

(19)



(11)

EP 2 149 710 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
03.02.2010 Patentblatt 2010/05

(51) Int Cl.:
F04D 19/04^(2006.01) F04D 29/60^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09008725.5**

(22) Anmeldetag: **03.07.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**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 SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(71) Anmelder: **PFEIFFER VACUUM GMBH**
35614 Asslar (DE)

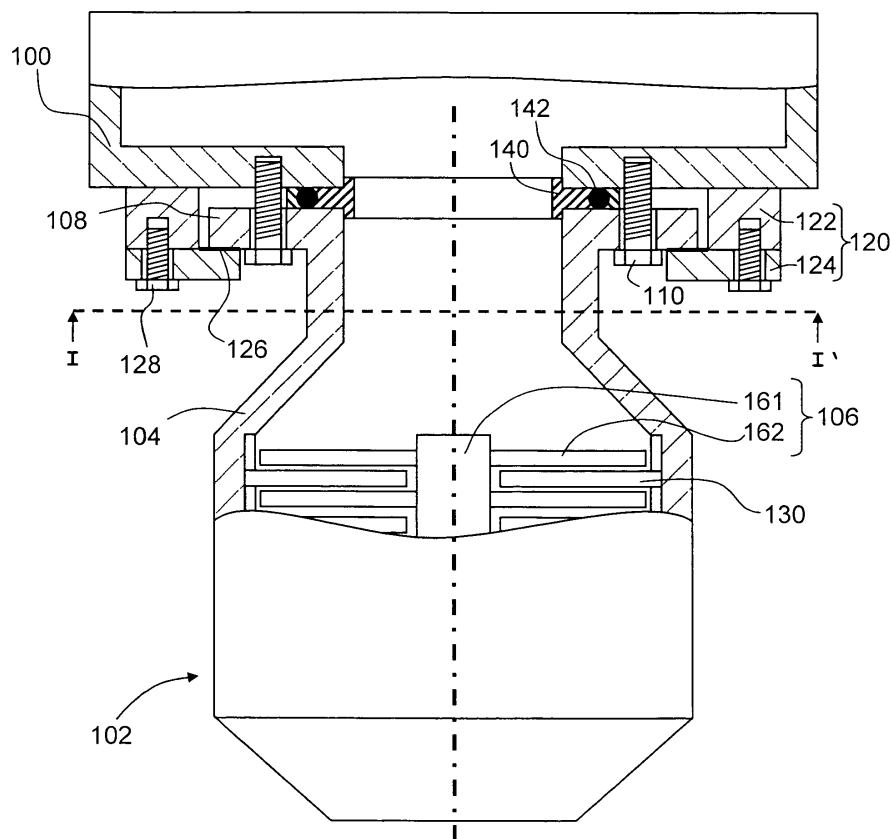
(72) Erfinder: **Watz, Robert**
35781 Weilburg (DE)

(30) Priorität: **31.07.2008 DE 102008035972**

(54) Vakuumpumpenanordnung

(57) Die Erfindung betrifft eine Anordnung mit Vaku-
umkammer (100; 200) und Vakuumpumpe (102; 202),
welche ein Gehäuse (104; 204), einen darin angeordne-
ten, schnell drehenden Rotor (106; 206) und einen mit
dem Gehäuse verbundenen Flansch (108; 208) aufweist,
und mit einer Schraube (110; 210) zum Verbinden des

Flansches mit der Vakuumkammer. Um die Sicherheit
im Falle eines Blockierens des Rotors zu erhöhen,
schlägt die Erfindung vor, die Anordnung ein Halte-
element (120; 220) aufweist, welches derart gestaltet ist,
dass der Flansch durch Formschluss gegen eine Bewe-
gung senkrecht zur Flanschebene gesichert ist.

**Fig. 1****EP 2 149 710 A2**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpanordnung nach dem Oberbegriff des ersten Patentanspruchs.

[0002] Aus vielen vakuumunterstützten Herstellungsprozessen sind Vakuumpumpen mit schnell drehenden Rotoren heute nicht mehr wegzudenken. Die Rotoren drehen dabei mit Drehzahlen von einigen zehntausend Umdrehungen pro Minute, um die Pumpwirkung zu erzeugen. Aufgrund dieser Drehzahlen und dem Eigengewicht des Rotors speichert dieser somit eine hohe kinetische Energie. Kommt es zu einem Blockieren des Rotors, wird diese Energie freigesetzt. Es werden zahlreiche Maßnahmen ergriffen, die das Blockieren des Rotors verhindern oder eine dazu führende Fehlfunktion frühzeitig erkennen. Trotzdem müssen Vakuumanordnungen so gestaltet werden, dass sie auch dann sicher sind, wenn als schlimmster anzunehmender Unfall das Blockieren eintritt. Sicher bedeutet, dass keine Teile umherfliegen oder gefährliche Stoffe freigesetzt werden.

[0003] Erschwert wird die Konstruktion sicherer Verbindungen durch Vorgaben aus Normen. Insbesondere gilt dies für Vakuumpumpanordnungen, in denen Vakuumpumpe und Vakuumkammer durch eine Schraubverbindung lösbar miteinander verbunden sind. Die Normen schreiben Anzahl und Durchmesser der Schrauben vor. Dies setzt den übertragbaren Drehmomenten Grenzen.

