



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 21 336 T2** 2004.02.19

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 015 778 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 21 336.6**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/KR97/00200**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 910 625.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 98/048183**

(86) PCT-Anmeldetag: **23.10.1997**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **29.10.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **05.07.2000**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **23.04.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **19.02.2004**

(51) Int Cl.7: **F16C 17/12**

(30) Unionspriorität:

97105252 **03.04.1997** **RU**

(73) Patentinhaber:

**Samsung Aerospace Industries, Ltd., Changwon,
Kyeongsangnam, KR; Moscow State Aviation
Institute, Moskau/Moskva, RU**

(74) Vertreter:

Wilhelms, Kilian & Partner, 81541 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, IT

(72) Erfinder:

**ERMILOV, Yuri I., Moscow, RU; RAVIKOVICH, Yuri
A., Moscow, RU**

(54) Bezeichnung: **DYNAMISCHES GASLAGER MIT FOLIEN**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Lager und insbesondere gasdynamische Folienlager mit Gas-schmierung, die für die axiale und radiale Lagerung von Rotoren verwandt werden, die sich mit einer hohen Geschwindigkeit in einem Turbomechanismus, beispielsweise einem Turbokühler, einem Turboexpander, einem Turbokompressor, einem Turbolader, einem Turbogenerator und einer Turbopumpe drehen.

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere ein gasdynamisches Folienlager, das im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegeben ist.

Technischer Hintergrund

[0003] Ein gasdynamisches Folienlager ist in seinem Aufbau einfach und kann wirtschaftlich hergestellt werden. Es wird daher in weitem Umfang bei, kleinformatischen Maschinen verwandt. Ein, bekanntes Lager, das in der US-A-3 893 733 beschrieben ist, ist ein eigendruckerzeugendes hydrodynamisches Folienlager, das elastische Folien, die für eine Halterung zwischen einem beweglichen und einem ortsfesten Lagerelement sorgen, und elastische Folienhalterungen umfasst, um die Folien zu stützen und zu versteifen.

[0004] Ein herkömmliches Axialgasfolienlager, auf dem der Oberbegriff des Anspruchs 1 basiert, ist im Patent der Sowjetunion Nr. 1754949 beschrieben und in **Fig. 1** dargestellt. Wie es in **Fig. 1** dargestellt ist, weist das Axialgasfolienlager eine Platte **1**, die an einer Unterlage **10** befestigt ist, Halteelemente **2**, die, durch Schweißen auf der Platte **1** befestigt sind, und elastische Folien **3** auf, die an den Halteelementen **2** durch Schweißen so angebracht sind, dass die elastischen Folien **3** einander überlappen, wie es dargestellt ist. Die elastische Folie **3** weist dabei einen Halteteil **3a** auf, der dessen hinteres Ende bildet und nicht am Halteelement **2** angebracht ist, wobei der Rand **3b** der elastischen Folie **3** mit der benachbarten Folie **3** in Kontakt steht. Der Krümmungsradius der elastischen Folie **3** nimmt von R1 auf R2 in Richtung auf den Rand **3b** ab. Eine Druckscheibe **11**, die mit einem Rotor (nicht dargestellt) beispielsweise einer Drehwelle verbunden ist, befindet sich auf den elastischen Folien **3**.

[0005] Wenn sich die Druckscheibe **11** dreht die mit dem Rotor verbunden ist, wird Gas in den Zwischenraum zwischen der Druckscheibe **11** und den elastischen Folien **3** gesaugt, wodurch die Druckscheibe **11** von den elastischen Folien **3** abgenommen wird, bis deren Drehgeschwindigkeit eine normale Abhebegeschwindigkeit erreicht. Zu diesem Zeitpunkt wird die elastische Folie **3** durch den Rand **3b** der benachbarten Folie **3** nach unten gedrückt und elastisch verformt, so dass sie die obere Außenfläche der Platte **1**

an einer Stelle- A (**Fig. 2**) kontaktiert. Die untere Außenfläche der geformten Folie **3** steht gleichzeitig in Kontakt mit dem Halteteil **3a** der benachbarten Folie **3** an der Stelle B und wird durch diesen elastisch gehalten.

[0006] Das herkömmliche Axialgasfolienlager hat jedoch mehrere Nachteile. Da der Halteteil **3b**, der die benachbarte elastische Folie **3** hält, in einem Stück mit der elastischen Folie **3** aus dem gleichen Material ausgebildet ist, kann er einer durch die axiale Belastung elastisch verformten Folie **3** zusätzlich keine ausreichende Festigkeit geben. Die elastische Folie **3** wird somit nach unten verformt, bis sie die obere Außenfläche der Platte **1** kontaktiert, was dazu führt, dass die axiale Versetzung der Druckscheibe **11** oder des damit verbundenen Rotors während der anfänglichen Arbeit des Lagers zunimmt.

[0007] Darüber hinaus sind die Dämpfung gegenüber einer axialen Last und die Lastaufnahmefähigkeit des Lagers schlecht, da die elastischen Folien **3** die Platte **1** während der Arbeit bei normaler Abhebegeschwindigkeit kontaktieren. Die elastische Folie **3** hat weiterhin einen Radius, der allmählich zum Rand **3b** hin kleiner wird, was die Herstellung kompliziert und schwierig macht.

