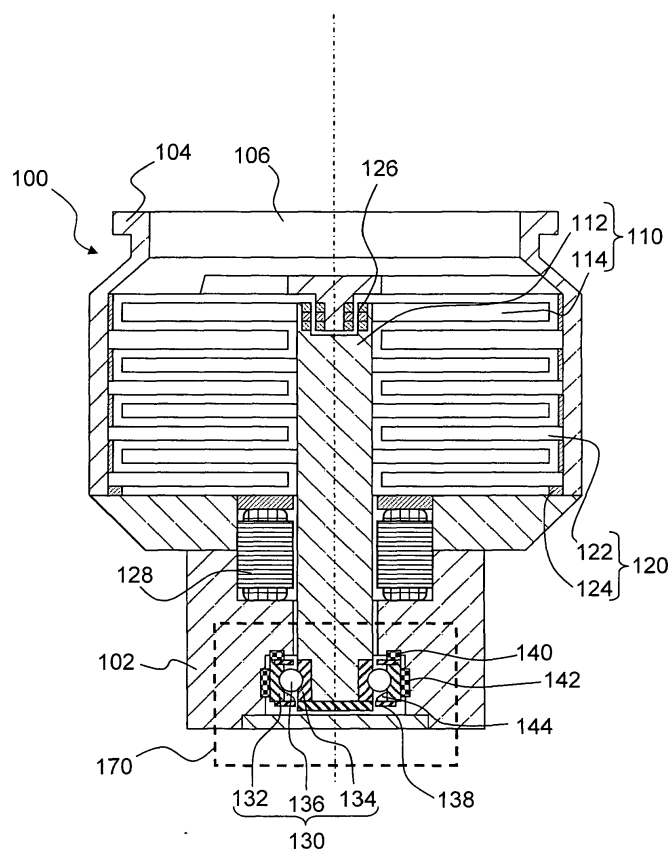


Fig. 1

EP 2 320 090 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Hochvakuumpumpe nach dem Oberbegriff des ersten Anspruchs.

[0002] Vakuumpumpen nach molekularer und turbomolekularer Bauart haben sich zur Erzeugung von Hochvakuum bewährt. Eine gattungsgemäße Vakuumpumpe weist einen schnell drehenden Rotor auf, der sich mit einigen Zehntausend Umdrehungen pro Minute dreht. Verschiedene Arten der Lagerung sind bekannt, darunter berührungslose Magnetlager und Wälzlager, beispielsweise Kugellager mit Öl- oder Fettschmierung und keramischen Kugeln. Diese bekannten Lagerungen führen zu einer elektrisch isolierten Aufhängung des Rotors, so dass es bei entsprechenden abzupumpenden Fluiden zu einer Aufladung des Rotors kommen kann. In der Folge entstehen unkontrollierte elektrische Entladung, so genannte Überschläge, zwischen Rotor und Stator, die zu einer mechanischen Beschädigung dieser Komponenten führen und daher unerwünscht sind.

[0003] Die EP-A 1915512 schlägt zur Beseitigung dieses Problems zwei Lösungen vor. Die erste Lösung sieht einen den Rotor berührenden fadenförmigen und leitfähigen Körper vor. Die zweite Lösung besteht darin, durch geometrische Gestaltung an einer gezielten Stelle Überschläge zwischen Rotor und Stator zu erzeugen.

[0004] Beide Lösungen weisen Nachteile auf. Die erste Lösung ist nachteilig, da der Körper und die mit ihm in Kontakt befindliche Stelle am Rotor aufgrund der Berührung Verschleiß unterliegt, der selbst bei einer geringen Relativgeschwindigkeit auftritt. Der durch diesen Verschleiß erzeugte Abrieb sammelt sich im Kugellager und zerstört dieses.

[0005] Die zweite Lösung weist den Nachteil auf, dass das Bauteil, an welchem gezielt die Überschläge stattfinden, Erosionsschäden auftreten. Diese Erosion bedeutet Verschleiß, so dass es der Anordnung an Langzeitstabilität mangelt. Nach einiger Zeit funktioniert die Anordnung nicht mehr und es treten erneut unkontrollierte Überschläge auf.