[0004] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Vakuumpumpanordnung mit Schraubverbindung zwischen Vakuumkammer und Vakuumpumpe vorzustellen, die die im Schadensfall eine erhöhte Sicherheit gewährleistet.

[0005] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Vakuumpumpanordnung mit den Merkmalen des ersten Anspruchs. Die abhängigen Ansprüche 2 bis 6 geben vorteilhafte Weiterbildung an.

[0006] Die Lösung mit den Merkmalen des ersten Anspruchs bietet den Vorteil, dass sie kostengünstig umzusetzen ist und an bereits bestehenden Anlagen leicht nachgerüstet werden kann. Durch die Gestaltung des Halteelements derart, dass der Flansch durch Formschluss gegen eine Bewegung senkrecht zur Flanschebene gesichert ist, wird die Sicherheit nach dem folgenden Prinzip erhöht. Die Widerstandsfähigkeit der Anordnung gegen Kräfte und Momente, die zu einem Abreißen der Vakuumpumpe in eine Richtung senkrecht zur Flanschebene führen, wird sehr stark erhöht. Es ist leicht, durch die Gestaltung diese Bewegung komplett zu verhindern, denn die Gestaltungsmöglichkeiten sind nicht durch Normen begrenzt. Das Nachgeben einzelner Schrauben durch Überlastung führt durch das erfindungsgemäße Halteelement nicht zu einem nachfolgenden Versagen der kompletten Schraubverbindung. Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist, dass die Vakuumpumpanordnung gegen bei einem Blockieren des Rotors auftretende axiale Kräfte durch den Formschluss in axialer Richtung gesichert wird.

[0007] In einer ersten Weiterbildung weist das Halte-

element einen mit der Vakuumkammer verbundenen Ring und ein Stoppelement auf. Das Stoppelement stellt dabei den Formschluss her. Der Ring ist vorteilhaft, da nur dieses eine Bauteil genau gegenüber der Flanschöffnung auszurichten ist. Ein weiterer Vorteil ist, dass durch den Ring und dem Stoppelement der Vakuumpumpe nach dem Nachgeben der Schraubverbindung als letzter Freiheitsgrad lediglich eine Drehung um die zum Ring senkrechte Achse bleibt. Deren Folgen kann leicht durch lange Zuleitungen und ähnliche Maßnahmen begegnet werden. Es lässt sich leicht an bestehenden Vakuumkammern nachrüsten. Insgesamt sind nur wenige konstruktiv einfache und leicht zu montierenden Bauteile notwendig, so dass die Sicherheit erhöht wird und zudem Kosten eingespart werden. Diese Weiterbildung erhöht die Sicherheit insbesondere für Vakuumpumpanordnungen, in denen die Vakuumkammer lediglich eine Flanschöffnung und einen diesen umgebenden Gewindebohrungskreis aufweist.

[0008] In einer anderen Weiterbildung weist die Vakuumkammer einen Kammerflansch auf und das Halteelement ist derart gestaltet, dass Flansch und Kammerflansch formschlüssig verbindet und eine Drehung um die Symmetrieachse zulässt. Die Symmetrieachse fällt bei einflutigen Vakuumpumpen mit der Rotorachse zusammen. Im Falle des Blockierens des Rotors kann sich die Vakuumpumpe um diese Achse drehen und bei der Drehung durch Reibung Bewegungsenergie in andere Energieformen umsetzen, beispielsweise Wärme. Durch den Formschluss wird sie in axialer Richtung gehalten und kann sich nicht von der Vakuumpumpanordnung losreißen. Somit wird die Sicherheit erhöht, indem Abreißen von Teilen verhindert und die Belastung für den Kammerflansch gesenkt wird.

[0009] Eine einfache Ausführungsform dieser Weiterbildung ist gegeben, wenn das Halteelement eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung zueinander versetzt angeordneten und miteinander verbundenen Ringsegmenten aufweist. Dies ist eine kostengünstig herzustellende und leicht zu montierende Anordnung, die die Sicherheit erhöht. Zur erhöhten Sicherheit trägt auch bei, dass die gegenseitige Verbindung der Ringsegmente bewirkt, dass die Drehung der Vakuumpumpe deren einziger freie Freiheitsgrad ist.

[0010] Alle vorgenannten Gestaltungsformen können weitergebildet werden, indem die Festigkeit der Schraube derart bemessen ist, dass die Schraubverbindung bei einer vordefinierten Scherbelastung nachgibt. Diese vordefinierte Scherbelastung ist dabei so bemessen, dass die Schraube nur das für die Vakuumkammer maximal verträgliche Moment auf diese überträgt. Übersteigt das beim Blockieren entstehenden Moment das maximal verträgliche Moment, gibt die Schraube nach. Dadurch wird die Vakuumpumpe eine Bewegung gemäß ihrer Freiheitsgrade ausführen. Der einzige Freiheitsgrad aller Weiterbildungen ist jedoch die Drehung um die Symmetrieachse, so dass ein Abreißen der Vakuumpumpe nicht stattfinden kann und durch die gebremste Drehung kine-

tische Energie ungefährlich abgebaut wird.

