



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 032 673 A1** 2007.01.18

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 032 673.0**

(22) Anmeldetag: **13.07.2005**

(43) Offenlegungstag: **18.01.2007**

(51) Int Cl.⁸: **F16C 32/04 (2006.01)**

(71) Anmelder:

Renk Aktiengesellschaft, 86159 Augsburg, DE

(72) Erfinder:

Schliephack, Christian, Dr., 31863 Coppenbrügge, DE;
Schmitz, Albert K., 30966 Hemmingen, DE;
Marschhausen, Hans, 30559 Hannover, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 100 34 922 C2

DE 43 34 662 A1

JP 11-3 15 836 A

JP 2002-0 05 167 A

Firmenschrift: S2M Einführung in die Technologie und Anwendung der aktiven Magnetlager. Societe de

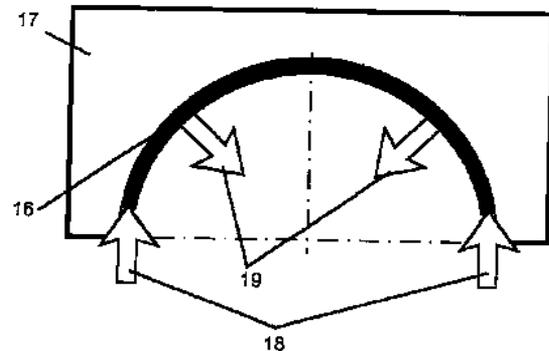
Mecanique Magnetique, BP 431, 27204 Vernon Cedex, Frankreich, 1985;;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Geteiltes aktives Magnetlager**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein aktives Magnetlager zur drehbaren Lagerung eines Rotors (4) mit einer in einem Lagergehäuse (1, 6, 17) angeordneten Statorblechung (2, 5, 16), die mit Wicklungen (10) versehen ist und über den Umfang verteilte Polpaare von Elektromagneten bildet, wobei die Statorblechung (2, 5, 16) und das Lagergehäuse (1, 6) jeweils in mindestens einer Ebene (3) geteilt sind und mindestens zwei fügbare Halbschalen (7, 11) bilden, wobei die geteilte Statorblechung (2, 5, 16) durch Verspannkräfte in eine vorgegebene schalenförmige Gestalt bringbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein geteiltes aktives Magnetlager gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Magnetische Lager erlauben eine berührungs- und verschleißfreie Lagerung von bewegten Teilen. Sie benötigen keine Schmiermittel und können reibungsarm konstruiert werden. Sogenannte aktive Magnetlager mit Elektromagneten benötigen eine aktive Lageregelung, die über Lagesensoren und einen Regelkreis die Ströme der Tragemagnete steuert und Abweichungen des Rotationskörpers aus seiner Soll-Lage entgegenwirkt. Für die Erzeugung der erforderlichen Lagerkraft sind Verstärker vorgesehen, welche die Stellenenergie in Form entsprechender elektrischer Ströme bereitstellen.

[0003] Die Statoren aktiver Magnetlager bestehen aus mehreren über den Umfang verteilten Polpaaren und sind in der herkömmlichen Bauweise mit ungeteilten Blechen ausgeführt, in welche der Rotor bei Luftspalten von wenigen Zehntelmillimetern zur Montage axial eingeführt werden muss. Dies erfordert eine hohe Präzision und bedingt – insbesondere bei großen Maschinen – einen komplizierten Montageaufwand.

Stand der Technik

[0004] Aus der Firmenschrift "ACTIDYNE NEWS" Nr. 5 vom Mai 1995, der Firma S2M, Frankreich ist ein mehrteiliges aktives radiales Magnetlager für eine vertikale Hydroturbine bekannt. Die Radialbelastungen sind bei solchen Vertikalmaschinen in der Regel sehr gering und fallen bei Horizontalmaschinen – aufgrund des Eigengewichts des Rotors – wesentlich höher aus.

