

(19)



Deutsches
Patent- und Markenamt



(10) **DE 10 2010 004 904 A1** 2011.09.15

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 004 904.2**

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

(22) Anmeldetag: **19.01.2010**

(43) Offenlegungstag: **15.09.2011**

(71) Anmelder:

**Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG, 91074,
Herzogenaurach, DE**

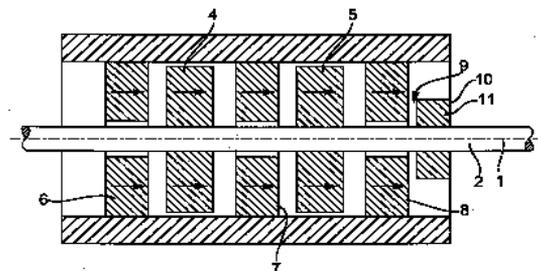
(72) Erfinder:

Schwarz, Sergej, Dr., 90491, Nürnberg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Permanentmagnetisches Lager mit supraleitendem Hilfslager**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein permanentmagnetisches Lager zur Lagerung einer Welle (2) an einem Gehäuse, wobei das Lager umfasst: einen ersten, an der Welle (2) befestigbaren Permanentmagneten (4, 5), einen zweiten, an dem Gehäuse befestigbaren Permanentmagneten (6, 7, 8), und ein Hilfslager (9) mit einem in einem Magnetfeld befindlichen Supraleiter (10) aus einem Typ-2-supraleitendem Material. Die Aufgabe, ein permanentmagnetisches Lager mit einem Hilfslager anzugeben, das nur einen geringen Bauraum erfordert, wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Magnetfeld im Bereich des Supraleiters (10) des Hilfslagers (9) von einem der Permanentmagnete (8) bereitgestellt ist.



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Aus dem Stand der Technik ist bekannt, Magnetfelder zur berührungsfreien Lagerung einer Welle in einem Gehäuse einzusetzen.

[0002] Es ist bekannt, dass für eine zeitlich dauerhafte Lagerung der Welle mit zeitlich konstanten Magnetfeldern ein Hilfslager erforderlich ist. Bilden die Magnetfelder von Permanentmagneten beispielsweise ein Radiallager aus, so dass eine Auslenkung der Welle in eine Richtung senkrecht zu einer Drehachse abgefangen wird, wird ein Hilfslager benötigt, das die Welle in dem Radiallager stabilisiert, so dass das Hilfslager als Axiallager Kräfte in Richtung der Drehachse aufnimmt.

[0003] Es ist ferner bekannt, dass in einem supraleitenden Material aus einem Typ-2-Supraleiter, das einem äußeren Magnetfeld ausgesetzt wird, das äußere Magnetfeld in Form von Flussschläuchen (Vortizes) zumindest teilweise eindringt. Einer Veränderung der Flussschläuche, beispielsweise bei einer Verschiebung des Supraleiters relativ zu dem äußeren Magnetfeld, wird ein mechanischer Widerstand entgegengesetzt, der zur Folge hat, dass die ursprüngliche Stellung stabilisiert wird.

[0004] DE 44 36 831 C2 beschreibt eine magnetische Lagerung, bei der an einem Lagerteil permanentmagnetische Elemente und an dem anderen Lagerteil eine Struktur aus einem Typ-2-supraleitenden Material ausgebildet ist. Eine derartige Lagerung, bei der Permanentmagnete nur an einem der beiden Lagerteile, Welle oder Gehäuse, vorgesehen sind, und bei dem der Supraleiter an dem anderen Lagerteil vorgesehen ist, erfordert einen hohen Kühlaufwand.

[0005] DE 100 06 228 A1 beschreibt ebenfalls eine magnetische Lagerung, bei der ein supraleitendes Material an einem Gehäuse vorgesehen ist, und bei der Permanentmagnete mit der Welle drehfest befestigt sind.

[0006] DE 199 38 079 C1 beschreibt eine magnetische Lagerung, bei der Permanentmagnete an der Welle drehfest befestigt sind, und bei der supraleitende Ringe an dem Gehäuse angeordnet sind.

