



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 08 204 T2** 2006.06.29

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) EP 1 411 255 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 08 204.8**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 029 453.2**

(96) Europäischer Anmeldetag: **23.04.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **21.04.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **21.12.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.06.2006**

(51) Int Cl.⁸: **F16C 32/04 (2006.01)**
F16C 39/06 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2001201030 02.07.2001 JP

(73) Patentinhaber:
**Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.,
Tokio/Tokyo, JP**

(74) Vertreter:
**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
Schwanhäusser, 80538 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(72) Erfinder:
**Hasegawa, Kazumitsu, Narashino-shi, Chiba, JP;
Ozaki, Shinichi, Kunitachi-shi, Tokyo, JP;
Takahashi, Toshio, Tokyo, JP; Kuwata, Gen c/o
Ishikawajima-Harima Heavy, Chiyoda-ku, Tokyo,
JP; Sugitani, Noriyasu, Chiba-shi, Chiba, JP**

(54) Bezeichnung: **Statorkern für ein Magnetlager**

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

Hintergrund der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Aufbau eines Magnetlagers, das einen Rotor stützt, ohne Kontakt herzustellen, speziell einen Statorkerne für ein Homopolar-Magnetlager.

Stand der Technik

[0002] Ein Turboverdichter kann mit stärkerer Leistung und geringerer Größe als ein Hubkolben- oder Schraubenverdichter hergestellt werden, und kann einfach als ein ölfreier Typ hergestellt werden. Daher werden Turboverdichter oft als universelle Verdichter in Anwendungen wie zum Beispiel als eine Druckluftquelle für Fabriken, eine Luftquelle zum Trennen und andere verschiedene Verfahren verwendet.

[0003] Herkömmlich werden Gaslager, Gleitlager und Magnetlager verwendet, um eine Hochgeschwindigkeitsrotationswelle eines Hochgeschwindigkeitsmotors zu stützen, der direkt mit einem Turboverdichter verbunden ist und diesen antreibt. Speziell kann ein homopolares Magnetlager verwendet werden, um in einer berührungslosen Weise einen Rotor (rotierende Welle) zu stützen, der rotiert, um die Hochgeschwindigkeitswelle eines Hochgeschwindigkeitsmotors auszubilden, indem ein Magnetfluss durch die Welle geführt wird, um eine elektromagnetische Saugkraft zu erzeugen, welche bewirkt, dass die Welle schwebt, was ein Typ eines radialen Magnetlagers für eine Verwendung bei Wellen ist, die bei einer hohen Geschwindigkeit (zum Beispiel 100.000 min^{-1} oder mehr) rotieren.

[0004] Die JP-A-2000205260 offenbart entsprechend dem Oberbegriff des einzigen Anspruches ein homopolares Magnetlager zum Stützen eines Rotors mit Statorkernen, wobei jeder dieser Statorkerne ein erstes Joch umfasst, dessen eines Ende eine magnetische Poloberfläche ausbildet und welches ein erster Polkörper mit einer vorbestimmten Breite ist, um den Magnetfluss durchzuführen. Der Statorkern weist ein zweites Joch auf, dessen eines Ende eine Magnetpoloberfläche ausbildet und welches ein zweiter Polkörper mit einer vorbestimmten Breite ist, um einen Magnetfluss durchzuführen. Zwischen den ersten und zweiten Jochen ist eine Schafteinheit angeordnet, um den Magnetfluss zu übertragen. Das erste Joch und das zweite Joch sind in einer Weise angeordnet, dass sie in der axialen Richtung des Rotors ausgerichtet sind.

[0005] Die EP-A-0 869 517 offenbart Statorkerne, die ein Magnetpulvermaterial aufweisen, das in einem Harz verfestigt ist. Die Magnetmaterialzusammensetzung kann in einer gewünschten Kernform gestaltet sein, welche beispielsweise Ring-, E-, I-, C-,

EE-, EI-, ER-, EPC-, Krug-, Trommel-, Topf- und Taschenformen aufweisen.

[0006] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein homopolares Magnetlager zur Verfügung zu stellen, dessen Statorkerne verringerte Wirbelstromverluste haben.

[0007] Die Aufgabe der Erfindung wird durch die Merkmale von Anspruch 1 gelöst.

[0008] Gemäß der Erfindung weist die Schafteinheit ein Magnetmaterialpulver auf, das in einem Harz verfestigt ist. Der erste Polkörper weist einen geschichteten Körper aus Magnetstahlblechen auf, wobei ein Isoliermaterial zwischen die Schichtungen in der lateralen Richtung gebracht ist. Der zweite Polkörper weist auch einen geschichteten Körper aus Magnetstahlblechen auf, wobei ein isolierendes Material zwischen die Schichtungen in der lateralen Richtung gebracht ist.

[0009] Unter Verwendung dieses Aufbaus geht der Fluss, da das erste Joch, die Schafteinheit und das zweite Joch zu einer U-Form vereinigt sind und die Schafteinheit aus dem Magnetmaterialpulver hergestellt ist, das in dem Harz verfestigt ist, wenn der Magnet in Betrieb gesetzt ist, durch das erste Joch, den Rotor, das zweite Joch und die Schafteinheit in einer geschlossenen Bahn; da die Magnetpoloberflächen an den Enden des ersten Jochs und des zweiten Jochs den Rotor an den stützenden Oberflächen stützen und da das Magnetmaterialpulver, das in dem Harz verfestigt ist, nur eine geringe Menge an einem Wirbelstromverlust erzeugt, werden Wirbelströme nicht in der Schafteinheit erzeugt, so dass ein Magnetlager mit geringen Verlusten realisiert werden kann.