[0011] Ein andere Weiterbildung schlägt vor, die mit dem Flansch in Kontakt stehende Oberfläche des Halteelements mit einem definierten und konstanten Reibwert zu versehen. Dies erlaubt es, eine Drehung, welche die Oberflächen von Flansch und Halteelement gegeneinander Reiben lässt, in definierter Weise stattfinden zu lassen. Dies ermöglicht insbesondere, bei einer Drehung der Vakuumpumpe notwendige Maßnahmen kostengünstig zu gestalten. Zu diesen Maßnahmen gehören flexible Vorvakuumleitungen und Überlängen der elektrischen Verbindungen.

[0012] Anhand zweier Ausführungsbeispiele soll die Erfindung näher erläutert und die Darstellung der Vorteile vertieft werden. Es zeigen:

- Fig. 1: Schnitt durch eine Vakuumpumpenanordnung in einem ersten Ausführungsbeispiel.
- Fig. 2: Schnitt durch die Anordnung entlang der Linie I-I' des ersten Ausführungsbeispiels.
- Fig. 3: Schnitt durch eine Vakuumpumpenanordnung gemäß eines zweiten Ausführungsbeispiels.
- Fig. 4: Schnitt durch die Anordnung des zweiten Ausführungsbeispiels entlang der Linie II-II'.
- Fig. 5: Schnitt durch die Anordnung des zweiten Ausführungsbeispiels entlang der Linie III-III'.

[0013] Die Vakuumpumpenanordnung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel ist in Figur 1 zunächst im Schnitt gezeigt. Sie weist eine Vakuumkammer 100 und eine Vakuumpumpe 102 auf. Die Vakuumpumpe besitzt einen Flansch 108, welcher mit einer Schraube 110 lösbar mit der Vakuumkammer verbunden ist. Normgerecht sind zwölf Schrauben symmetrisch über den Umfang des Flansches verteilt. Der Flansch ist Teil des Gehäuses 104 der Vakuumpumpe. Dieses Gehäuse beherbergt einen Rotor 106, welcher eine sich schnell drehende Welle 161 und eine Schaufeln tragende Rotorscheibe 162 umfasst. Zum Erzeugen der Pumpwirkung ist eine ebenfalls Schaufeln tragende Statorscheibe 130 in geringem axialem Abstand zur Rotorscheibe angeordnet. Rotorscheibe und Statorscheibe können im schlimmsten anzunehmenden Unfall miteinander derart in Kontakt kommen, dass in der Folge der Rotor blockiert. Rotor und Stator sind im gezeigten Beispiel nach Becker gestaltet. Sie können alternativ ganz oder teilweise nach Holweck oder Gaede gestaltet sein, da auch diese eine schnelle Drehung des Rotors voraussetzen.

[0014] Zwischen Vakuumpumpe und Vakuumkammer sitzen ein Zentrierring 140 und eine Dichtung 142, die eine genaue Ausrichtung von Vakuumpumpe zu Vakuumkammer und eine vakuumdichte Abdichtung der Anordnung bewirken.

[0015] Die Anordnung weist ein Halteelement 120 auf, welches derart gestaltet ist, dass der Flansch durch Formschluss gegen eine Bewegung senkrecht zur Flanschebene gesichert ist. Diese Gestaltung wird im ersten Ausführungsbeispiel durch einen Ring 122 und ein Stop-

pelement 124 erreicht. Der Ring umgibt Flansch und Zentrierring und besitzt eine axiale Dicke, die der Summe aus Dicke des Zentrierrings und Dicke des Flansches entspricht. Mit dem Ring ist ein Stoppelement 124 verbunden. Zur besseren Montier- und Demontierbarkeit der Vakuumpumpe ist diese Verbindung im gezeigten Beispiel lösbar durch Stoppelementschrauben 128 erzeugt. Flansch und Stoppelement berühren sich. Die Kontaktfläche 126 ist mit einer Beschichtung versehen, welche einen definierten und konstanten Reibwert aufweist.