Beschreibung der Erfindung

[0008] Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung ein gasdynamisches Folienlager zu schaffen, das die Versetzung der Druckscheibe oder der Achse während des anfänglichen Betriebes vermindert, die Lastaufnahmekapazität des Lagers erhöht und seine Herstellung vereinfacht.

[0009] Gemäß der Erfindung wird ein gasdynamisches Folienlager geschaffen, das eine Platte, die an einer Unterlage angebracht ist, Halteelemente, die in bestimmten Intervallen auf der Platte befestigt sind, elastische Folien, die mit einem Ende an den Halteelementen so angebracht sind, dass sie einander überlappen, und eine Druckscheibe umfasst, die mit einem sich drehenden Rotor zu verbinden ist und auf den elastischen Folien angeordnet ist, welches gekennzeichnet ist durch, wenigstens eine gebogene Feder, die zwischen den elastischen Folien und der Platte im Überlappungsbereich der elastischen Folien angeordnet ist, um die elastischen Folien zu stützen, wobei die Bogenhöhe der gebogenen Feder vom Innenradius der Platte zum Außenradius zunimmt, während ihre Breite vom Innenradius der Platte zum Außenradius abnimmt.

[0010] Die elastische Folie hat dieselbe Krümmung über ihre gesamte Länge und die gebogene Feder besteht aus einem Arbeitsteil, der die elastische Folie stützt und elastisch verformt ist, und Verbindungsteilen auf einer oder beiden Seiten davon, die mit der Platte an einer Stelle außerhalb des Lagerbetriebsbereiches zwischen dem Innenradius und dem Außenradius der elastischen Folie verbunden sind.

[0011] Alternativ sitzt die gebogene Feder auf einer

Rille, die in einer Positionierungsplatte ausgebildet ist, die mit der Platte verbunden ist, und wird die gebogene Feder durch die elastischen Folien an einem Herausfallen aus der Rille gehindert.

[0012] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist die Festigkeit der elastischen Folienpackung durch die Festigkeit der elastischen Folien während des Anfangsbetriebes und durch die Festigkeit der gebogenen Feder während des normalen Abhebetriebes bestimmt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0013] **Fig. 1** und **2** zeigen Schnittansichten eines herkömmlichen Axialgasfolienlagers,

[0014] **Fig. 3** und **4** zeigen Schnittansichten eines weiteren druckgasdynamischen Folienlagers, das eine gebogene Feder umfasst und nicht unter den Umfang der Ansprüche fällt,

[0015] **Fig. 5** zeigt eine Draufsicht auf das druckgasdynamische Folienlager, das in **Fig. 4** dargestellt ist,

[0016] **Fig. 6** zeigt in einer **Fig. 5** ähnlichen Ansicht die Verbindung der Halteelemente und der gebogenen Feder,

[0017] **Fig. 7** zeigt eine Schnittansicht eines weiteren Beispiels der Verbindung der gebogenen Feder im druckgasdynamischen Folienlager von **Fig. 4**,

[0018] **Fig. 8** zeigt in einer Schnittansicht den Zustand des druckgasdynamischen Folienlagers bei normaler Abhebegeschwindigkeit,

[0019] **Fig. 9** zeigt in einer Draufsicht die Verbindung der gebogenen Federn von **Fig. 7**,

[0020] **Fig. 10** zeigt in einer Draufsicht ein Beispiel der gebogenen Feder gemäß der vorliegenden Erfindung,

[0021] **Fig. 11** zeigt eine Schnittansicht längs der Linie XI–XI in **Fig. 10**,

[0022] **Fig. 12** zeigt in einer graphischen Darstellung die Änderung in der Druckscheibenhöhe H in Abhängigkeit von der axialen Belastung F im druckgasdynamischen Folienlager.

Bestes Ausführungsbeispiel der Erfindung

[0023] Ein gasdynamisches Folienlager der vorliegenden Erfindung kann entweder als Axiallager oder als Radiallager verwandt werden. Ein gasdynamisches Folienaxiallager ist in **Fig. 3** und **4** dargestellt. Wie es in den Zeichnungen dargestellt ist, umfasst das gasdynamische Folienlager eine Platte **13**, die an einer Unterlage **10** angebracht ist und Halteelemente **14** aufweist, die in bestimmten Intervallen fest, beispielsweise durch Schweißen und Kleben daran angebracht sind oder durch Ätzen oder Plattenverformung ausgebildet sind, und elastische Folien **15**, die auf den Halteelementen **14** der Platte **13** an einem ihrer Enden ebenfalls durch Schweißen befestigt sind. Die elastischen Folien **15** überlappen einander und der Rand **16** jeder elastischen Folie **15** sitzt auf der

oberen Außenfläche der benachbarten elastischen Folie **15**.

[0024] Wie es in den **Fig. 5** und **6** dargestellt ist, ist die Verbindung zwischen dem Ende der elastischen Folie **15** und dem Halteelement **14** (siehe **Fig. 4**) und zwischen der Platte **13** und dem Halteelement **14** an einer Stelle **14a** und **14b** vorgesehen, die außerhalb des Lagerbetriebsbereiches zwischen dem Innenradius R_i und dem Außenradius R_e der elastischen Folie **15** liegt. Das Halteelement **14** und die elastische Folie **15** sind dabei vorzugsweise an den Stellen **14a** und **15a** in Richtung auf den Außenradius der Platte **13** oder an beiden Stellen **14a** und **14b** und **15a** und **15b** jeweils verschweißt. Die elastische Folie **15** kann weiterhin eine Breite haben, die vom fest angebrachten Teil zum Rand **16** allmählich kleiner wird.