[0007] Die Schriften DE 37 44 143 A1, DE 100 42 962 C1, DE 10 2004 024 206 B4 und DE 101 24 193 A1 beschreiben ebenfalls jeweils magnetische Lagerungen, bei denen ein Lagerteil einen Permanentmagneten umfasst, der mit einem Supraleiter an dem anderen Lagerteil zusammenwirkt.

[0008] EP 0 526 325 B1 beschreibt eine magnetische Lagerung einer Welle an einem Gehäuse, wo-

bei an der Welle ein Permanentmagnet befestigt ist, in dessen Magnetfeld ein an dem Gehäuse befestigter Supraleiter angeordnet ist. Der Permanentmagnet und der Supraleiter sind so ausgelegt, dass eine Lagerung sowohl in radialer als auch in axialer Richtung möglich ist. Hierbei ist insbesondere ein leistungsstarker Supraleiter erforderlich, der ein hohes kritisches Feld aufweist. Sofern eine Lagerung in nur einer Richtung, entweder radial oder axial, erforderlich ist, ist die Lagerung überdimensioniert. Insbesondere lassen sich die Lagerkräfte für die radiale und die axiale Richtung nicht unabhängig von einander einstellen.

[0009] EP 0 559 839 B1 beschreibt eine magnetische Lagerung, bei der ein Supraleiter auf einer Welle befestigt ist. Der Supraleiter befindet sich in dem jeweiligen Magnetfeld zweier axial versetzter, an dem Gehäuse befestigter Permanentmagnete. Um die Stelle des Supraleiters bildet sich ein Magnetfeld mit einem starken Gradienten aus, so dass die Stellung der Welle relativ zu dem Gehäuse stabilisiert wird.

[0010] DE 38 37 845 A1 beschreibt ein permanentmagnetisches Lager zur Lagerung einer Welle an einem Gehäuse, wobei das Lager eine Abfolge von entlang der Erstreckung der Welle verlaufenden, an der Welle befestigten ersten Permanentmagneten und eine Abfolge von an dem Gehäuse befestigten zweiten Permanentmagneten umfasst, und wobei die ersten und zweiten Permanentmagneten ein Radiallager ausbilden. Das permanentmagnetische Lager umfasst weiter ein axiales Hilfslager mit einem in einem Magnetfeld befindlichen Supraleiter aus einem Typ-2-supraleitendem Material. Das Magnetfeld für den Supraleiter wird durch einen zusätzlichen Dauermagneten bereitgestellt, der auf der Welle befestigt ist und einen Abstand zu den Permanentmagneten des Radiallagers einhält, so dass das Lager insgesamt eine große Erstreckung in Richtung der Welle aufweist. Der Dauermagnet wirkt mit dem Supraleiter zusammen, wobei der Supraleiter an dem Gehäuse befestigt ist, wobei auch in radialer Richtung Kräfte zwischen dem Dauermagneten und dem Supraleiter auftreten können, die betragsmäßig in der Größenordnung der Rückstellkräfte der Permanentmagnete des eigentlichen Radiallagers entsprechen können, so dass sich die Radialkräfte des Hilfslagers und des Radiallagers ungünstig überlagern können. Der zusätzliche, auf der Welle befestigte Dauermagnet erhöht das Trägheitsmoment der Welle, was insbesondere für Anwendungen mit einer schnell drehenden Welle ungünstig ist.

Aufgabe der Erfindung

[0011] Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein permanentmagnetisches Lager mit einem Hilfslager anzugeben, das nur einen geringen Bauraum erfordert.

Zusammenfassung der Erfindung

[0012] Diese Aufgabe wird für das eingangs genannte permanentmagnetische Lager erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Magnetfeld im Bereich des Supraleiters des Hilfslagers von einem der Permanentmagneten bereitgestellt ist.

[0013] Ein zusätzlicher Magnet, speziell ein Dauermagnet, dessen einziger Zweck darin besteht, das Magnetfeld für den Supraleiter bereitzustellen, wird damit überflüssig. Der Aufbau des permanentmagnetischen Lagers vereinfacht sich. Weiter lässt sich Bauraum sparen, da der Supraleiter nahe an mindestens einem der Permanentmagnete des Lagers, nämlich innerhalb der Reichweite des Magnetfeldes dieses Permanentmagneten, angeordnet wird.