[0010] In den Statorkernen für ein Magnetlager gemäß der vorliegenden Erfindung ist der oben genannte erste Polkörper ein geschichteter Körper, in welchem Magnetstahlbleche in der Richtung orthogonal zu einer Linie senkrecht zu der oben genannten Magnetpoloberfläche geschichtet sind, wobei eine nichtleitende Substanz dazwischen geschichtet ist, und der oben genannte zweite Polkörper ist ein geschichteter Körper, der aus Magnetstahlblechen hergestellt ist, die in der Richtung orthogonal zu einer Linie senkrecht zu der oben genannten Magnetpoloberfläche geschichtet sind, wobei eine nichtleitende Substanz zwischen den Schichtungen ist.

[0011] Gemäß dem oben beschriebenen Aufbau können, da der erste Polkörper und der zweite Polkörper mit geschichteten Körpern zur Verfügung gestellt werden, die aus Magnetstahlblechen hergestellt sind, die in der Richtung orthogonal zu einer Linie senkrecht zu den oben genannten Magnetpoloberflächen geschichtet sind, wobei eine nichtleitende Sub-

stanz zwischen den Schichtungen ist, Wirbelstromverluste durch den Fluss, der durch die Joche hindurchgeht, unterdrückt werden, so dass ein Magnetlager mit weiter reduzierten Verlusten hergestellt werden kann.

[0012] Zusätzlich werden die Statorkerne für ein Magnetlager gemäß der vorliegenden Erfindung in einer solchen Weise vorgesehen, dass der oben genannte erste Polkörper ein geschichteter Körper ist, der aus Magnetstahlblechen hergestellt ist, die in der lateralen Richtung geschichtet sind, wobei eine nichtleitende Substanz zwischen jedes Blech geschichtet ist, und der oben genannte zweite Polkörper ist ein geschichteter Körper, in welchem die Magnetstahlbleche in der lateralen Richtung geschichtet sind, wobei eine nichtleitende Substanz sandwichartig zwischen jedem Blech eingefügt ist.

[0013] In diesem Aufbau können, da der erste Polkörper und der zweite Polkörper geschichtete Körper haben, die aus Magnetstahlblechen hergestellt sind, die in der lateralen Richtung geschichtet sind, wobei eine nichtleitende Substanz sandwichartig zwischen den Blechen eingefügt ist, Wirbelstromverluste, die erzeugt werden, wenn der Magnetfluss durch die Joche fließt, unterdrückt werden, so dass ein Magnetlager mit weiter verringerten Verlusten in der Praxis angeboten werden kann.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0014] Die **Fig. 1a** und **Fig. 1b** sind eine Vorderansicht und eine Seitenansicht der ersten Ausführungsform der Statorkerne gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0015] Die **Fig. 2a** und **Fig. 2b** sind Seitenansichten der zweiten und dritten Ausführungsformen der Statorkerne gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0016] Die **Fig. 3a** bis **Fig. 3c** sind isometrische Ansichten der ersten bis dritten Ausführungsformen der Statorkerne basierend auf der vorliegenden Erfindung.

[0017] Die **Fig. 4a** und **Fig. 4b** sind eine Vorderansicht und eine Seitenansicht der vierten Ausführungsform der Statorkerne gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0018] Die **Fig. 5a** und **Fig. 5b** zeigen Vorder- und Seitenansichten der fünften Ausführungsform der Statorkerne gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0019] **Fig. 6** ist ein Diagramm, das die magnetischen Eigenschaften eines Magnetmaterialpulvers, das in einem Harz verfestigt ist, und von universellen Siliziumstahlblechen zeigt.

[0020] Als Nächstes werden unten die ersten bis fünften Ausführungsformen der Statorkerne für ein Magnetlager gemäß der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0021] **Fig. 1** zeigt eine Draufsicht und eine Querschnittsansicht der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. **Fig. 2** zeigt Ansichten der zweiten und dritten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. **Fig. 3** zeigt isometrische Ansichten der Statorkerne der ersten bis dritten Ausführungsformen. **Fig. 4** zeigt die Drauf- und Seitenansicht der vierten Ausführungsform. **Fig. 5** zeigt die Vorderansicht und den Aufriss der fünften Ausführungsform.

[0022] Für die Einfachheit der Beschreibung werden für die Statorkerne Abkürzungen verwendet; A für die erste Ausführungsform, B für die zweite, C für die dritte, D für die vierte, E für die fünfte.

(Erste Ausführungsform)

[0023] Zuerst wird die erste Ausführungsform von Statorkernen (Typ A) für ein Magnetlager gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung im Hinblick auf die **Fig. 1a**, **Fig. 1b** und **Fig. 3a** beschrieben.