Aufgabenstellung

[0005] Hiervon ausgehend ist es die Aufgabe der Erfindung, ein aktives Magnetlager für Wellen mit großen Radialbelastungen zu schaffen, das sich einfach und unkompliziert montieren lässt.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0007] Erfindungsgemäße Lager werden besonders vorteilhaft bei horizontal zu lagernden Wellen verwendet.

[0008] Durch die erfindungsgemäße Ausführung der Statorblechung in geteilter Form als zwei Halbschalen ist es in vorteilhafter Weise möglich, die gesamte Montage der Maschine von unten nach oben vorzunehmen. Auf das komplizierte und aufwendige

axiale Einfädeln des Rotors kann verzichtet werden. Der Rotor kann einfach in die untere Lagerhälfte eingelegt werden, und die obere Lagerhälfte kann danach aufgesetzt sowie befestigt werden. Insbesondere bei Maschinen mit großen Abmessungen kann die Montage somit erheblich vereinfacht werden.

[0009] Die Statorblechhälften können aus weichmagnetischem Blech als Rohmaterial gefertigt werden. Der Zuschnitt kann z. B. mittels Laser- oder Wasserstrahlschneiden erfolgen.

[0010] Ebenso können auch ISO-Normblechschnitte für Elektromotoren verwendet werden, die nachträglich in der Mitte getrennt werden.

[0011] Weitere Merkmale und Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen in Verbindung mit der Beschreibung.

Ausführungsbeispiel

[0012] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der zugehörigen schematischen Zeichnung näher erläutert. Die

[0013] **Fig. 1** zeigt die prinzipielle Gestaltung eines erfindungsgemäß geteilten Magnetlagers,

[0014] **Fig. 2** zeigt eine Statorblechung, und in

[0015] **Fig. 3** ist eine Hälfte eines starren Statorgehäuses gezeigt.

[0016] Die **Fig. 1** zeigt die prinzipielle Teilung eines erfindungsgemäßen Magnetlagers am Beispiel eines horizontal gelagerten Rotors **4**. Das Magnetlager besteht aus einer oberen Lagerbockhälfte **1** mit einer ersten Statorblechhälfte **2** und einer unteren Lagerbockhälfte **6** mit einer zweiten Statorblechhälfte **5**, die jeweils eine Halbschale **7** bzw. **11** bilden. Die beiden Halbschalen **7** und **11** lassen sich an einer Teilfuge **3** zusammenfügen und werden vorzugsweise miteinander verschraubt. Für die exakte Ausrichtung der beiden Hälften **7** und **11** zueinander können Stifte **8** vorgesehen werden, die in Bohrungen **9** an der anderen Hälfte aufgenommen werden.

[0017] Die Statorblechhälften **2**, **5** sind mit Wicklungen **10** versehen, um über einen elektrischen Strom einen magnetischen Fluss in den Statorblechpaketen **2**, **5** zu induzieren. Die erforderlichen Verkabelungen der einzelnen Wicklungen können separat von den beiden Halbschalen **7**, **11** weggeführt werden und außerhalb des Lagergehäuses **1**, **6** entsprechend mit einer Verstärkereinrichtung verbunden werden. Ebenso ist es auch möglich, in der Teilfuge **3** Steckverbindungen vorzusehen, welche die elektrischen Anschlüsse der Wicklungen **10** der einzelnen Halbschalen **7**, **11** entsprechend miteinander verbinden und

die einzelnen Verkabelungen der beiden Lagerbockhälften 1, 6 zunächst zu einem gemeinsamen Strang zusammenführen. Die Verbindung bzw. der Anschluss an eine Verstärkereinrichtung kann dann über eine einzige Vielfachsteckverbindung erfolgen.

[0018] Die für die aktive Lageregelung des Rotors erforderlichen Sensoren können in besonders vorteilhafter Weise in die Statorblechpakete 2, 5 integriert werden, so dass sie die Lage des Rotors 4 in der Ebene des Kraftangriffs aufnehmen. Die technischen Einzelheiten dazu sind aus der parallelen Anmeldung DE (internes AZ des Anmelders: PB04631) zu entnehmen.