[0014] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass der Supraleiter eine dünne Beschichtung aus dem Typ-2-supraleitenden Material umfasst, die auf einem Träger angeordnet ist. Der Supraleiter selbst nimmt dabei nur einen geringen Bauraum ein, insbesondere für den Fall, dass der Supraleiter an dem Gehäuse befestigt ist, und dass der Träger als Abschnitt des Gehäuses ausgebildet ist.

[0015] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Permanentmagnete ein Radiallager ausbilden und eine entlang der Erstreckung der Welle verlaufende, axiale Abfolge von Permanentmagneten umfassen, und dass das Magnetfeld im Bereich des Supraleiters von einem der axial außenliegenden Permanentmagneten bereitgestellt ist. Der Supraleiter schließt damit das Radiallager in axialer Richtung ab. Insbesondere kann zu beiden axialen Enden der Abfolge der Permanentmagnete je ein Supraleiter vorgesehen sein, um die Welle axial in einer Mittenlage zu stabilisieren.

[0016] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Permanentmagnete ein Radiallager ausbilden und eine entlang der Erstreckung der Welle verlaufende, axiale Abfolge von Permanentmagneten umfassen, und dass der Supraleiter zwischen einem der ersten Permanentmagnete und einem der zweiten Permanentmagnete angeordnet ist. Der Supraleiter ist innerhalb der Abfolge der Permanentmagnete angeordnet und von außen nicht zugänglich, insbesondere auch mechanisch geschützt angeordnet. Das den Supraleiter durchsetzende Magnetfeld kann von beiden axial benachbarten Permanentmagneten bereitgestellt werden, so dass in dem Supraleiter eine hohe Dichte von Vortizes auftritt, die eine besonders hohe axiale Rückstellkraft ermöglichen. Der Supraleiter kann insbesondere an einem Träger als beidseitige Beschichtung vorgesehen sein, wobei die eine Seite der Beschichtung mit dem einen der ersten Permanentmagnete und die andere Seite der Beschichtung mit dem einen der zweiten Permanentmagnete zusammenwirkt. Je nach Ausbildung der Beschichtung auf

der jeweiligen Seite lässt sich die Rückstellkraft des Supraleiters in axiale Richtung unterschiedlich gestalten; das Lager kann insbesondere in eine Richtung eine hohe und in die Gegenrichtung eine geringe Steifigkeit aufweisen.

[0017] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass der Supraleiter zwischen einem der ersten Permanentmagneten und der Welle angeordnet ist. Der erste Permanentmagnet bzw. einer der ersten Permanentmagnete ist beispielsweise mittels einer thermisch leitenden Zwischenlage an der Welle befestigt, und der Supraleiter auf der Zwischenlage befestigt, beispielsweise als dünne Beschichtung aufgebracht, wobei die Zwischenlage als Träger für den Supraleiter ausgestaltet ist. Ist das Magnetfeld des ersten Permanentmagneten beispielsweise parallel zu der Erstreckung der Welle gerichtet, durchsetzt dieses Magnetfeld den Supraleiter. Eine derartige Anordnung erfordert nur einen sehr geringen Bauraum.

[0018] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass der Supraleiter zwischen einem der zweiten Permanentmagneten und dem Gehäuse angeordnet ist. Der zweite Permanentmagnet bzw. einer der zweiten Permanentmagnete ist beispielsweise mittels eines Zwischenstücks an dem Gehäuse befestigt, und der Supraleiter ist an dem Zwischenstück angeordnet, beispielsweise als dünne Beschichtung auf das Zwischenstück mindestens abschnittsweise aufgebracht.

[0019] Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen sowie aus der Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels.

[0020] Die Erfindung wird im folgenden unter Bezugnahme auf die anliegende Zeichnung näher beschrieben und erläutert.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0021] **Fig. 1** zeigt einen schematischen Längsschnitt durch ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen permanentmagnetischen Lagers.

Detaillierte Beschreibung der Zeichnungen

[0022] **Fig. 1** zeigt ein permanentmagnetisches Lager, das eine Welle **2** um eine Drehachse **1** drehbar lagert, wobei die Erstreckung der Drehachse **1** eine axiale Richtung definiert. Eine radiale Richtung steht dabei senkrecht auf der axialen Richtung.