[0024] Das Magnetlager der ersten Ausführungsform ist ein homopolares radiales Magnetlager. Das homopolare radiale Magnetlager 1 ist mit einem Gehäuse 2 und einer Mehrzahl von elektromagnetischen Komponenten 13 und einem Rotor 3 vorgesehen. Der Rotor 3 ist ein Rotor, der mit einem magnetischen Material wenigstens an seiner äußeren Oberfläche und mit einem vorbestimmten Außendurchmesser D1 ausgebildet ist. Der Rotor 3 ist an der Mittellinie des Gehäuses 2, parallel dazu in der axialen Richtung positioniert und so gestützt, dass er frei ist, bei einer hohen Geschwindigkeit zu rotieren. Die Vielzahl von elektromagnetischen Komponenten 13 stützt den Rotor 3 in einer frei rotierbaren Weise und ist um den Rotor 3 angeordnet. Zum Beispiel sind vier elektromagnetische Komponenten in einem Set angeordnet, und das Set von elektromagnetischen Komponenten 13 stützt den Rotor 3 an zwei Stellen. Vier elektromagnetische Komponenten sind in gleichen Winkeln um den Motor an jedem Stützpunkt beabstandet.

[0025] Die elektromagnetischen Komponenten 13 sind mit einem Stator Kern 16 und Spulen 5 vorgesehen. Der Stator Kern 16 ist aus zwei Jochen 6, 8 und einer Schafteinheit 7 (**Fig. 3a**) aufgebaut. Die Joche 6, 8 sind Poleinheiten, deren Enden eine magnetische Poloberfläche 9 ausbilden, die der äußeren Oberfläche des Rotors 3 (d. h., der stützenden Oberfläche) gegenüber sind, wobei ein vorbestimmter Spalt zwischen ihnen ist, durch welchen der Magnetfluss hindurchgeht. Die zwei Joche 6 und 8 sind mit

einem vorbestimmten Abstand in der lateralen Richtung angeordnet. Die Schafteinheit 7 ist ein rechteckiger Block, der sandwichartig zwischen den anderen Enden der Joche angeordnet ist und durch welchen der Magnetfluss hindurchgeht. Ein Statorkern 16 ist wie der Buchstabe U mit einer beträchtlichen Dicke geformt, da die zwei Joche 6 und 8 und die Schafteinheit 7 in einem Körper ohne Spalte verbunden sind, und der Kern ist in einem ausgesparten Bereich an dem Innenrand des Gehäuses 2 eingebaut.

[0026] Die Spule 5 ist ein Drahtbündel. Der Draht ist in einigen Lagen um die Joche 6, 8 gewickelt, und die Spule 5 ist in einem Block mit der gleichen Form wie die Querschnitte der Joche 6, 8 aber ohne einen Luftspalt zwischen der Spule und den Jochen ausgebildet.

[0027] Der Aufbau der Statorkerne 16 ist im weiteren Detail beschrieben. Ein Statorkern ist aus einer ersten Jochkomponente 17, einer Schafteinheitskomponente 18 und einer zweiten Jochkomponente 19 aufgebaut.

[0028] Die erste Jochkomponente 17 ist ein Polkörper mit einer vorbestimmten Breite. Der Polkörper ist aus so genannten geschichteten Stahlblechen aufgebaut, d. h., ist aus einer Mehrzahl von Magnetstahlblechen und Schichten eines isolierenden Materials aufgebaut. Das Magnetstahlblech ist ein dünnes Stahlblech mit einer Dicke T, das als ein Viereck mit einem Ende geformt ist, das mit einem Krümmungsradius R gekrümmt ist. Das isolierende Material ist ein nichtleitendes Material und wird zwischen der Vielzahl von Magnetstahlblechen angewendet. Die Magnetstahlbleche sind in der lateralen Richtung geschichtet, und wenn ein Statorkern als eine elektromagnetische Komponente angeordnet wird, wird deren Laminierungsrichtung in der Axialrichtung des Rotors 3 ausgerichtet. Die erste Jochkomponente 17 ist ein Polkörper mit einer gleichmäßigen Breite W3 in der Schichtungsrichtung der Stahlbleche, und ihr eines Ende bildet eine Magnetpoloberfläche 9 mit einem Krümmungsradius R. Löcher zum Befestigen des Kerns sind an ihren Achsen in der lateralen Richtung, an Stellen an dem gegenüberliegenden Ende der magnetischen Poloberfläche 9 (der Einfachheit halber Gegenmagnetpoloberfläche genannt) vorgesehen.

[0029] Der Aufbau der zweiten Jochkomponente 19 ist der gleiche wie der der ersten Jochkomponente 17, weshalb hier keine zusätzliche Beschreibung erfolgt.

[0030] Die erste Jochkomponente 17 und die zweite Jochkomponente 19 sind einander gegenüber in der lateralen Richtung, wobei eine Lücke W2 zwischen ihnen ist.

[0031] Die Schafteinheitkomponente 18 ist ein rechteckiger Block mit einer Breite W2, einer Höhe H3 und einer Länge L1. Die Schafteinheitkomponente 18 ist so angeordnet, dass eine Oberfläche in der Richtung der Höhe der Komponente in der gleichen Ebene wie die Gegenmagnetpoloberflächen der ersten Jochkomponente 17 und der zweiten Jochkomponente 19 ist, und die Schafteinheit ist sandwichartig zwischen der ersten Jochkomponente 17 und der zweiten Jochkomponente 19 angeordnet. Die Schafteinheitkomponente 18 ist im Ganzen aus einem magnetpulvergefüllten Harz aufgebaut. Löcher zum Befestigen sind vorgesehen, wobei deren Achsen lateral ausgerichtet sind.

[0032] Die erste Jochkomponente 17, die Schafteinheitkomponente 18 und die zweite Jochkomponente 19 sind miteinander und mit dem Gehäuse 2 durch Bolzen befestigt, die durch die Löcher, die zum Befestigen verwendet werden, hindurchgehen, um einen einstückigen Statorkern 16 auszubilden.