[0019] Die Verkabelungen der Sensorik und Steuerungs-/Regelungseinrichtung für die Lageregelung des Rotors 4 können ebenfalls separat von den Halbschalen 7, 11 weggeführt werden oder in den gemeinsamen Strang mit den Zuleitungen zu den Wicklungen 10 integriert werden. Für die Signalleitungen kann es vorteilhaft sein, entsprechende Schirmungen vorzusehen.

[0020] Durch die zusätzliche Integration der Verstärkereinrichtung und/oder der Steuerungs-/Regelungseinrichtung für die Lageregelung kann ein vollständig integriertes Magnetlager erreicht werden. In diesem Zusammenhang wird auf die parallele Anmeldung DE (internes AZ des Anmelders: PB04630) verwiesen.

[0021] Die Statorblechhälften 2, 5 können mittels Laser- oder Wasserstrahlschneiden aus weichmagnetischem Blech zugeschnitten werden. Ebenso ist es auch möglich, ungeteilte ISO-Normblechschnitte, wie sie für Elektromotoren vorgesehen sind, nachträglich mittig zu trennen.

[0022] Bei der Montage eines erfindungsgemäßen Magnetlagers wird zunächst die untere Lagerbockhälfte 6 auf einem Fundament angebracht. Danach kann die untere Statorblechung 5 in die untere Lagerbockhälfte 6 eingesetzt und der Rotor 4 eingelegt werden. Abschließend kann die obere Lagerbockhälfte 1 mit der oberen Statorblechung 2 aufgesetzt werden. Die obere – vorzugsweise vormontierte – Halbschale 11 wird beispielsweise durch eine Verschraubung mit der unteren Halbschale 7 verbunden.

[0023] Neben der dargestellten Ausführung als Radiallager zur horizontalen Lagerung von Rotoren 4, ist mit einem erfindungsgemäßen aktiven Magnetlager auch eine vertikale Lagerung möglich. Ebenso kann ein erfindungsgemäß geteiltes Magnetlager auch als Axiallager zur Aufnahme von Axialkräften ausgeführt werden.

[0024] Die Fig. 2 zeigt im linken Bereich eine Statorblechung 15 als Rohmaterial in ungeteilter Form.

Oben links ist die – als dünnwandiger Hohlzylinder ausgeführte – Statorblechung 15 im Längsschnitt und unten links im Querschnitt dargestellt. Aus den beiden Ansichten ergibt sich die zylindrische Form der ungeteilten Statorblechung 15.

[0025] Im mittleren Bereich der Fig. 2 ist die Statorblechung 15 nach der Trennung in zwei Halbschalen 16 dargestellt. Aus dem oben in der Mitte gezeigten Längsschnitt ist ersichtlich wie die Halbschale 16 über ihre Länge durch eine Wölbung verformt ist. Der darunter dargestellte Querschnitt veranschaulicht eine Einschnürung des Durchmessers eines aus den beiden Halbschalen 16 hergestellten Magnetlagers.

[0026] Im rechten Bereich der Fig. 2 ist eine Hälfte eines starren Statorgehäuses 17 dargestellt, an welchem eine halbschalenförmige Ausnehmung angeformt ist. In der formstabilen halbschalenförmigen Ausnehmung wird eine Halbschale 16 aufgenommen und durch Verspannkräfte 18 an die Wand der halbschalenförmigen Ausnehmung gedrückt. Durch das Andrücken an die Ausnehmung nimmt die geteilte verformte Halbschale 16 wieder ihre gewünschte zylindrische Gestalt an.

[0027] Die Verspannkräfte 18 werden vorzugsweise über die gesamte Länge der Teilfuge der Halbschalen 16 aufgebracht.