[0006] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Hochvakuumpumpe vorzustellen, in der Überschläge zwischen Rotor und Stator vermieden werden.

[0007] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Hochvakuumpumpe mit den Merkmalen des ersten Anspruchs. Die abhängigen Ansprüche geben vorteilhafte Weiterbildungen an.

[0008] Die Mittel zur Schmierung des Wälzlagers sind derart angepasst, dass eine derartige Entladung des Rotors bewirkt wird, dass Überschläge zwischen Rotor und Stator verhindert werden. Die Beschädigung von Rotor und Stator wird somit verhindert. Da die ohnehin vorhandenen Mittel zur Schmierung des Wälzlagers angepasst und verwendet werden, geschieht dies vorteilhaft ohne den Einsatz weiterer Bauteile. Dies ist kostengünstig und vermeidet Fehler. Zudem ist diese Lösung gegenüber dem Stand der Technik sehr verschleißarm und erlaubt lange Standzeiten.

[0009] Eine Weiterbildung sieht vor, dass ein leitfähiger Zufuhrdocht verwendet wird. Neben den oben genannten Vorteilen ist dies vorteilhaft, da eine dauerhaft gute Entladung aufgrund des ständigen Kontakts bewirkt wird.

[0010] Eine andere Weiterbildung sieht vor, ein leitfähiges Schmiermittel zu verwenden. Dies ist eine praktisch vollständig verschleißfreie Lösung.

[0011] Gemäß einer Ausführungsform umfasst das leitfähige Schmiermittel Kohlenstoffnanoröhrchen. Der Zusatz dieser Kohlenstoffnanoröhrchen bewirkt eine im Sinne des zu Anspruch 1 formulierten Zieles ausreichend gute Leitfähigkeit, ohne dass eine Verschlechterung der für den Einsatz in einer Hochvakuumpumpe wesentlichen Eigenschaften des Schmiermittels auftritt.

[0012] Gemäß einer anderen Weiterbildung wird vorgeschlagen, dass das Mittel als Schmiermittelkreislauf ausgebildet ist. Dies verbessert die Entladung des Rotors, da ein zusätzlicher Transport stattfindet. Diese Lösung ist zudem vorteilhaft bei einer schwingungsentkoppelten Halterung des Wälzlagers in Elastomerkörpern, da die Entladung über den Schmiermittelkreislauf und nicht über den vom Elastomerkörper unterbrochenen Kontakt von Außenring zu Gehäuse der Hochvakuumpumpe des Wälzlagers erfolgt.

[0013] An Hand von Ausführungsbeispielen und deren Weiterbildungen soll die Erfindung näher erläutert und die Darstellung ihrer Vorteile vertieft werden.

[0014] Es zeigen:

Fig. 1: Schnitt durch eine Hochvakuumpumpe mit fettgeschmierten Wälzlager,

Fig. 2: Schnitt durch die Lageranordnung einer Hochvakuumpumpe mit Dochtschmierung,

Fig. 3: Schnitt durch die Lageranordnung einer Hochvakuumpumpe mit Öumlaufschmierung.

[0015] Ein Schnitt durch eine Hochvakuumpumpe 100 ist in Fig. 1 gezeigt. Die Hochvakuumpumpe besitzt ein Gehäuse 102, welches einen Flansch 104 aufweist und die lösbare Befestigung an einem auszupumpenden Behälter erlaubt. Der Flansch begrenzt den Gaseinlass 106.

[0016] Das Gehäuse umgibt die Bauteile des Stators 120, der eine beschauelte Statorscheibe 122 und ein Distanzelement 124 umfasst. Abhängig von Anforderungen wie Saugvermögen und Kompression ist die Zahl der Statorscheiben bemessen. Neben den oder als Ersatz für die hier gezeigten turbomolekularen Pumpstufen können andere molekulare Pumpprinzipien zum Einsatz kommen, beispielsweise nach Holweck-, Siegbahn- und Seitenkanalprinzip.