(Zweite Ausführungsform)

[0033] Als Nächstes werden ein Magnetlager und der Statorkern (Typ B) gemäß der zweiten Ausführungsform im Hinblick auf die [Fig. 2a](#) und [Fig. 3b](#) beschrieben. Der Aufbau des Magnetlagers ist der gleiche wie der der ersten Ausführungsform, so dass die Beschreibung nicht wiederholt wird, aber der Aufbau des Statorkerns (Typ B) wird im Detail beschrieben.

[0034] Der Statorkern 20 besteht aus einer ersten Jochkomponente 21, einer Schafteinheitkomponente 22 und einer zweiten Jochkomponente 23.

[0035] Die erste Jochkomponente 21 ist ein Polkörper mit einer vorbestimmten Breite. Der Polkörper ist aus so genannten geschichteten Stahlblechen aufgebaut, d. h. er ist aus einer Mehrzahl von magnetischen Stahlblechen und Schichten eines isolierenden Materials aufgebaut. Das Magnetstahlblech ist ein dünnes Stahlblech mit einer Dicke T, das als ein Viereck geformt ist, dessen eines Ende mit einem Krümmungsradius R gekrümmt ist. Das isolierende Material ist ein nichtleitendes Material und wird zwischen jedem der Vielzahl von Magnetstahlblechen angewendet. Die Magnetstahlbleche sind in der lateralen Richtung geschichtet, und wenn ein Statorkern als eine elektromagnetische Komponente angeordnet wird, wird ihre Schichtungsrichtung mit der Axialrichtung des Rotors ausgerichtet. Die erste Jochkomponente 21 ist ein Polkörper mit einer gleichmäßigen Breite in der Richtung der Schichtung der Stahlbleche, und sein eines Ende bildet eine Magnetpoloberfläche 9 mit einem Krümmungsradius R. Die Oberfläche des gegenüberliegenden Endes von der Magnetpoloberfläche 9 (der Einfachheit halber die Gegenmagnetpoloberfläche genannt) ist in einem Winkel geschnitten, so dass sie die Oberfläche der Stahlble-

che in einem Winkel weniger als 90° schneidet. Löcher zum Befestigen sind an Stellen nahe der Gegenmagnetpoloberfläche vorgesehen, wobei ihre Achsen lateral ausgerichtet sind.

[0036] Die erste Jochkomponente **21** und die zweite Jochkomponente **23** sind einander in der lateralen Richtung mit einer Lücke W_2 zwischen ihnen so gegenüber, dass ihre Gegenmagnetpoloberflächen einander gegenüber sind.

[0037] Die Schafteinheitkomponente **22** hat die Form eines rechteckigen Keils. Die geneigten Oberflächen der Schafteinheitkomponente **22** kontaktieren die Gegenmagnetpoloberflächen der ersten und zweiten Jochkomponente **21** und **23**, und die Schafteinheitkomponente ist sandwichartig durch die ersten und zweiten Jochkomponenten **21**, **23** aufgebaut. Die Schafteinheitkomponente **22** ist ein Festkörper, der im Ganzen aus einem Magnetmaterialpulver hergestellt ist, das in einem Harz verfestigt ist. Löcher zum Befestigen sind vorgesehen, wobei deren Achsen in der lateralen Richtung ausgerichtet sind.

[0038] Die erste Jochkomponente **21**, die Schafteinheitkomponente **22** und die zweite Jochkomponente **23** sind aneinander und am Gehäuse **22** durch Bolzen befestigt, die durch die Löcher, die zum Befestigen verwendet werden, hindurchgehen, um einen einstückigen Stator Kern **20** auszubilden.

(Dritte Ausführungsform)

[0039] Als Nächstes werden ein Magnetlager und der Stator Kern (Typ C) dafür gemäß der dritten Ausführungsform im Hinblick auf die **Fig. 2b** und **Fig. 3c** beschrieben. Der Aufbau des Magnetlagers ist der gleiche wie der der ersten Ausführungsform, so dass eine doppelte Beschreibung hier weggelassen wird, und der Aufbau des Stator Kerns (Typ C) **30** ist unten detailliert beschrieben.

[0040] Der Stator Kern **30** ist mit einer ersten Jochkomponente **31**, einer Schafteinheitkomponente **32** und einer zweiten Jochkomponente **33** vorgesehen.

[0041] Die erste Jochkomponente **31** ist ein Polkörper mit einer vorbestimmten Breite. Der Polkörper ist aus so genannten geschichteten Stahlblechen ausgebildet, die aus einer Mehrzahl von Magnetstahlblechen und Schichten eines isolierenden Materials bestehen. Das Magnetstahlblech hat eine dünne viereckige Form mit einer Dicke T und ein Ende ist mit einem Krümmungsradius R gekrümmt. Das isolierende Material ist ein nichtleitendes Material und wird zwischen jedem der Vielzahl von Magnetstahlblechen angewendet. Die Magnetstahlbleche sind in der lateralen Richtung geschichtet, und wenn Stator Kerne als elektromagnetische Komponenten angeordnet werden, wird ihre Schichtungsrichtung mit der Axial-

richtung des Rotors ausgerichtet. Die erste Jochkomponente **31** ist ein Polkörper mit einer gleichmäßigen Breite W_3 in der Richtung der Schichtung der Stahlbleche, und ihr eines Ende bildet eine Magnetpoloberfläche mit einem Krümmungsradius R . Die Oberfläche an dem gegenüberliegenden Ende von der Magnetpoloberfläche **9** (der Einfachheit halber die Gegenmagnetpoloberfläche genannt) ist in der Dickenrichtung gestuft. Löcher zum Befestigen sind an Stellen nahe der Gegenmagnetpoloberfläche gebohrt, wobei ihre Achsen in der lateralen Richtung ausgerichtet sind.