[0028] In Fig. 3 ist nochmals eine Hälfte eines starren Statorgehäuses 17 gezeigt, in welche unter der Wirkung der Verspannkräfte 18 eine Halbschale 16 eingedrückt ist. Zum Aufbringen der Verspannkräfte 18 in Umfangsrichtung der Halbschale 16 können entsprechende Spannmittel in der Teilfuge zwischen den zwei Hälften eines Statorgehäuses 17 vorgesehen werden. Die Verspannkräfte 18 wirken entgegen der Zugkraft 19 der Magnetpole, welche als Betriebskraft die zu lagernde Welle anziehen. Die Verspannkräfte 18 müssen somit mindestens die Größe der Betriebskräfte 19 aufbringen. Es ist vorteilhaft, Spannmittel vorzusehen, durch welche die Größe der Verspannkräfte 18 gezielt auf vorgebbare Größen eingestellt werden kann.

[0029] Statt einer Teilungsebene können auch mehrere vorgesehen werden, so dass statt Halbschalen Kreissegmente mit kürzeren Bogenlängen entstehen.

[0030] Der wesentliche Kern der vorliegenden Erfindung ist darin zu sehen, dass die instabilen schalenförmigen Segmente der in mindestens zwei Hälften geteilten Statorblechung durch Verspannkräfte in eine die Lagergestalt bildende Ausnehmung eines starren Lagergehäuses gedrückt werden, wodurch die zerteilten Segmente der Statorblechung die entsprechend vorgegebene Gestalt annehmen und unter den Verspannkräften auch im Betrieb beibehalten.

Bezugszeichenliste

1	Obere Lagerbockhälfte
2	Statorblechhälfte
3	Teilfuge
4	Rotor
5	Statorblechhälfte
6	Untere Lagerbockhälfte
7	Halbschale
8	Stift
9	Bohrung
10	Wicklung
11	Halbschale
15	Statorblechung, Rohmaterial ungeteilt
16	Statorblechung, geteilt
17	Statorgehäuse
18	Verspannkraft
19	Zugkraft Magnetlagerpole

Patentansprüche

1. Aktives Magnetlager zur drehbaren Lagerung eines Rotors (4) mit einer in einem Lagergehäuse (1, 6, 17) angeordneten Statorblechung (2, 5, 16), die mit Wicklungen (10) versehen ist und über den Umfang verteilte Polpaare von Elektromagneten bildet, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Statorblechung (2, 5, 16) und das Lagergehäuse (1, 6, 17) jeweils in mindestens einer Ebene (3) geteilt sind und mindestens zwei fügbare Halbschalen (7, 11) bilden, wobei die geteilte Statorblechung (2, 5, 16) durch Verspannkraft in eine vorgegebene schalenförmige Gestalt bringbar ist.

2. Aktives Magnetlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine als dünnwandige Halbschale (16) ausgeführte Statorblechung (2, 5, 16) durch die Verspannkraft (18) an eine Wand einer halbschalenförmigen Ausnehmung einer Hälfte eines Statorgehäuses (1, 6, 17) andrückbar ist.

3. Aktives Magnetlager nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass Spannmittel vorgesehen sind, durch welche die Größe der Verspannkraft (18) auf vorgebbare Größen einstellbar ist.

4. Aktives Magnetlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbschalen (7, 11) miteinander verschraubt sind und zur exakten Ausrichtung der Halbschalen (7, 11) Verstiftungen (8, 9) vorgesehen sind.

5. Aktives Magnetlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrischen Anschlüsse der Wicklungen (10) und/oder der Sensorik der einzelnen Halbschalen (7, 11) aus den Lagerbockhälften (1, 6) herausgeführt werden und außerhalb des Lagergehäuses (1, 6) entsprechend mit einer Verstärkereinrichtung und/oder einer Steuerungs-/Regelungseinrichtung verbunden

werden.

6. Aktives Magnetlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in der Teilfuge (3) Steckverbindungen vorgesehen sind, welche die elektrischen Anschlüsse der Wicklungen (10) und/oder der Sensorik der einzelnen Halbschalen (7, 11) entsprechend miteinander verbinden und die Verkabelungen der beiden Lagerbockhälften (1, 6) zu einem gemeinsamen Strang zusammenführen, und dass eine einzige Vielfachsteckverbindung zum Anschluss an eine Verstärkereinrichtung und/oder eine Steuerungs-/Regelungseinrichtung vorgesehen ist.