[0023] Das permanentmagnetische Lager umfasst ein bildlich nicht dargestelltes Gehäuse, an dem drehfest ein Lagerring **3** befestigt ist. Das permanentmagnetische Lager umfasst weiter eine entlang der axialen Erstreckung der Welle **2** verlaufende Abfol-

ge von ersten Permanentmagneten 4, 5, die jeweils als Kreisringscheiben ausgebildet sind und mit der zentralen Bohrung auf der äußeren Mantelfläche des Korpus der Welle 2 unmittelbar befestigt sind. Das permanentmagnetische Lager umfasst weiter eine entlang der axialen Erstreckung der Welle verlaufende Abfolge von zweiten Permanentmagneten 6, 7, 8, wobei je einer der zweiten Permanentmagnete 6, 7, 8 zwischen einem der ersten Permanentmagnete 4, 5 angeordnet ist. Die zweiten Permanentmagnete 6, 7, 8 sind jeweils als Kreisringscheiben ausgebildet und mit der äußeren Mantelfläche an der inneren Mantelfläche des Lagerrings 3 drehfest befestigt, mittelbar also auch an dem Gehäuse festgelegt.

[0024] Jeder der Permanentmagnete 4, 5, 6, 7, 8 weist eine permanente, gleichsinnig orientierte Magnetisierung auf, die ist und in der Darstellung von Fig. 1 parallel zu der Achse in eine gemeinsame Richtung, nämlich nach rechts, weist. Eine derartige Anordnung der Permanentmagnete 4, 5, 6, 7, 8 wirkt als Radiallager und fängt Kräfte auf, die die Welle 2 in radialer Richtung, also senkrecht zu der Drehachse 1, auslenken, wobei eine auf die Drehachse 1 weisende Rückstellkraft erzeugt wird.

[0025] Die Anordnung der Permanentmagnete 4, 5, 6, 7, 8 erfordert zur Aufnahme von axialen Kräften, die in Richtung der Drehachse 1 auftreten, ein Hilfslager 9. Das Hilfslager 9 umfasst einen Supraleiter 10 aus einem Typ-2-supraleitenden Material, beispielsweise Yttrium-Barium-Kupferoxid (YBCO) oder einer vergleichbaren Keramik.

[0026] Der Supraleiter 10 ist mit der Welle 2 drehfest verbunden, insbesondere umfasst der Supraleiter 10 eine Beschichtung auf einem Träger 11, der mit der Welle 2 drehfest verbunden ist, wobei der Träger 11 mit dem axial außenliegenden Permanentmagneten 8 der Abfolge der Permanentmagnete 4, 5, 6, 7, 8 einen Spalt einschließt. Die Beschichtung ist auf der zu dem Permanentmagneten 8 weisenden Seite des Trägers 11 angeordnet, so dass das Magnetfeld des Permanentmagneten 8 im Bereich der Beschichtung und damit im Bereich des Supraleiters 10 wirksam wird.

[0027] Die Erfindung wurde vorstehend anhand eines Ausführungsbeispiels beschrieben, bei dem das Magnetfeld im Bereich des Supraleiters 10 von einem mit dem Gehäuse mittelbar verbundenen zweiten Permanentmagneten 8 bereitgestellt wurde; hierzu war der Supraleiter 10 mittels des Trägers 11 mit der Welle 2 mittelbar verbunden. Es versteht sich, dass der Supraleiter entweder unmittelbar oder mittelbar, unter Zwischenschaltung eines Trägers, an dem Gehäuse befestigt sein kann, und dass das Magnetfeld im Bereich des Supraleiters von einem der mit der Welle 2 unmittelbar verbundenen zweiten Permanentmagnete 4, 5 bereitgestellt wird. Ausgehend

von dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel könnte der axial außenliegende Permanentmagnet 8 fortgelassen werden, so dass das Magnetfeld im Bereich des Supraleiters 10 durch den dann axial äußeren Permanentmagneten 5 bereitgestellt wird, wobei der Träger 11 an dem Lagerring 3 bzw. unmittelbar an dem Gehäuse befestigt ist.