[0042] Der Aufbau der zweiten Jochkomponente **33** ist der gleiche wie der der ersten Jochkomponente, so dass keine zusätzliche Beschreibung unten erfolgt.

[0043] Die erste Jochkomponente **31** und die zweite Jochkomponente **33** sind einander in der lateralen Richtung mit einem Spalt W_2 zwischen ihnen gegenüber, so dass die Stellen mit den gestuften Oberflächen einander gegenüber sind.

[0044] Die Schafteinheitkomponente **32** hat die Form eines festen Rechtecks mit einer Breite W_4 , einer Höhe H_3 und einer Länge L_1 . Die Schafteinheitkomponente **32** greift in den gestuften Bereich der ersten Jochkomponente **31** und den gestuften Bereich der zweiten Jochkomponente **33** ein und ist sandwichartig durch die ersten und zweiten Jochkomponenten **31**, **33** aufgebaut. Die Stufeneinheitkomponente **18** ist im Ganzen aus einem Magnetmaterialpulver hergestellt, das in einem Harz verfestigt ist. Löcher zum Befestigen sind vorgesehen, wobei deren Achsen lateral ausgerichtet sind.

[0045] Die erste Jochkomponente **31**, die Schafteinheitkomponente **32** und die zweite Jochkomponente **33** sind aneinander und an dem Gehäuse **2** durch Bolzen befestigt, die durch die Löcher zum Befestigen eingebracht sind, wodurch ein einstückiger Stator Kern **30** hergestellt wird.

(Vierte Ausführungsform)

[0046] Als Nächstes wird ein Magnetlager und dessen Stator Kern (Typ D) gemäß der vierten Ausführungsform beschrieben. Der Aufbau des Magnetlagers ist der gleiche wie der der ersten Ausführungsform, so dass hier eine Beschreibung nicht erfolgt, und der Aufbau des Stator Kerns (Typ D) **50** ist unten beschrieben.

[0047] Obwohl die Kombination der Stator Kerne **50** basierend auf dem oben erwähnten A-Typ beschrieben wird, der in den **Fig. 4a** und **Fig. 4b** gezeigt ist, ist dies nicht einschränkend, und jeder der Typen A bis C kann verwendet werden.

[0048] Die Breiten der Randbereiche nahe den Magnetpoloberflächen **9** der Joche **6** und **8** sind entlang der Außenoberfläche des Rotors erstreckt und mit den Bereichen in Kontakt oder in nächster Nähe zu denen der benachbarten Magnetpoloberflächen des Statorkerns, d. h. den elektromagnetischen Komponenten.

(Fünfte Ausführungsform)

[0049] Als Nächstes wird ein Magnetlager und sein Statorkern (Typ E) gemäß der fünften Ausführungsform im Hinblick auf die **Fig. 5a** und **Fig. 5b** beschrieben. Da der Aufbau des Magnetlagers der gleiche wie der der ersten Ausführungsform ist, erfolgt unten keine Beschreibung, und nur der Aufbau des Statorkerns (Typ E) **60** wird beschrieben.

[0050] Obwohl die Figuren den oben genannten A-Typ in der Kombination von Statorkernen **60** zeigen, ist der Aufbau nicht nur auf den Typ A beschränkt, sondern jeder der Typen A bis C kann in der Praxis verwendet werden.

[0051] Die Breiten nahe den Magnetpoloberflächen **9** der Joche **6**, **8** erstrecken sich um den Umfang entlang der Rotorstützoberfläche, und sind einstückig mit oder in nächster Nähe zu den Magnetpoloberflächen von benachbarten elektromagnetischen Komponenten, d. h. Statorkernen **60** ausgebildet.

[0052] **Fig. 6** zeigt ein Diagramm, das die magnetischen Eigenschaften eines Festkörpers vergleicht, der aus einem Magnetmaterialpulver hergestellt ist, das in einem Harz verfestigt ist, mit den magnetischen Eigenschaften eines universellen Siliziumstahlbleches (0,35 mm dick), das normalerweise als das Material für geschichtete Stahlbleche verwendet wird. Offensichtlich hat das Magnetmaterialpulver, das in dem Harz verfestigt ist, einen größeren Hystereseverlust und einen geringeren Wirbelstromverlust als das universelle Siliziumstahlblech.

[0053] Wenn das Magnetlager der ersten bis fünften Ausführungsformen mit Gleichstrom angetrieben wird, fließt ein Magnetfluss zwischen dem Statorkern und dem Rotor. Zum Beispiel fließt der Magnetfluss in einem geschlossenen Kreislauf von der Gegenmagnetpoloberfläche zu der Magnetpoloberfläche des ersten Jochs **6**, durch die Oberfläche des Rotors, durch das zweite Joch **8** von der Magnetpoloberfläche zu der Gegenmagnetpoloberfläche, durch die Schafteinheit **7**, zurück zu dem ersten Joch. Der Magnetflusskreislauf ist in drei Dimensionen gekrümmt, und der Fluss fließt durch eine Stelle an dem zweiten Joch **8** zu der Schafteinheit **7**, und durch eine andere Stelle an der Schafteinheit **7** zu dem ersten Joch, da jedoch die Schafteinheit aus einem Material aufgebaut ist, in welchem eine extrem geringe Menge an Wirbelströmen erzeugt werden, können die Wirbel-

stromverluste minimiert werden.