[0025] Eine bogenförmige gebogene Feder **17** zum Stützen der elastischen Folie **15** ist zwischen der elastischen Folie **15** und der Platte **13** im Überlappungsbereich der elastischen Folien **15** angeordnet. Die gebogene Feder **17** hat eine Festigkeit, die größer als die der elastischen Folie **15** ist.

[0026] Wie es in **Fig. 6** dargestellt ist besteht die gebogene Feder **17** aus einem Arbeitsteil **17c**, der die elastische Folie **15** stützt und elastisch verformt ist, und Verbindungsteilen **17a** und **17b** auf dessen beiden Seiten. Die gebogene Feder ist auf der Platte **13** dadurch angebracht, dass die Verbindungsteile **17a** und **17b** an die Platte **13** an Stellen geschweißt sind, die außerhalb des oben erwähnten Lagerbetriebsbereiches liegen. Dabei ist die gebogene Feder **17** vorzugsweise an der Stelle **17b** in Richtung auf den Außenradius der Platte **13** oder an beiden Stellen **17a** und **17b** verschweißt.

[0027] Wie es in den **Fig. 7** und **9** dargestellt ist, ist alternativ eine Positionierungsplatte **27**, die eine Rille aufweist, die auf eine bestimmte Tiefe ausgebildet ist, auf die Platte **13** geschweißt und sitzt die gebogene Feder **17** lose auf der Rille der Positionierungsplatte **27**. Dabei hat die Rille ausreichenden Spielraum für eine elastische Verformung der gebogenen Feder **17**. Diese Art des Aufbaus stellt eine Selbstinstallation der gebogenen Feder **17** an der Platte **13** sicher und die elastische Folie **15** verhindert, dass die gebogene Feder **17** aus der Positionierungsplatte **27** herausfällt.

[0028] Gemäß der vorliegenden Erfindung nimmt die Bogenhöhe H_a der gebogenen Feder **17** vom Innenradius der Platte **13** zum Außenradius zu, während ihre Breite W vom Innenradius der Platte **13** zum Außenradius abnimmt, wie es in **Fig. 10** und **11** dargestellt ist.

[0029] Eine Druckscheibe **11**, die mit einem Rotor, beispielsweise einer Drehachse verbunden ist, befindet sich weiterhin auf der elastischen Folie **15**.

[0030] Bei der Arbeit des gasdynamischen Folienaxiallagers, während sich der Rotor und die Druckscheibe **11** in die durch einen Pfeil in **Fig. 4** angegebene Richtung drehen, zieht die Druckscheibe **11** Gas in einen Kontraktionsbereich, d. h. in den Be-

reich zwischen der Druckscheibe **11** und den elastischen Folien **15** ein. Der Gasdruck im Kontraktionsbereich nimmt schnell zu, wodurch die Druckscheibe **11** von den elastischen Folien **15** getrennt wird, wie es in **Fig. 8** dargestellt ist.

[0031] Die Belastungscharakteristiken des gasdynamischen Folienaxiallagers während des Betriebes werden im Folgenden im Einzelnen anhand von **Fig. 12** beschrieben, die die Änderung in der Höhe H in der Druckscheibe **11** (siehe **Fig. 4**) gegenüber der Platte **13** in Abhängigkeit von der Last F zeigt, die, an der Druckscheibe **11** liegt. Die Kurve I zeigt dabei ein gasdynamisches Folienaxiallager, das in den **Fig. 4** bis **12** dargestellt ist und die Kurve II zeigt ein herkömmliches Lager, das in den **Fig. 1** und **2** dargestellt ist.

[0032] Wenn eine relativ kleine Last unter eine Last F_1 , beispielsweise eine Last, die während des Anfangsbetriebes des Lagers anliegt, auf die Druckscheibe **11** wirkt, ändert sich die Druckscheibenhöhe H abrupt von H_0 auf H_1 , wobei H_1 durch den folgenden Ausdruck bestimmt ist:

$$H_1 = H_{\min} + H_{sp} \quad (1)$$

$$H_{\min} = 2\delta_f + \delta_{sp} \quad (2)$$

[0033] H_{sp} ist dabei die Höhe des Bogens der gebogenen Feder, H_{\min} ist der kleinste Abstand zwischen der Druckscheibe **11** und der Platte **13**, δ_f ist die Stärke der elastischen Folie und δ_{sp} ist die Stärke der gebogenen Feder. Das heißt, dass die Druckscheibe **11** die elastische Folie **15** im Kontaktbereich zwischen der Stelle C (siehe **Fig. 4**) und der Stelle D kontaktiert und dass das Profil der Kurve während des Anfangsbetriebes durch die Festigkeit der elastischen Folien **15** bestimmt ist. Zu diesem Zeitpunkt ist die Verformung der gebogenen Feder **17** aufgrund ihrer hohen Festigkeit vernachlässigbar.