7. Aktives Magnetlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoren zur Lageermittlung des Rotors in der Wirkebene der Lagerkraft angeordnet sind und die Verstärkereinrichtung und/oder die Steuerungs-/Regelungseinrichtung innerhalb des Lagergehäuses (1, 6) angeordnet sind.

8. Aktives Magnetlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Statorblechhälften (2, 5) mittels Laser- oder Wasserstrahlschneiden aus weichmagnetischem Blech zugeschnitten sind.

9. Aktives Magnetlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Statorblechhälften (2, 5) durch mittige Trennung von ungeteilten Normblechschnitten, wie sie für Elektromotoren vorgesehen sind, hergestellt werden.

10. Aktives Magnetlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Lager zur horizontalen oder vertikalen Lagerung des Rotors (4) vorgesehen ist.

11. Aktives Magnetlager nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Lager als Radiallager zur Aufnahme von Radialkräften oder als Axiallager zur Aufnahme von Axialkräften vorgesehen ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

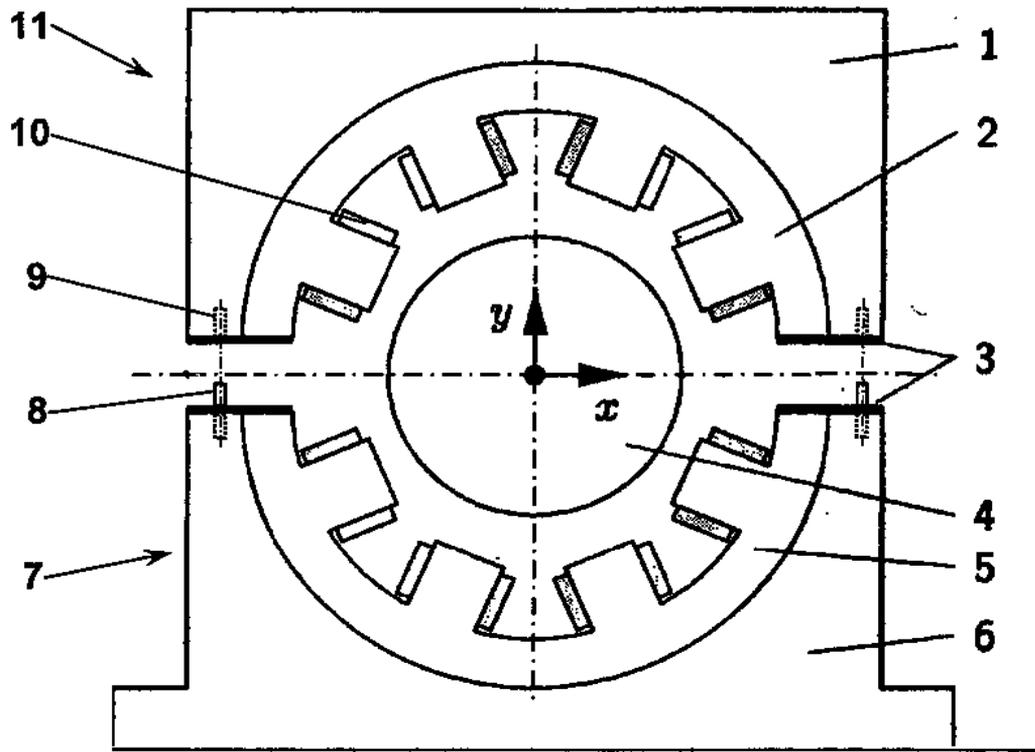


Fig. 1

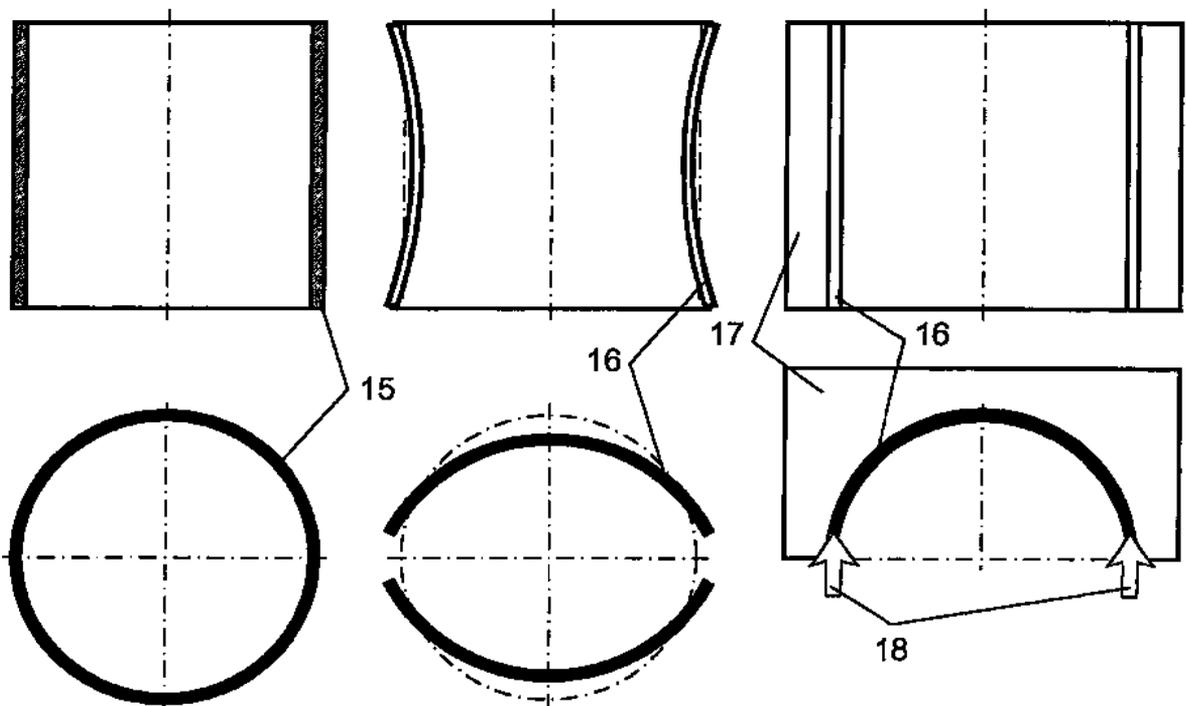


Fig. 2

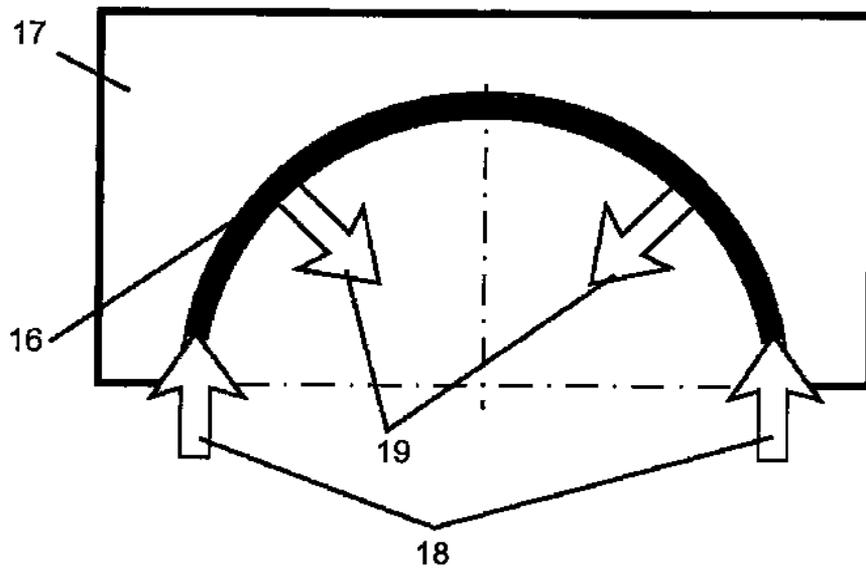


Fig. 3