[0016] In Figur 2 ist ein Schnitt durch die Vakuumanordnung entlang der Linie I-I' gezeigt. Diese Schnittlinie ist senkrecht zur Rotorachse und zur Symmetrieachse von Flansch und Ring. Sie liegt in einer Ebene parallel der Flanschebene. In dieser Darstellung ist das Gehäuse 104 geschnitten zu sehen. Auf den Flansch 108 ergibt sich ein Draufblick. Der Flansch ist vom Ring 122 umgeben. Zwischen ihnen ist ein Spalt, der nicht maßstäblich dargestellt ist. Dieser Spalt erlaubt leichte Bewegungen in der Flanschebene, was das Montieren der Vakuumpumpe an der Vakuumkammer vereinfacht. Durch den Spalt werden zudem leichte Ungenauigkeiten bei der Zentrierung von Ring und Zentrierring ausgeglichen. Dies senkt die Anforderungen an die Präzision bei der Montage des Ringes. Mit dem Ring ist ein Stoppelement 124 durch Stoppelementschrauben 128 lösbar verbunden. Entlang des Umfangs des Ringes sind mehrere Stoppelemente angeordnet. Um einen großen Überlapp mit dem Flansch zu erzeugen, weisen die Stoppelemente Ausnehmungen 170 auf, die Raum für die Schrauben 110 lassen. Die Ausnehmungen können als längliche Ausnehmungen 171 ausgeführt sein, wobei die Schraube 110 an jenem Ende der Ausnehmung sitzt, welches bezogen auf die Rotordrehrichtung zuerst kommt. Dies erlaubt eine Verdrehung der Vakuumpumpe gegenüber dem Stoppelement um einen definierten Winkel, sollte die Schrauben 110 bereits zerstört sein. Zusammen mit der Beschichtung kann der maximale Verdrehwinkel für den schlimmsten anzunehmenden Fall bestimmt werden.

[0017] Ein zweites Ausführungsbeispiel ist in den Figuren 3 bis 5 gezeigt. Figur 3 zeigt einen Schnitt durch die Anordnung in einer Ebene, in der die Symmetrieachse liegt. Die Vakuumpumpe 202 weist ein Gehäuse 204 auf, in welchem insbesondere die Statorscheibe 230 und der Rotor 206 angeordnet sind. Der Rotor besitzt eine Welle 261 und wenigstens eine Rotorscheibe 262, welche mit Schaufeln bestückt ist. Rotor und Stator sind im gezeigten Beispiel nach Becker gestaltet. Sie können alternativ ganz oder teilweise nach Holweck oder Gaede gestaltet sein, da auch diese eine schnelle Drehung des Rotors voraussetzen. Mit dem Gehäuse 204 ist ein Flansch 208 verbunden.

[0018] Die Vakuumkammer 200 besitzt einen rohrförmigen Stutzen mit einem Kammerflansch 201. Zwischen Kammerflansch und Flansch befinden sich ein Zentrierring 240 zum gegenseitigen Ausrichten der Flansche und

ein Dichtring 242 zum vakuumdichten Abdichten der Flanschverbindung. Schrauben 210 verbinden die Flansche lösbar miteinander. Beide Flansche sind von den Bauteilen des Halteelements 220 umgeben, welches derart gestaltet ist, dass der Flansch durch Formschluss gegen eine Bewegung senkrecht zur Flanschebene gesichert ist. Das Halteelement umfasst die Ringsegmente 222a, 222c, 224a und 224c. Der Formschluss wird erreicht, indem ein Teil der Ringsegmente 222a und 222c mit dem Kammerflansch und ein anderer Teil der Ringsegmente 224a und 224c mit dem Flansch in berührendem Kontakt stehen. Die Ringsegmente greifen formschlüssig ineinander und sind miteinander verbunden. Zum Herstellen der Verbindung weist ein Teil der Ringsegmente Gewindeabschnitte 228 auf, die durch Bohrungen im anderen Teil der Ringsegmente gesteckt werden. Die Verbindung wird durch mit den Gewindeabschnitten in Eingriff stehenden Muttern 229 gesichert.

[0019] Figur 4 zeigt einen Schnitt entlang der Linie II-II' durch die Anordnung der Figur 3. Die Schnittebene liegt in der Ebene des Flansches der Vakuumpumpe. In der Darstellung der Figur 3 ist daher zentral der Flansch 208 zu sehen, der zwölf auf den Umfang verteilte Bohrungen aufweist, durch die Schrauben 210 hindurchgesteckt sind. Der Flansch ist von vier Ringsegmenten 222a, 222b, 222c und 222d umgeben. In Umfangsrichtung versetzt zu diesen sind weitere vier Ringsegmente 224a, 224b, 224c und 224d angeordnet. Die Ringsegmente 222a, 222b, 222c, 222d und 224a, 224b, 224c und 224d sind gemäß Figur 3 miteinander verschraubt und bilden so einen geschlossenen Ring, der die Flansche 201 und 208 umgibt.

[0020] Figur 5 zeigt einen Schnitt entlang der Linie III-III'. In diesem Schnitt ist eine Teilabwicklung der miteinander verbunden Ringsegmente zu sehen. Jedes der Ringsegmente 222a, 222b und 22d weist eine Mehrzahl von Gewindeabschnitten 228 auf. Diese durchsetzen Bohrungen 250 in den Ringsegmenten 224a, 224b und 224d. Mit den Gewindeabschnitten stehen Muttern 229 im Eingriff, so dass eine Sicherung der Ringsegmente gegeneinander bewirkt wird. Die Ringsegmente sind versetzt zueinander angeordnet. Dies bedeutet, dass jedes der mit Gewindeabschnitten Ringsegmente mit zwei mit Bohrungen versehenen Ringsegmente verbunden ist. Ebenso ist jedes der mit Bohrungen versehenen Ringsegmente mit zwei mit Gewindeabschnitten versehenen Ringsegmente verbunden. Auf diese Art und Weise entsteht ein aus miteinander verbundenen Ringsegmenten aufgebauter, geschlossener Ring. Dieser bewirkt, dass die Flansche von Vakuumkammer und Vakuumpumpe durch Formschluss gegen eine Bewegung senkrecht zur Flanschebene gesichert sind. Der einzige freie Freiheitsgrad ist der einer Drehung um diese senkrechte Achse. Sollte der Rotor gegen den Stator blockieren und daher die im Rotor gespeicherte kinetische Energie frei werden, wird diese zunächst in Verformungsenergie von Rotor und Stator umgesetzt. Der Rest wird an das Gehäuse der Vakuumpumpe übergeben und damit an die Flansch-