[0034] Die gebogene Feder **17** beginnt sich zu verformen, wenn die Druckscheibenhöhe H weiter abnimmt. Dann beginnt die Festigkeit der gebogenen Feder **17** die Festigkeit des elastischen Fo-1ienpaketes zu bestimmen und nimmt diese Festigkeit abrupt zu. Bei einer Druckscheibenhöhe H unter H_1 nimmt die durch die Druckscheibe **11** aufnehmbare Last schnell von F_1 zu.

[0035] Bei einem Turbomechanismus wird gewöhnlich einseitiges Rxiiallager verwandt. Um dabei die axiale Versetzung zu verringern ist das Axiallager mit elastischen Folien **15** aufgebaut, die etwas dadurch verformt sind, dass sie durch eine axiale Vorlast zusammengedrückt sind. Wenn $H > H_1$ ist, führt gemäß der Erfindung eine geringe Änderung in der Last F zu einer großen Änderung in der Druckscheibenhöhe H , wodurch die axiale Vorlast verglichen mit

dem herkömmlichen Lager herabgesetzt wird, das durch die Kurve II wiedergegeben ist. Vorausgesetzt, dass die vorhergehende Montagehöhe der Druckscheibe H_p ist, ist insbesondere eine Last F_I für die Kurve I (vorliegende Erfindung) und eine Last F_{II} , die größer als F_I ist, für die Kurve II (herkömmliches Lager) erforderlich. Die Trennung der Druckscheibe von der elastischen Folie für die Kurve II macht somit eine Last erforderlich, die höher als die für die Kurve I ist, was zu einer erheblichen Zunahme in der Abhebedrehgeschwindigkeit der Druckscheibe führt. Die Zunahme in der Abhebegeschwindigkeit bewirkt einen Reibungsverlust zwischen der elastischen Folie **15** und der Druckscheibe **11**, was die Betriebslebensdauer, d. h. die Rotor-Start-Stopp-Zahl verringert. Da die Abhebedrehgeschwindigkeit des gasdynamischen Folienlagers gemäß der Erfindung relativ niedrig ist kann das Lager bei Rotoren mit nicht hoher Geschwindigkeit angewandt werden und nimmt die Lebensdauer zu.

[0036] Da die Druckscheibe **11** weiterhin die elastische Folie **15** über einen relativ großen Bereich der Länge im Kontaktbereich zwischen den Punkten C und D kontaktiert und diese eine relativ kleine Anfangskrümmung hat, nimmt die Kontaktspannung, die durch die Druckscheibe **11** auf die elastische Folie **15** ausgeübt wird, ab. Das erhöht die Lebensdauer des Turbomechanismus erheblich.

[0037] Wie es in **Fig. 12** dargestellt ist, ändert sich die Druckscheibenhöhe H von H_0 auf H_1 , während sich die Druckscheibenhöhe des herkömmlichen Lagers von H_0 auf H_2 ändert. Die Versetzung der Druckscheibe nimmt gemäß der Erfindung somit ab.

[0038] Wenn $H < H_1$ ist, sind die Lagerlastaufnahmefähigkeit und die Dämpfung durch die hohe Festigkeit der gebogenen Feder **17** verbessert. In diesem Bereich ändert sich die Form der gebogenen Feder **17** von einer Bogenform in eine geradlinige Form, wie es in **Fig. 8** dargestellt ist. Dabei bleiben die Enden der gebogenen Feder **17** bogenförmig und tritt ein geradliniger, Teil in der Mitte zwischen den Kontaktpunkten E und F der elastischen Folie auf, wobei die Länge mit zunehmender Last ansteigt.

[0039] Die elastischen Folien **15** sind weiterhin durch die gebogene Feder so gehalten, dass sie bei normaler Abhebegeschwindigkeit nahezu eben bleiben. Wie es aus der Theorie der Gasschmierung bekannt ist, tritt die maximale Belastungsaufnahmefähigkeit der Schmierschicht am sich verjüngenden Eingangsbereich des Schmierungsprofilprofils und dem flachen Teil auf. Die Lagerlastaufnahmekapazität nimmt daher zu.

Industrielle Anwendbarkeit

[0040] Wie es oben beschrieben wurde hat das gasdynamische Folienlager den Vorteil der Verringerung der maximalen axialen Versetzung und der Verbesserung der Lagerlastaufnahmefähigkeit. Die elastische Folie hat weiterhin über ihre gesamte Länge die

gleiche Krümmung, was ihre Herstellung vereinfacht und die Stabilität der Lagereigenschaften verbessert.

Patentansprüche

1. Gasdynamisches Folienlager mit einer Platte (13), die an einer Unterlage (10) angebracht ist, Halteelementen (14), die in bestimmten Intervallen auf der Platte (13) befestigt sind, elastischen Folien (15), die mit einem Ende an den Halteelementen (14) so angebracht sind, dass sie einander überlappen, einer Druckscheibe (11), die mit einem sich drehenden Rotor zu verbinden ist und auf den elastischen Folien (15) angeordnet ist, gekennzeichnet durch, wenigstens eine gebogene Feder (17); die zwischen den elastischen Folien (15) und der Platte (13) im Überlappungsbereich der elastischen Folien (15) angeordnet ist, um die elastischen Folien (15) zu stützen, wobei die Bogenhöhe der gebogenen Feder (17) vom Innenradius der Platte (13) zum Außenradius zunimmt, während ihre Breite vom Innenradius der Platte (13) zum Außenradius abnimmt.