[0017] Der Stator wirkt mit dem Rotor 110 zusammen, welcher eine beschauelte Rotorscheibe 114 und eine Welle 112 umfasst. Die Zahl der auf der Welle angebrachten Rotorscheiben entspricht der Zahl der Statorscheiben. Der Rotor kann zudem weitere pumpaktive Elemente umfassen, die mit Statorelementen zusammenwirken, beispielsweise ein Holweckzylinder.

[0018] Eine Motorspule 128 ist im Gehäuse angeordnet und versetzt die Welle und damit den Rotor in schnelle Drehung.

[0019] Am gaseinlassseitigen Ende ist die Welle durch ein permanentmagnetisches Lager 126 drehbar unterstützt. Das dem Gaseinlass abgelegene Ende der Welle wird von einer Lageranordnung 170 getragen.

[0020] Die Lageranordnung umfasst ein Wälzlager 130, welches in diesem Beispiel als fettgeschmiertes Kugellager gestaltet ist. Auf der Welle sitzt der Innenring 134 des Kugellagers, der Außenring 132 ist mittels eines Axialschwingringes 140 und eines Radialschwingringes 142 in axialer und radialer Richtung schwingfähig im Gehäuse gehalten. Axialschwingring und Radialschwingring sind als elektrisch nicht-leitende Elastomerringe ausgeführt. Zwischen Innenring und Außenring sind Kugeln 136 als Wälzkörper angeordnet. Eine Deckscheibe 144 schließt den Raum zwischen Innenring und Außenring ab und hält den Schmiermittelvorrat 144 im Wälzlager.

[0021] Der Schmiermittelvorrat beinhaltet das Fett als Schmiermittel und ist als Lebensdauerschmierung bemessen.

[0022] Die beschriebene Art der Lagerung mit kontaktfreiem Permanentmagnetlager und Wälzlager bewirkt, insbesondere wenn Keramikugeln im Wälzlager zum Einsatz kommen, eine gute elektrische Isolierung des Rotors gegenüber dem Stator.

[0023] Die Isolierung wird aufgehoben, in dem im Schmiermittelvorrat ein leitfähiges Fett eingesetzt wird. Die elektrische Aufladung des Rotors wird verhindert, da dieser über das Wälzlager und das Fett geerdet ist.

[0024] Zur Verbesserung der Erdung können Axialschwingring oder Radialschwingring oder beide aus elektrisch leitfähigem Material hergestellt sein, beispielsweise einem Elastomer mit eingebettetem leitfähigen Stoff. Alternativ kann ein elektrischer Leiter zwischen Außenring und Gehäuse vorgesehen sein.

[0025] Sowohl Fett als auch Axial- und Radialschwingringe können mit Kohlenstoffnanoröhrchen versetzt werden, um eine verbesserte elektrische Leitfähigkeit zu erreichen. Die erreichte Leitfähigkeit muss dabei lediglich so bemessen sein, dass die Aufladung des Rotors so gering ist, dass die Feldstärken zwischen Rotor und Stator keinen Wert erreichen, der eine Entladung durch Überschlag oder Funken zulässt.

[0026] Die Fig. 2 zeigt einen Schnitt durch die Lageranordnung der Hochvakuumpumpe in einer alternativen Ausführung.

[0027] Diese alternative Lageranordnung 270 umfasst ein Kugellager 230, dessen Innenring 234 auf der Welle 212 fixiert ist. Der Außenring 232 ist mittels eines Axialschwingrings 240 und eines Radialschwingrings 242 schwingfähig im Gehäuse 202 gehalten. Zwischen Innenring und Außenring befinden sich die Kugeln 236. Die Schmierung erfolgt durch einen Schmiermittelkreislauf 268. Dieser ist in Fig. 2 durch Pfeile veranschaulicht. Teil dieses Schmiermittelkreislaufs ist der Schmiermit-