verbindung. Innerhalb dieser Flanschverbindung sind die Schrauben 210 die übertragenden Elemente. Ist das zu übertragene Drehmoment zu groß, geben diese Schrauben nach, das heißt sie werden durch Scherbelastung zerstört. Die Vakuumpumpe kann sich nun dank des Halteelements lediglich um ihre Achse drehen. Somit drehen auch die Flansche gegeneinander. Ein vollständiges Abreißen der Vakuumpumpe ist jedoch selbst im schlimmsten Fall ausgeschlossen. Durch die Drehung der Flansche und die damit einhergehende Reibung der Teile aufeinander wird die Energie abgebaut. Vorteilhaft ist es, die mit dem Flansch in Kontakt stehende Oberfläche 226 des Halteelements mit einem definierten und konstanten Reibwert zu versehen. Dies gelingt beispielsweise mit einer Oberflächenbeschichtung. Der Reibwert ist so bemessen, dass der Drehwinkel im ungünstigsten Falle nur wenige Grad, insbesondere etwa 5 Grad, beträgt. Die Reibung muss gleichzeitig gering genug sein, um die Einleitung von zu hohen Drehmomenten in den Kammerflansch zu vermeiden.

Patentansprüche

1. Anordnung mit Vakuumkammer (100; 200) und Vakuumpumpe (102; 202), welche ein Gehäuse (104; 204), einen darin angeordneten, schnell drehenden Rotor (106; 206) und einen mit dem Gehäuse verbundenen Flansch (108; 208) aufweist, und mit einer Schraube (110; 210) zum Verbinden des Flansches mit der Vakuumkammer, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anordnung ein Halteelement (120; 220) aufweist, welches derart gestaltet ist, dass der Flansch durch Formschluss gegen eine Bewegung senkrecht zur Flanschebene gesichert ist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Halteelement (120) einen mit der Vakuumkammer verbundenen Ring (122) und mit dem Ring verbundenen und den Formschluss herstellendes, verdrehsicheres Stoppelement (124) umfasst.
3. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vakuumkammer einen Kammerflansch aufweist und das Halteelement (220) derart gestaltet ist, dass es Flansch (208) und Kammerflansch (201) formschlüssig verbindet und eine Drehung um die Symmetrieachse zulässt.
4. Anordnung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Halteelement (220) eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung zueinander versetzt angeordneten und miteinander verbundenen Ringsegmenten (222a, 222b, 222c, 222d, 224a, 224b, 224c, 224d) aufweist.
5. Anordnung nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Festigkeit der Schraube (110; 220) derart bemessen ist, dass die Schraubverbindung bei einer Scherbelastung unterhalb oder gleich der maximal für die Vakuumkammer verträglichen Last durch Abscheren der Schraube nachgibt. 5

6. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mit dem Flansch in Kontakt stehende Oberfläche (126; 226) des Halteelements einen definierten und konstanten Reibwert aufweist. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