[0054] Wird andererseits wird das Magnetlager durch den Gleichstrom angetrieben, der sehr wenige Wechselstromkomponenten enthält, so werden die Hystereseverluste, die in dem Statorkern erzeugt werden, vernachlässigbar gering.

[0055] Daher kann unter Verwendung jedes der Statorkerne gemäß der ersten bis fünften Ausführungsformen ein Magnetlager mit geringen Wirbelstromverlusten hergestellt werden.

[0056] Wenn ein Statorkern jedes der ersten bis fünften Ausführungsformen verwendet wird, können, da die Randbreiten nahe der Magnetpoloberflächen **9** der Joche **6**, **8** sich entlang der Außenoberfläche des Rotors erstrecken, periodische Veränderungen der Intensität des Magnetfeldes, das an der Oberfläche des Rotors erzeugt wird, minimiert werden, wenn der Rotor rotiert, so dass Wirbelstromverluste, die an der Rotoroberfläche erzeugt werden, verringert werden können.

[0057] Wenn einer der Typen A bis C in die Statorkerne für die vierten und fünften Ausführungsformen eingeführt wird, können, da die Magnetpoloberflächen gekrümmte Oberflächen in den Magnetstahlblechen der Joche sind, gerade wenn die gekrümmte Oberfläche mit einer Drehmaschine hergestellt wurde, die Oberflächen der Magnetstahlbleche Bearbeitungskraften widerstehen, so dass die geschichteten Stahlbleche nicht länger abgeschält werden, so dass eine hochgenaue gekrümmte Oberfläche hergestellt werden kann.

[0058] Wenn einer der Statorkerne für ein Magnetlager gemäß der oben genannten Ausführungsformen verwendet wird, hat das Magnetlager wenige Wirbelstromverluste.

[0059] Wenn irgendeiner der Statorkerne für ein Magnetlager gemäß der ersten bis dritten Ausführungsformen (Typen A, B und C) verwendet wird, werden die Eigenschaften der geschichteten Stahlbleche und die vorteilhaften Charakteristiken eines Körpers, der aus einem Magnetmaterialpulver, das in einem Harz verfestigt ist, effektiv kombiniert, und ein Magnetlager mit geringen Wirbelstrom- und Hystereseverlusten kann entwickelt werden.

[0060] Unter Verwendung der Statorkerne für ein Magnetlager gemäß der ersten bis fünften Ausführungsformen (Typen A, B, C, D und E) können Wirbelstromverluste an der Oberfläche eines Rotors verringert werden.

[0061] In den oben genannten Ausführungsformen wurde ein Radiallager als ein Beispiel genommen, jedoch sind anwendbare Lager in der Praxis nicht nur

auf dieses Beispiel beschränkt, und die vorliegende Erfindung kann auch auf ein Axiallager angewendet werden. Zusätzlich ist, obwohl die Beschreibungen unter der Annahme eines Aufbaus zum Stützen eines rotierenden Rotors erfolgten, die Erfindung nicht nur auf dieses Beispiel beschränkt, sondern die vorliegende Erfindung kann zum Beispiel auch für eine Führung für einen Linearhubantrieb verwendet werden. Zusätzlich bezogen sich die vorangegangenen Beschreibungen auf Beispiele, wo ein Stator Kern aus einer Komponente oder drei Komponenten aufgebaut war, aber der Schutzbereich der vorliegenden Erfindung ist nicht nur auf diese Aufbauten beschränkt, und zwei Komponenten oder vier oder mehr Komponenten können für den Aufbau verwendet werden. Ein vormagnetisierender Magnet kann auch als Teil eines Stator Kerns umfasst werden.

[0062] Die oben genannten Stator Kerne für ein Magnetlager und das Verfahren zu ihrer Herstellung zeigen die folgenden Vorteile.

1. Da die geschichteten Stahlbleche eines geschnittenen Kerns befriedigend verbunden sind, können Vorsprünge eines Magnetpols auch in einem geschichteten Aufbau hergestellt werden.
2. Vorsprünge sind miteinander magnetisch verbunden aber elektrisch isoliert, so dass Verluste verringert werden können, ohne die Eigenschaften des Lagers zu beeinträchtigen. D. h., unter Verwendung der geschnittenen Kerne können die Vorsprünge von Magnetpolen auch aus geschichteten Stahlblechen hergestellt werden, was in einer Verringerung von Eisenverlusten resultiert.
3. Eine breitere Auswahl von Typen von elektromagnetischen Stahlblechen wird möglich, und amorphe Materialien, die schwer zu schichten sind, können auch für die Magnetpole verwendet werden.

[0063] Daher können der Stator Kern für ein Magnetlager und das Verfahren zu dessen Herstellung gemäß der vorliegenden Erfindung aus geschichteten Stahlblechen aufgebaut werden, gerade wenn die Stator Kerne mit Vorsprüngen vorgesehen sind, die sich in der Umfangsrichtung erstrecken; zusätzlich können die geschichteten Stahlbleche davor bewahrt werden, gelöst, zerbrochen oder abgeschält zu werden, so dass sie effizient geschnitten und bearbeitet werden können; weiterhin kann ein amorphes Material, das schwierig zu schichten ist, als ein Rohmaterial verwendet werden; folglich können die Herstellungs- und Bearbeitungskosten der Stator Kerne verringert werden, während die Wirbelströme, die in der Statoreinheit erzeugt werden, auch stark verringert werden können, was exzellente Vorteile in der Praxis sind.