telspeicher 252. Er besitzt wenigstens einen Zufuhrdocht 250, der in gleitendem Kontakt mit einer konisch gestalteten und auf der Welle angeordneten Spritzmutter 256 steht. Über diesen Zufuhrdocht wird das durch Punkte dargestellte Schmiermittel 250 aus dem Schmiermittelspeicher auf die Spritzmutter übertragen. Über die Fliehkraftwirkung wird das Schmiermittel entlang des Konus in den Raum zwischen Lagerinnenring und Lageraußenring gefördert und bewirkt dort die Schmierung. Das Schmiermittel fällt aus dem Zwischenraum zurück in den Schmiermittelspeicher und kann dort per Kapillarwirkung über den Zufuhrdocht im nächsten Umlauf des Schmiermittelkreislaufs erneut dem Kugellager zugeführt werden.

[0028] Die Erdung des Rotors über die Mittel zur Schmierung des Kugellagers kann über zwei Alternative Wege erfolgen, wobei auch beide Wege gleichzeitig realisiert sein können.

[0029] Zum einen kann das Schmiermittel selbst leitfähig ausgeführt sein. Dies gelingt über den Zusatz von leitfähigen Stoffen um Schmiermittel, beispielsweise Grafit. Besonders vorteilhaft erweisen sich Kohlenstoffnanoröhrchen. Schmiermittelkreislauf und Füllung des Schmiermittelspeichers bewirken dann eine leitfähige Verbindung von Welle zu Gehäuse. Die Aufladung des Rotors wird hierdurch so gering gehalten, dass es zu keinen elektrischen Entladungen oder Funken zwischen Rotor und Stator kommt.

[0030] Zum anderen kann der Zufuhrdocht aus leitfähigem Material gestaltet sein. Zufuhrdocht und Schmiermittelspeicher umfassen ein filzartiges Material, welches das Schmiermittel in seinen Poren speichert und über Kapillarwirkung fördert. Elektrische Leitfähigkeit in ausreichendem Maße wird durch Beimengung metallischer Fasern oder leitfähiger Karbonfaser bewirkt.

[0031] Die Fig. 3 zeigt einen Schnitt durch die Lageranordnung der Hochvakuumpumpe in einer dritten Ausführungsform.

[0032] Die Lageranordnung 370 weist ein Kugellager 330 auf. Dessen Innenring 334 ist auf der Welle 312 fixiert. Sein Außenring 332 ist mittels eines Axialschwingrings 340 und eines Radialschwingrings 342 in axialer und radialer Richtung schwingfähig im Gehäuse 302 gehalten. Als Mittel zur Schmierung des Kugellagers ist ein Schmiermittel beinhaltender Schmiermittelkreislauf 368 vorgesehen, der in Fig. 3 durch Pfeile veranschaulicht ist. Der Schmiermittelkreislauf umfasst eine Schmiermittelpumpe 352, welche das Schmiermittel 350, welches in Fig. 3 durch Punkte veranschaulicht ist, durch den Zufuhrkanal 360 in eine Zufuhrdüse 362 fördert. Aus der Zufuhrdüse wird das Schmiermittel auf die konisch gestaltete Spritzmutter 356 gefördert. Das Schmiermittel wird durch die Fliehkraft entlang des Konus in das Kugellager weitergefordert. Von dort gelangt es in den Ablaufkanal 364 und durch diesen zurück in die Schmiermittelpumpe.

[0033] Die Anpassung des Mittels zum Schmieren des Kugellagers besteht in diesem Beispiel darin, das

Schmiermittel selbst leitfähig auszuführen. Dies gelingt in einer vorteilhaften Variante über den Zusatz von Kohlenstoffnanoröhrchen. Der Schmiermittelkreislauf bewirkt dann eine leitfähige Verbindung von Welle zu Gehäuse. Die Aufladung des Rotors wird hierdurch so gering gehalten, dass es zu keinen der im Stand der Technik auftretenden elektrischen Entladungen zwischen Rotor und Stator kommt.