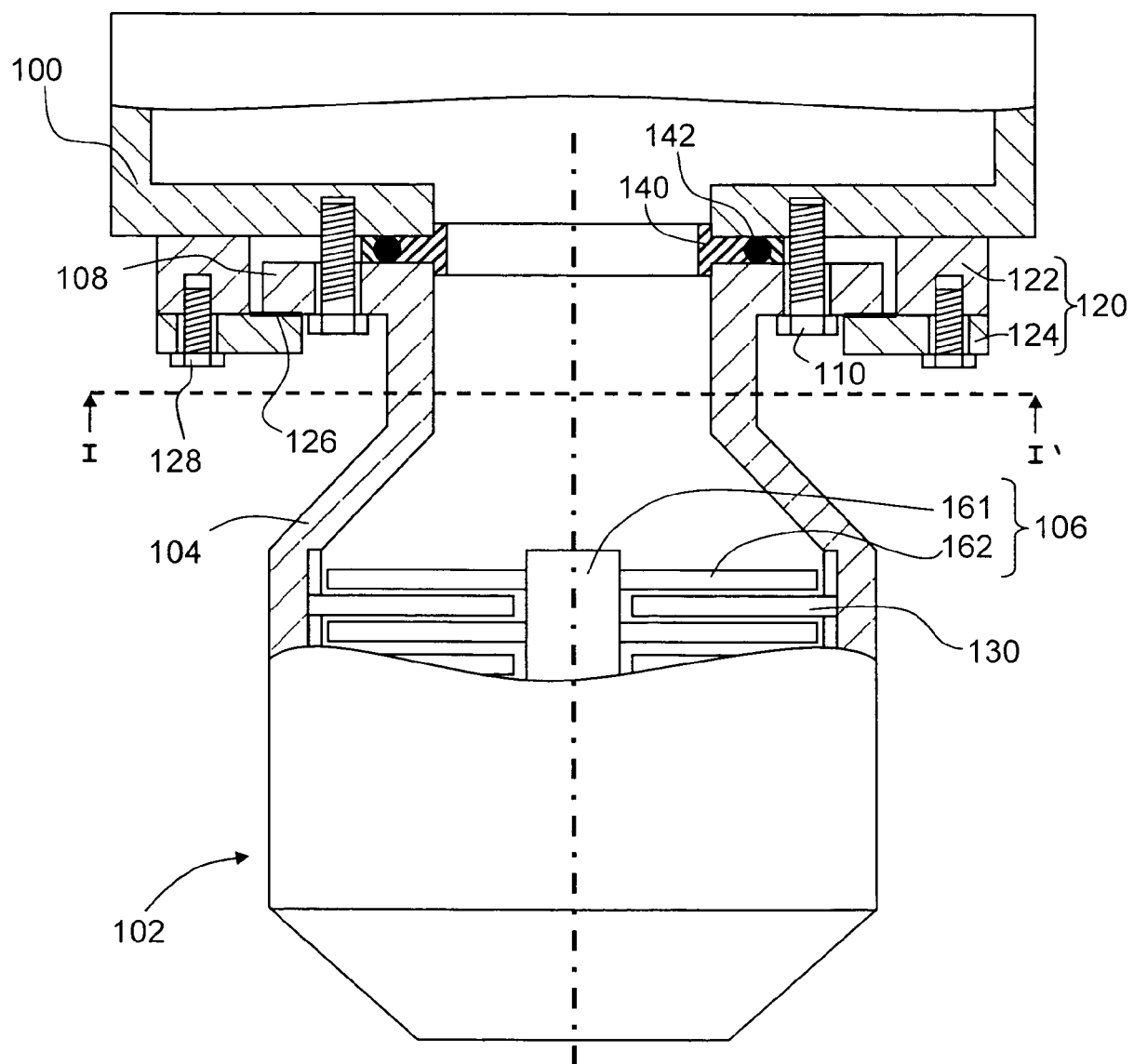


Fig. 1

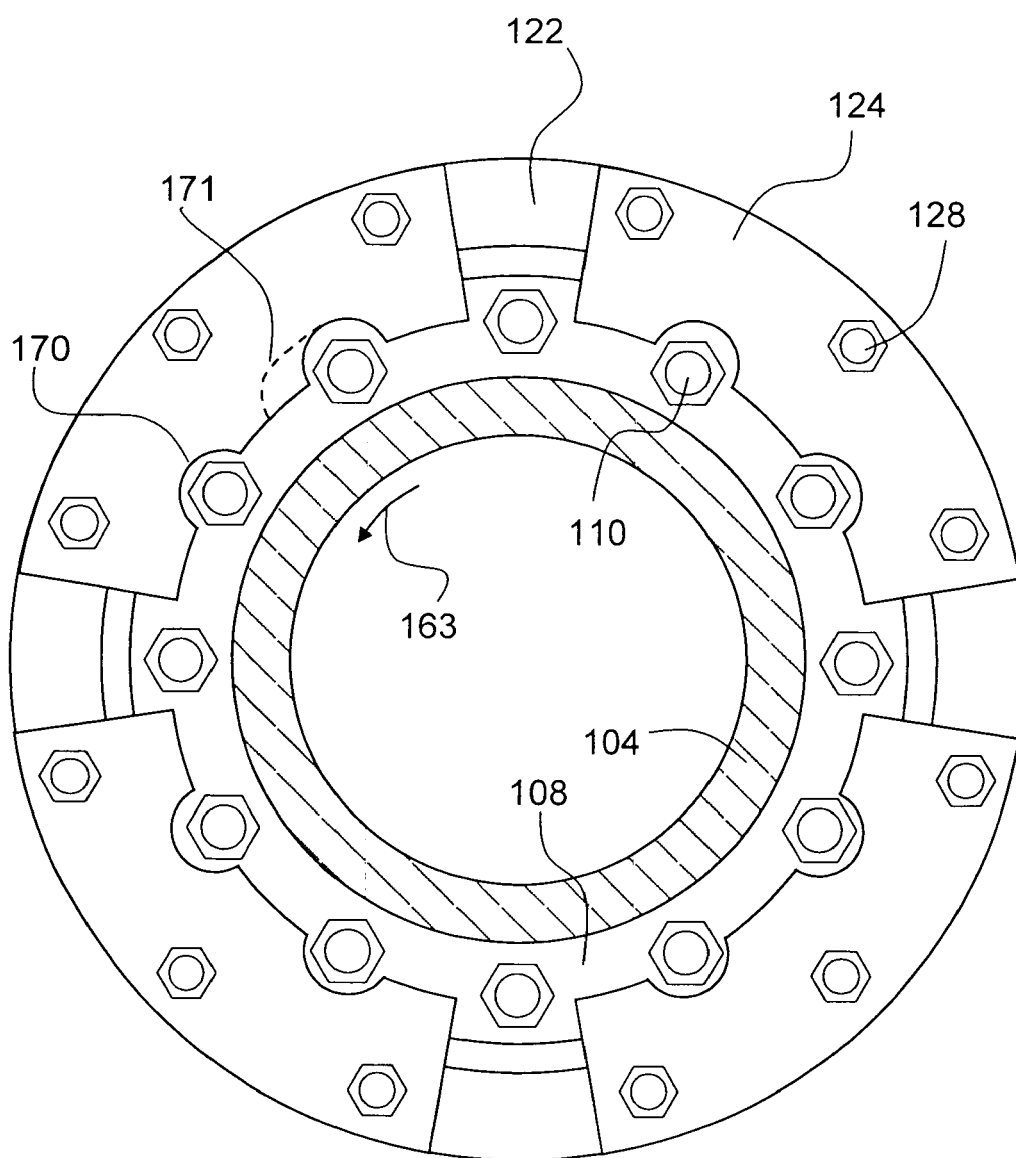