[0064] Gemäß der vorliegenden Erfindung stellen die Stator Kerne für ein homopolares Magnetlager, das einen rotierenden Körper stützt, die folgenden Ef-

ekte durch ihren Aufbau zur Verfügung.

[0065] Da das erste Joch, die Schafteinheit und das zweite Joch einstückig in einer U-Form ausgebildet sind und die Schafteinheit aus einem Magnetmaterialpulver, das in einem Harz verfestigt ist, besteht, fließt, wenn ein Magnetfluss durch sie hindurchgeht, der Fluss in einem geschlossenen Kreislauf durch das erste Joch, den sich bewegenden Körper, das zweite Joch und die Schafteinheit hindurch, wodurch Magnetpoloberflächen an einem Ende von jedem der ersten und zweiten Joche den Rotor an den stützenden Oberflächen stützen; weil das Magnetmaterialpulver, das in dem Harz verfestigt ist, keine Wirbelströme erzeugt, erzeugt die Schafteinheit einen geringen Wirbelstromverlust, so dass ein Magnetlager mit geringen Verlusten angeboten werden kann.

[0066] Darüber hinaus werden, da der erste Polkörper und der zweite Polkörper geschichtete Körper sind, die aus Magnetstahlblechen aufgebaut sind, zwischen denen eine nichtleitende Substanz eingebracht ist und die in einer Richtung orthogonal zu einer Linie senkrecht zu den oben genannten Magnetpoloberflächen geschichtet sind, wenn der Magnetfluss durch die Joche hindurchgeht, Wirbelstromverluste unterdrückt und ein Magnetlager mit noch geringeren Verlusten kann entwickelt werden.

[0067] Zusätzlich werden, wenn der erste Polkörper und der zweite Polkörper geschichtete Körper sind, die aus Magnetstahlblechen hergestellt sind, zwischen denen ein nichtleitendes Material eingebracht ist und die in der lateralen Richtung geschichtet sind, Wirbelstromverluste, die erzeugt werden, wenn ein Magnetfluss durch Joche hindurchgeht, unterdrückt, so dass ein Magnetlager mit noch geringeren Verlusten realisiert werden kann.

[0068] Zusätzlich werden, gemäß der vorliegenden Erfindung wie oben beschrieben, Stator Kerne für ein Magnetlager, das verwendet wird, um einen Rotor mit einer magnetischen stützenden Oberfläche zu stützen, mit einer N-Pol-Magnetpoloberfläche und einer S-Pol-Magnetpoloberfläche zur Verfügung gestellt, die der stützenden Oberfläche gegenüber sind, daher stützen die N-Pol- und S-Pol-Magnetpoloberflächen die stützende Oberfläche des Rotors, wenn ein Magnetfluss durch die Stator Kerne des Magnetlagers hindurchgeführt wird; weil das Magnetmaterialpulver, das in dem Harz verfestigt ist, geringe Wirbelstromverluste erzeugt, werden die Verluste unterdrückt, so dass ein Magnetlager mit geringen Verlusten präsentiert werden kann.

[0069] Auch wenn Stator Kerne für ein Magnetlager gemäß der vorliegenden Erfindung einen rotierenden Körper stützen, werden Wirbelstromverluste unterdrückt und ein Magnetlager mit geringem Verlust für einen Rotor kann erreicht werden.

[0070] Folglich stellt die vorliegende Erfindung Statorkerne für ein Magnetlager zur Verfügung, das in einer solchen Weise aufgebaut ist, das die Verwendbarkeit von Materialien hoch ist, die Werkstücke mit einer hohen Genauigkeit bearbeitet werden können und Wirbelstromverluste auf ein Minimum reduziert werden können.

[0071] Obwohl die vorliegende Erfindung im Hinblick auf eine Anzahl von bevorzugten Ausführungsformen beschrieben wurde, ist es verständlich, dass der Schutzbereich, der von der vorliegenden Erfindung umfasst wird, nicht nur auf diese Ausführungsformen beschränkt ist. Umgekehrt sollte der Schutzbereich der vorliegenden Erfindung alle Verbesserungen, Modifikationen und äquivalente Dinge umfassen, die zu dem Schutzbereich der angefügten Ansprüche gehören.

Patentansprüche

1. Homopolares Magnetlager mit Statorkernen und mit einer magnetischen stützenden Oberfläche zum Stützen eines Rotors (3), wobei jeder Statorkern aufweist

ein erstes Joch (6), von welchem ein Ende eine Magnetpoloberfläche (9) ausbildet und welches ein erster Polkörper mit einer vorbestimmten Breite (W3) ist, um einen Magnetfluss durchzulassen,

ein zweites Joch (8), von welchem ein Ende eine Magnetpoloberfläche ausbildet und welches ein zweiter Polkörper mit einer vorbestimmten Breite (W3) ist, um den Magnetfluss durchzulassen, und

eine Schafteinheit (7), die sandwichartig zwischen dem anderen Ende des ersten und dem anderen Ende des zweiten Joches angeordnet ist und den Magnetfluss überträgt, wobei das erste Joch (6) und das zweite Joch (8) im Hinblick aufeinander in der lateralen Richtung der Polkörper versetzt sind, die laterale Richtung mit der Axialrichtung des Rotors (3) ausgerichtet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Schafteinheit (7) ein Magnetmaterialpulver aufweist, das in einem Harz verfestigt ist,

der erste Polkörper (6) einen geschichteten Körper (17, 21, 31) aus Magnetstahlblechen aufweist, wobei ein isolierendes Material zwischen die Schichtungen eingebracht ist, in der lateralen Richtung und

der zweite Polkörper (8) einen geschichteten Körper (19, 23, 33) aus Magnetstahlblechen aufweist, wobei ein isolierendes Material zwischen die Schichtungen eingebracht ist, in der lateralen Richtung.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Fig. 1a
TYP A