5

10

Patentansprüche

1. Hochvakuumpumpe (100) mit einem Stator (120), einem schnell drehenden Rotor (110), einem Wälzlager (130; 230; 330) und einem Mittel (144; 268; 368) zur Schmierung des Wälzlagers, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Mittel angepasst ist, durch Entladung des Rotors Überschläge zwischen Stator (120) und Rotor (110) zu verhindern. 15
2. Hochvakuumpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Mittel (268) einen leitfähigen Zufuhrdocht (254) umfasst. 20
3. Hochvakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Mittel (144; 268; 368) ein leitfähiges Schmiermittel (144; 250; 350) umfasst. 25
4. Hochvakuumpumpe nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das leitfähige Schmiermittel (144; 250; 350) Kohlenstoffnanoröhrchen beinhaltet. 30
5. Hochvakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Mittel als Schmiermittelkreislauf (268; 368) gestaltet ist. 35

40

45

50

55

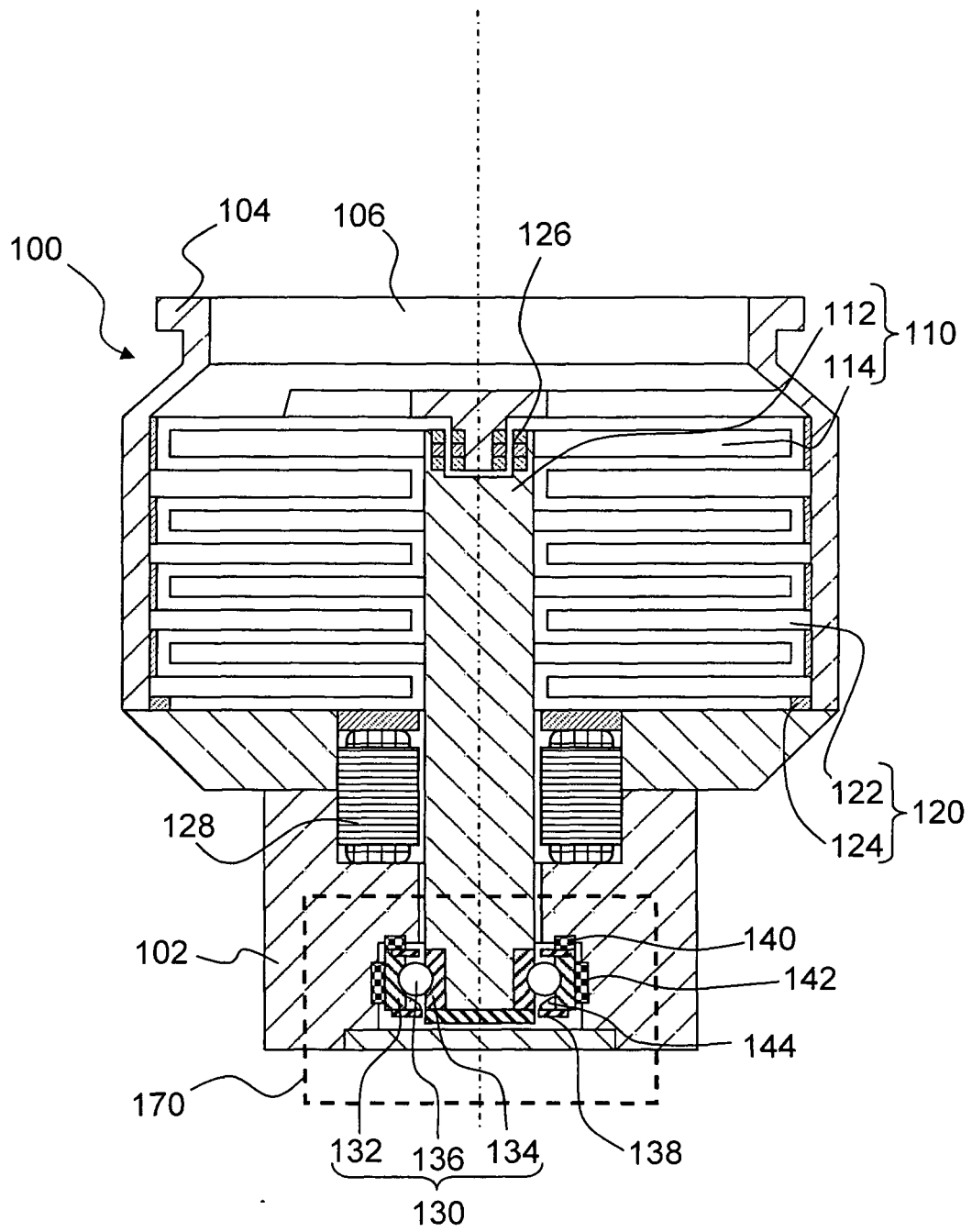


Fig. 1

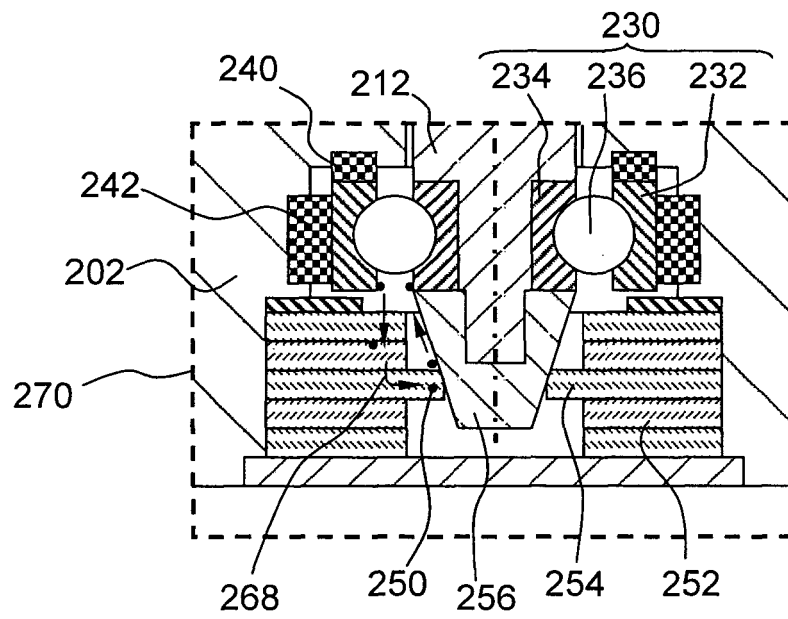


Fig. 2

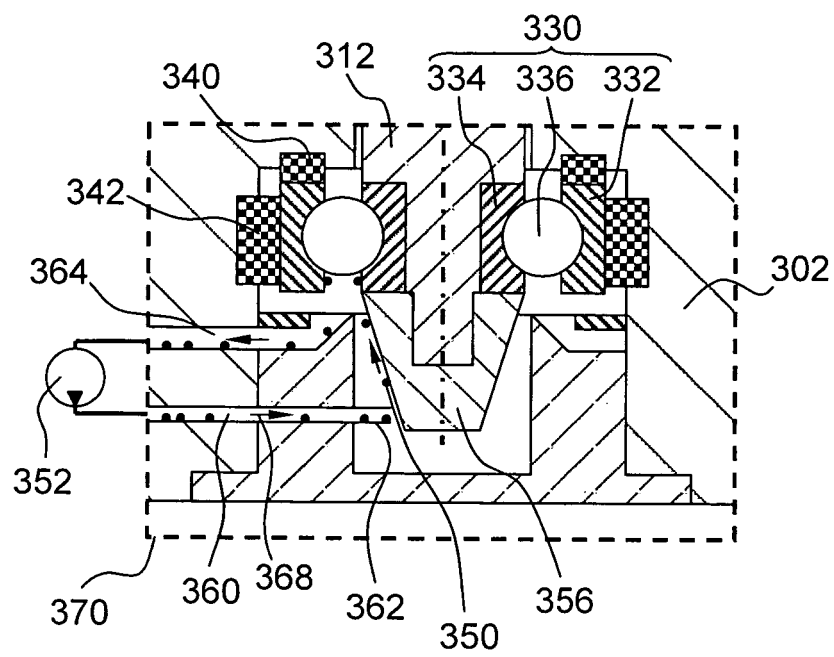


Fig. 3

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 1915512 A [0003]