Fig. 2

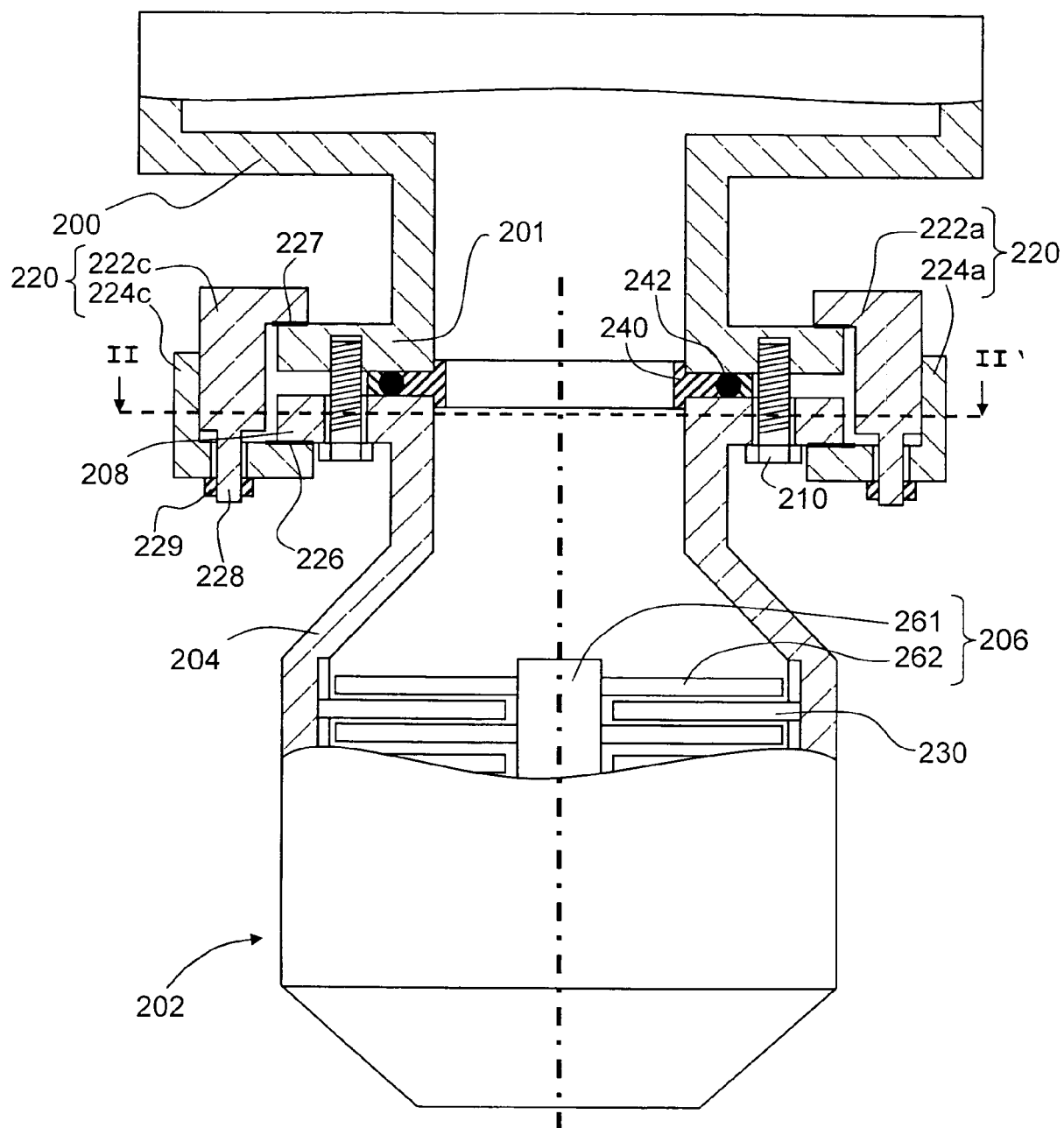


Fig. 3