[0028] Bei dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel war der Supraleiter 10 dem axial äußeren Permanentmagneten 8 gegenüberliegend angeordnet, so dass der Supraleiter 10 außerhalb der Abfolge der Permanentmagnete 4, 5, 6, 7, 8 angeordnet war. Es versteht sich, dass der Supraleiter 10 auch zwischen zwei benachbarten Permanentmagneten, beispielsweise dem ersten Permanentmagneten 4 und dem diesem in axialer Richtung benachbarten zweiten Permanentmagneten 7, angeordnet sein kann.

[0029] Bei dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel waren die ersten Permanentmagnete 4, 5, mit der inneren Mantelfläche unmittelbar an der äußeren Mantelfläche des Korpus der Welle 2 befestigt, weiter war der Supraleiter 10 mittels des Trägers 11 unmittelbar an dem Korpus der Welle 2 befestigt. Es versteht sich, dass der Supraleiter zwischen einem der ersten Permanentmagneten, beispielsweise dem ersten Permanentmagneten 4, und der Welle 2 angeordnet sein kann, beispielsweise, indem der erste Permanentmagnet 4 mittels einer Zwischenlage an der Welle 2 befestigt ist, und wobei der Supraleiter an der Zwischenlage angeordnet ist. Alternativ hierzu kann vorgesehen sein, dass der Supraleiter zwischen einem der zweiten Permanentmagneten, beispielsweise dem zweiten Permanentmagneten 7, und dem Gehäuse bzw. dem an dem Gehäuse befestigten Lagerring 3 angeordnet ist. Der zweite Permanentmagnet 7 ist dabei mittels eines thermisch leitenden Zwischenstücks an dem Lagerring 3 befestigt, und der Supraleiter ist an dem Zwischenstück mindestens abschnittsweise angeordnet.

[0030] Bei dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel war das Hilfslager 9 als einziges Hilfslager ausgebildet. Es versteht sich, dass mehr als ein Hilfslager vorgesehen sein kann, wobei jedes der mindestens zwei Hilfslager je einen Supraleiter umfasst. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass zusätzlich zu dem Hilfslager 9 ein weiteres Hilfslager vorgesehen ist, dessen Magnetfeld im Bereich des Supraleiters dieses Hilfslagers von dem zweiten Permanentmagneten 6, der ebenfalls axial außenliegend angeordnet ist, bereitgestellt ist.

[0031] Bei dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel bildeten die Permanentmagnete 4, 5, 6, 7, 8 ein Radiallager aus, das ein axiales Hilfslager 9 erforderte. Es versteht sich, dass die mindestens zwei Permanentmagnete untereinander ein Axialla-

ger ausbilden können, wobei das Hilfslager ein Radiallager ist und einen Supraleiter umfasst, der in einem Magnetfeld befindlich ist, das von einem der Permanentmagnete des Axiallagers bereitgestellt ist.

Bezugszeichenliste

- 1 Drehachse
- 2 Welle
- 3 Lagerring
- 4 erster Permanentmagnet
- 5 erster Permanentmagnet
- 6 zweiter Permanentmagnet
- 7 zweiter Permanentmagnet
- 8 zweiter Permanentmagnet
- 9 Hilfslager
- 10 Supraleiter
- 11 Träger

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 4436831 C2 [0004]
- DE 10006228 A1 [0005]
- DE 19938079 C1 [0006]
- DE 3744143 A1 [0007]
- DE 10042962 C1 [0007]
- DE 102004024206 B4 [0007]
- DE 10124193 A1 [0007]
- EP 0526325 B1 [0008]
- EP 0559839 B1 [0009]
- DE 3837845 A1 [0010]

Patentansprüche

1. Permanentmagnetisches Lager zur Lagerung einer Welle (2) an einem Gehäuse, wobei das Lager umfasst:

einen ersten, an der Welle (2) befestigbaren Permanentmagneten (4, 5),

einen zweiten, an dem Gehäuse befestigbaren Permanentmagneten (6, 7, 8), und

ein Hilfslager (9) mit einem in einem Magnetfeld befindlichen Supraleiter (10) aus einem Typ-2-supraleitendem Material,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Magnetfeld im Bereich des Supraleiters (10) des Hilfslagers (9) von einem der Permanentmagnete (8) bereitgestellt ist.