2. Gasdynamisches Folienlager nach Anspruch 1, bei dem die elastische Folie (15) die selbe Krümmung über ihre gesamte Länge hat.

3. Gasdynamisches Folienlager nach Anspruch 1, bei dem die gebogene Feder (17) mit der Platte (13) dadurch verbunden ist, dass ihre Ränder mit der Platte verschweißt sind.

4. Gasdynamisches Folienlager nach Anspruch 1, bei dem die gebogene Feder (17) aus einem Arbeitsteil (17c), der die elastische Folie (15) stützt und elastisch verformt ist, und Verbindungsteilen (17a, 17b) auf einer oder beiden Seiten des Arbeitsteiles besteht, die mit der Platte (13) an einer Stelle außerhalb des Lagerbetriebsbereiches zwischen dem Innenradius (Ri) und dem Außenradius (Re) der elastischen Folie (15) verbunden sind.

5. Gasdynamisches Folienlager nach Anspruch 1, bei dem die gebogene Feder (17) lose auf einer Rille sitzt, die in einer Positionierungsplatte (27) ausgebildet ist, die mit der Platte verbunden ist, und durch die elastischen Folien daran gehindert ist, aus der Rille herauszufallen.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

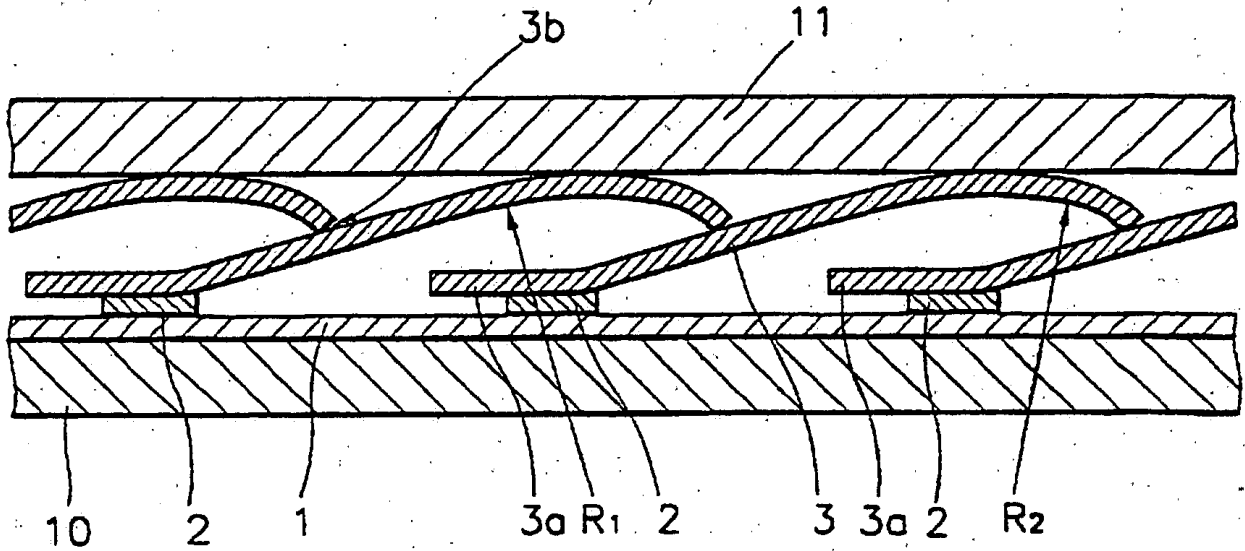


FIG. 2

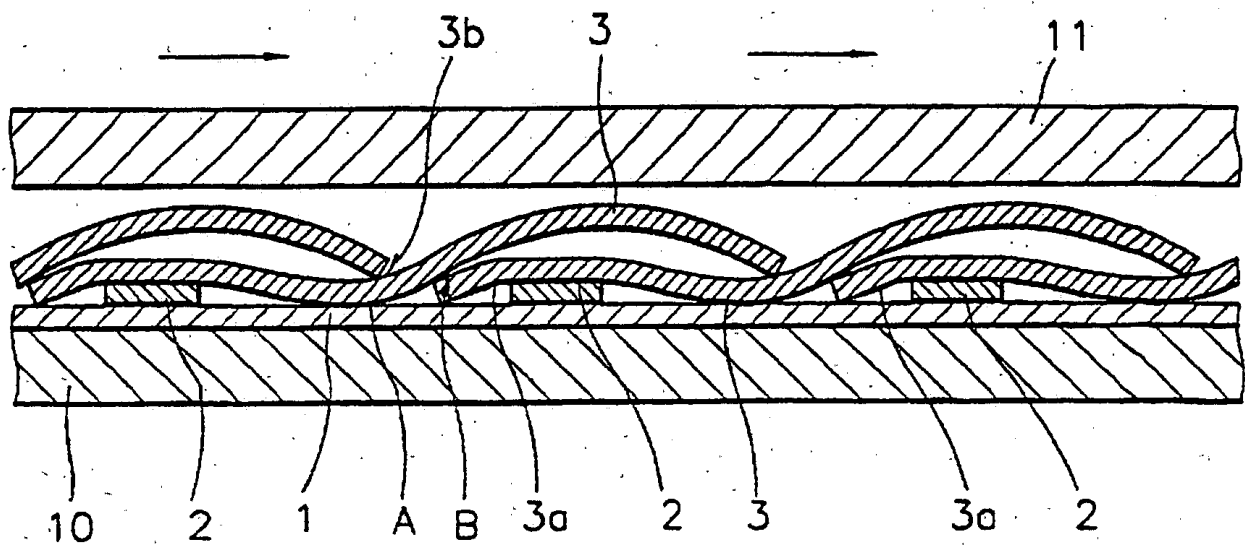


FIG. 3

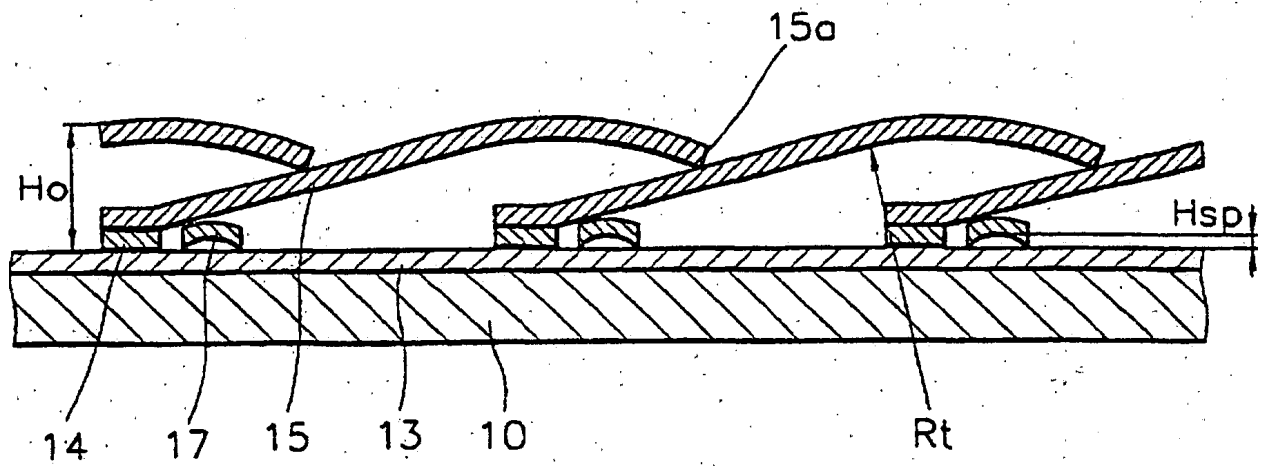


FIG. 4