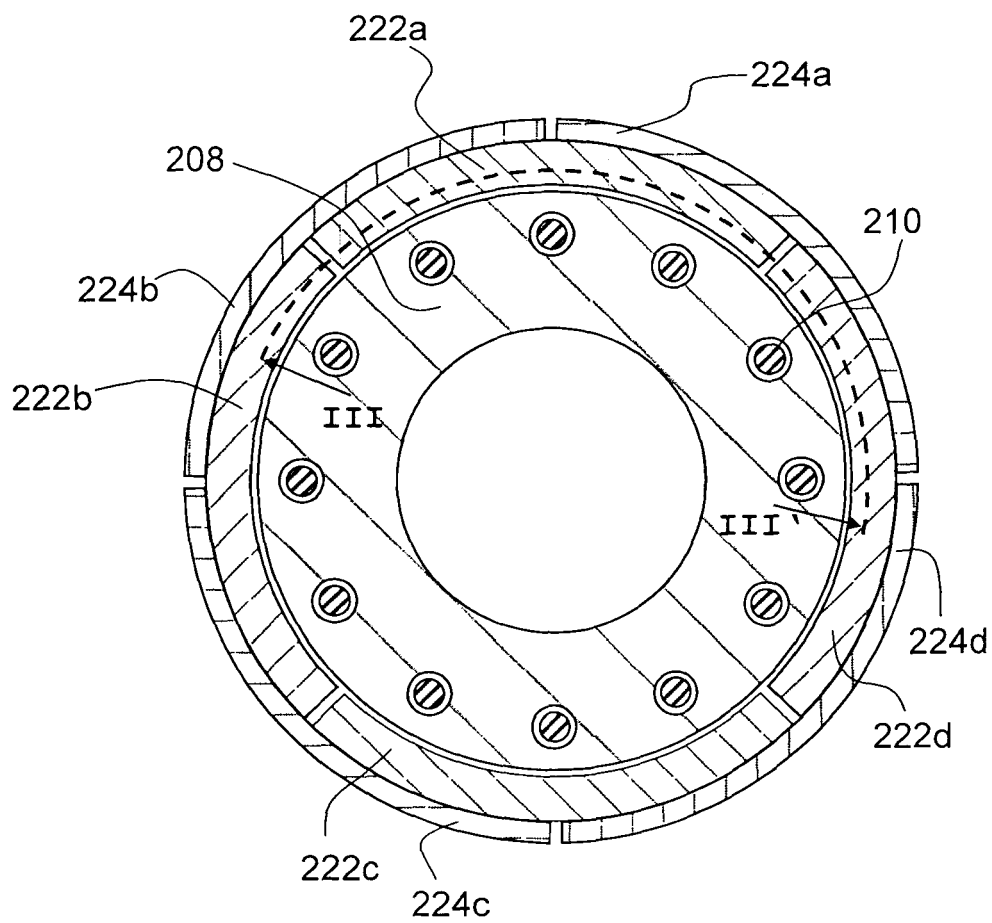


Fig. 4

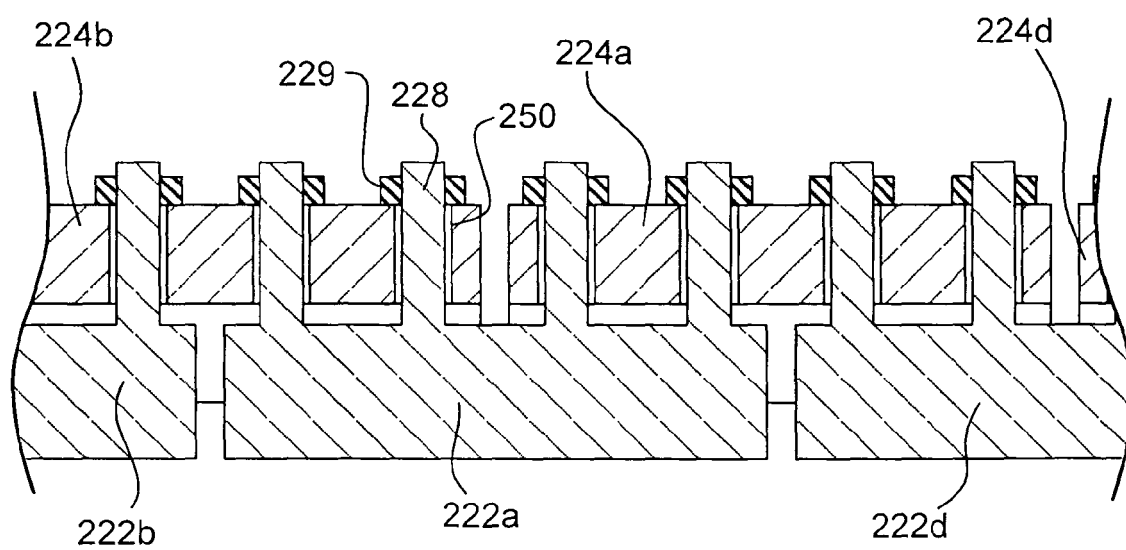


Fig. 5