2. Permanentmagnetisches Lager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Permanentmagnete (4, 5, 6, 7, 8) ein Radiallager ausbilden und eine entlang der Erstreckung der Welle verlaufende, axiale Abfolge von Permanentmagneten (4, 5, 6, 7, 8) umfassen, und dass das Magnetfeld im Bereich des Supraleiters (10) von einem der axial außenliegenden Permanentmagneten (8) bereitgestellt ist.

3. Permanentmagnetisches Lager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Permanentmagnete ein Radiallager ausbilden und eine entlang der Erstreckung der Welle verlaufende, axiale Abfolge von Permanentmagneten umfassen, und dass der Supraleiter zwischen einem der ersten Permanentmagnete und einem der zweiten Permanentmagnete angeordnet ist.

4. Permanentmagnetisches Lager nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Supraleiter zwischen einem der ersten Permanentmagneten und der Welle angeordnet ist.

5. Permanentmagnetisches Lager nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Supraleiter zwischen einem der zweiten Permanentmagneten und dem Gehäuse angeordnet ist.

6. Permanentmagnetisches Lager nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Supraleiter (10) eine dünne Beschichtung aus dem Typ-2-supraleitenden Material umfasst, die auf einem Träger (11) angeordnet ist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

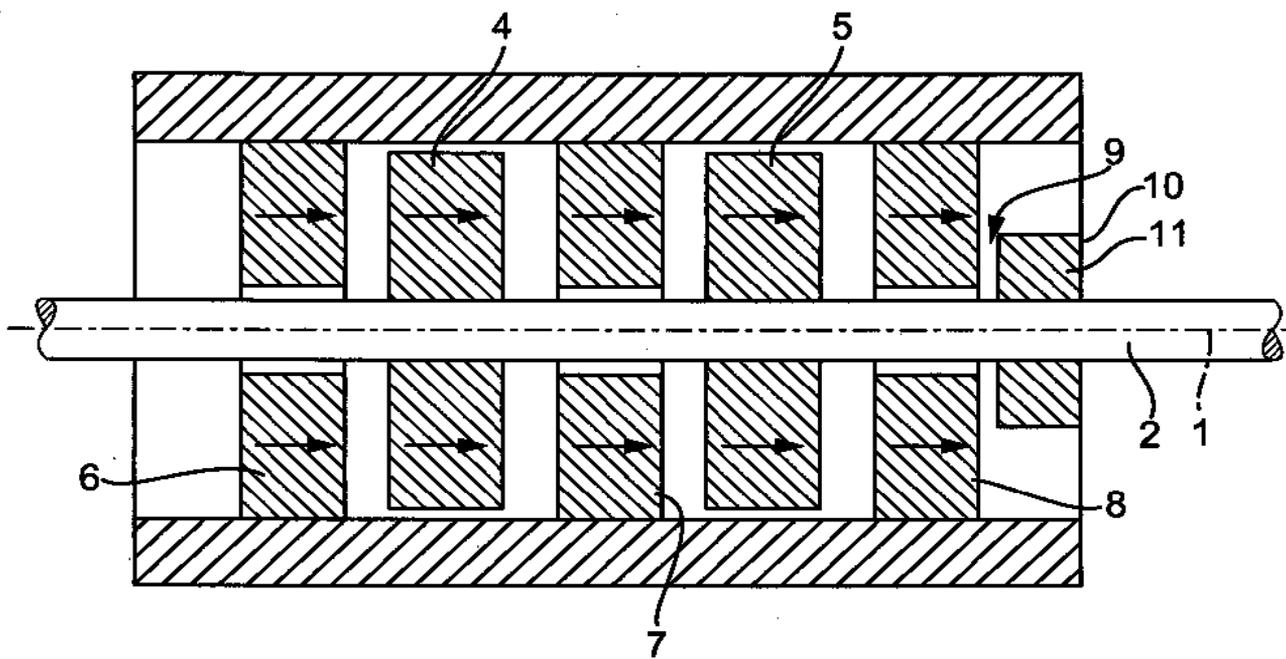


Fig. 1