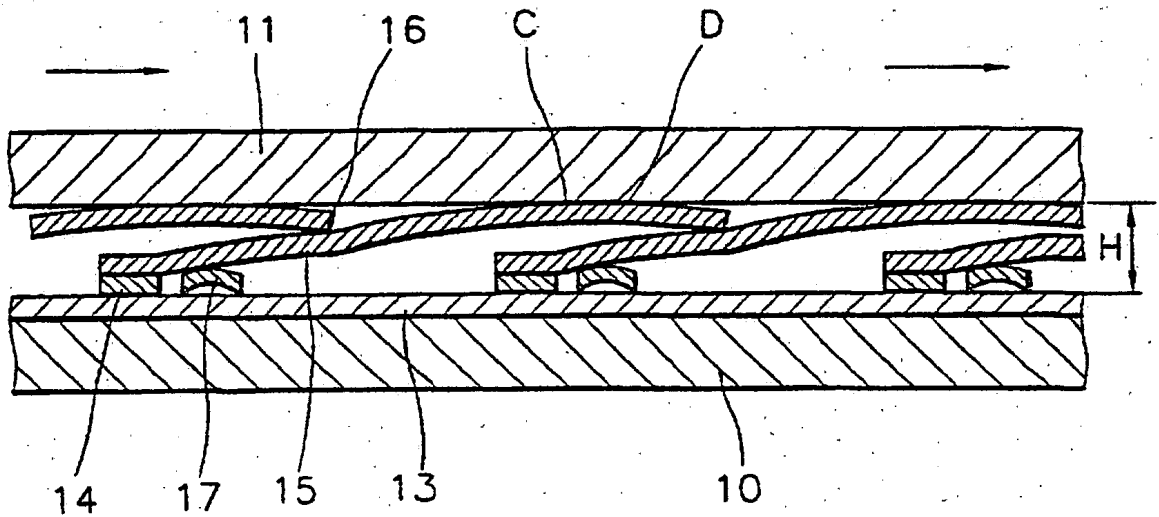


FIG. 5

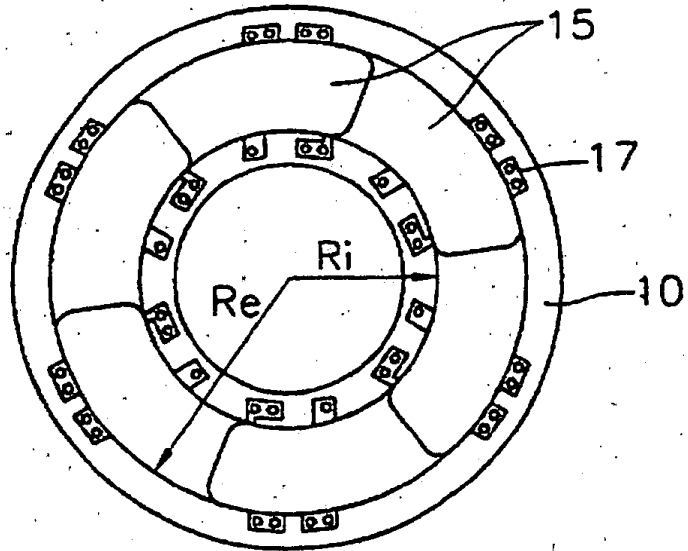


FIG. 6

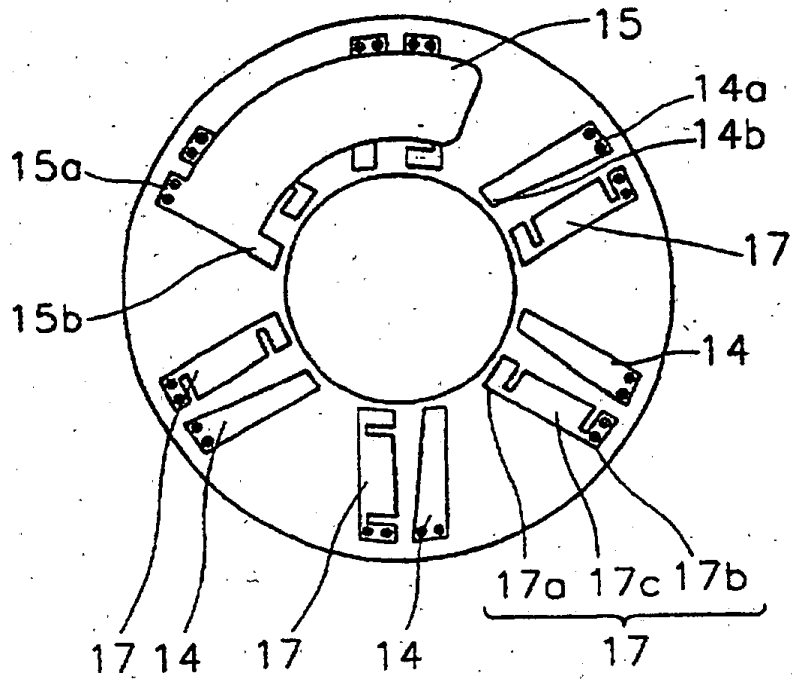


FIG. 7

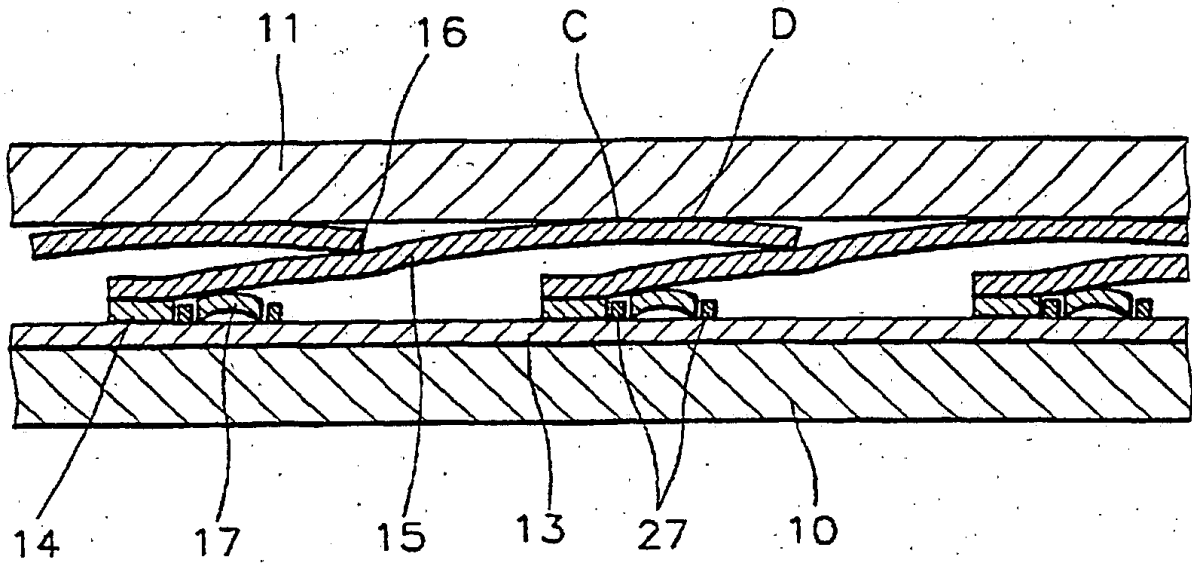


FIG. 8

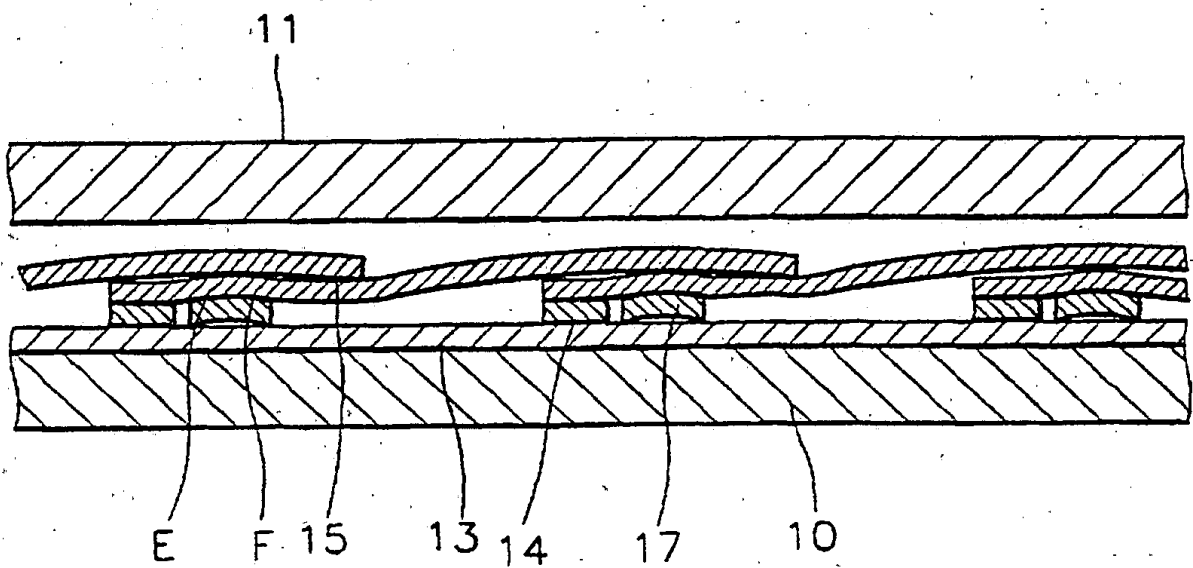


FIG. 9

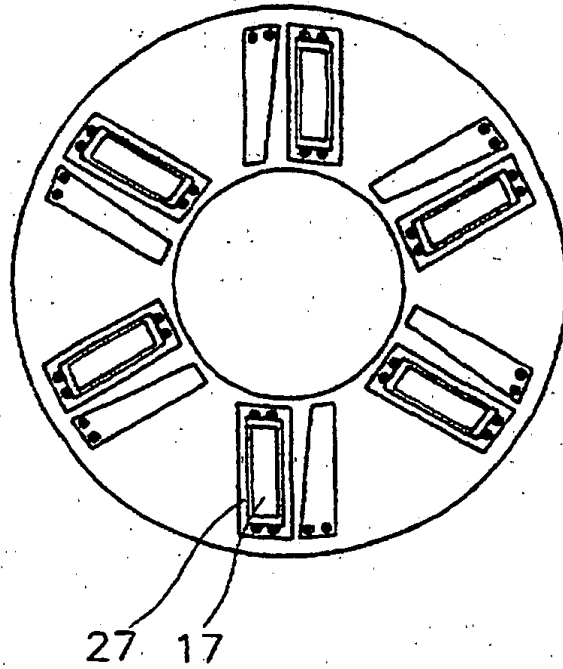


FIG. 10

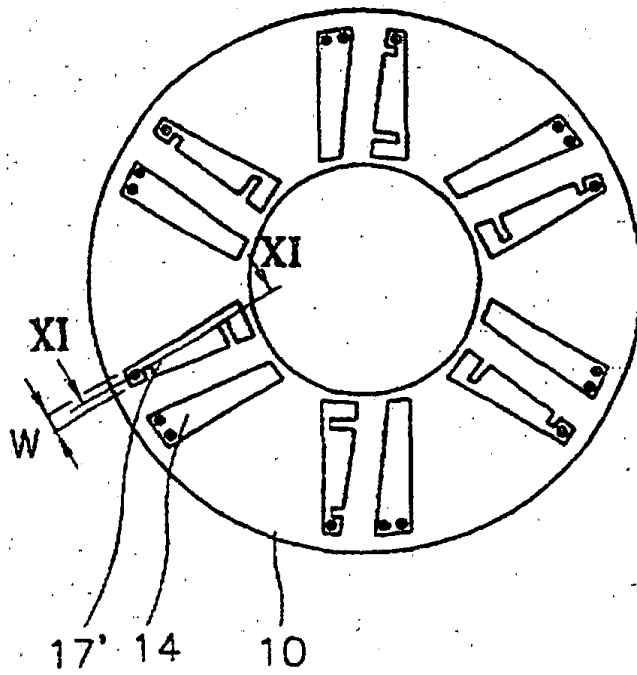


FIG. 11

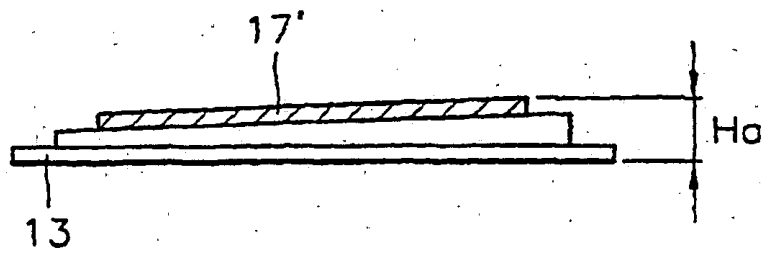


FIG. 12