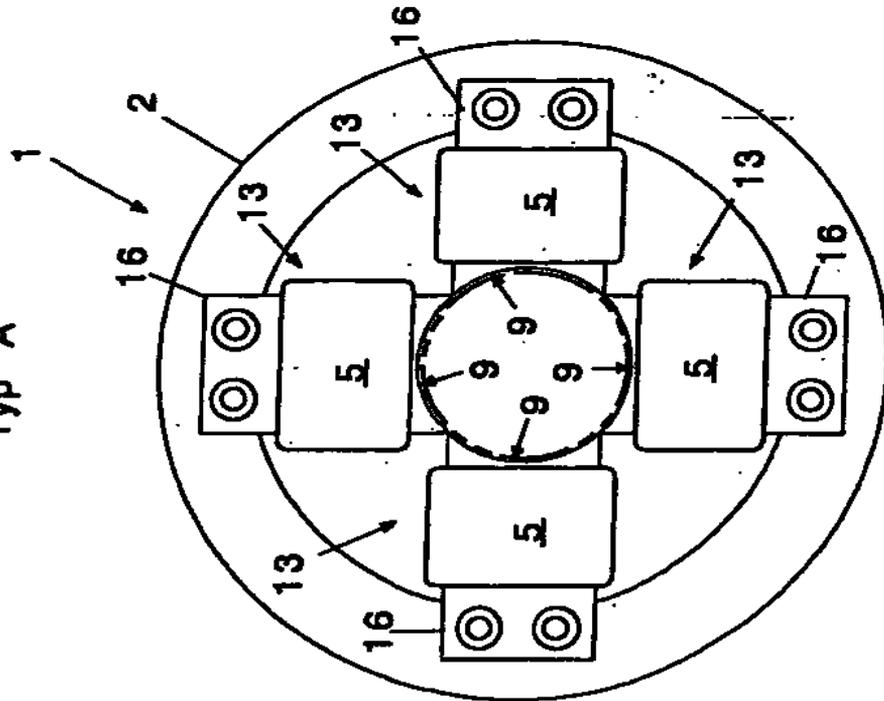


Fig. 1b
TYP A

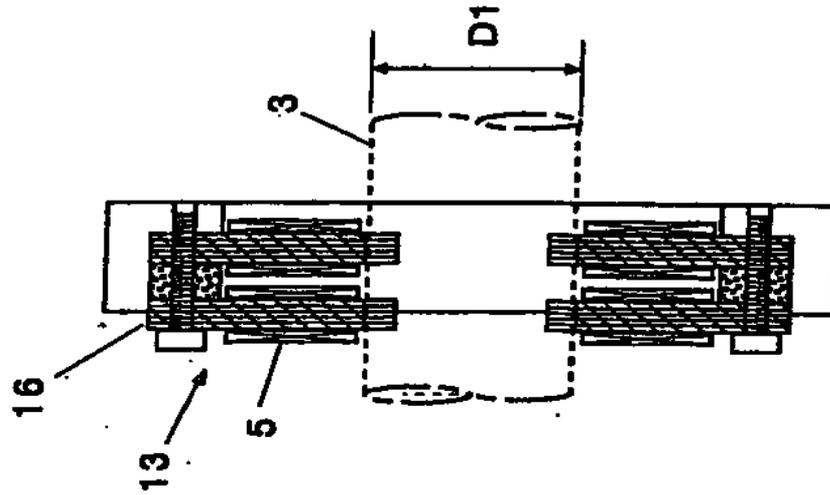


Fig. 2a
Typ B

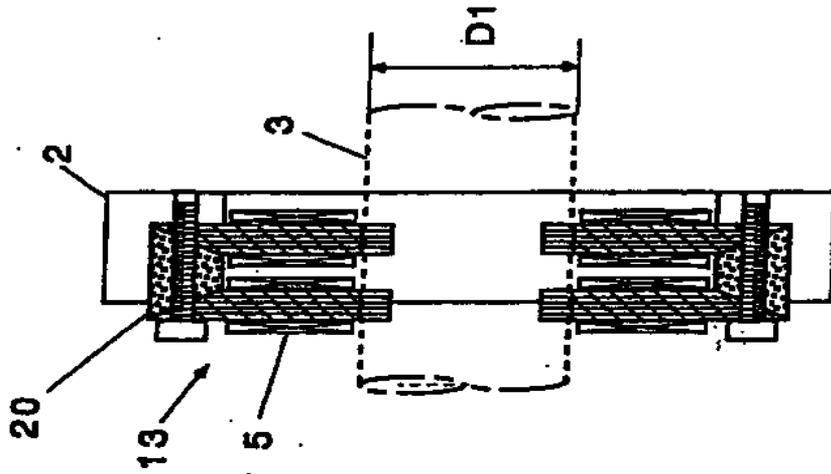


Fig. 2b
Typ C

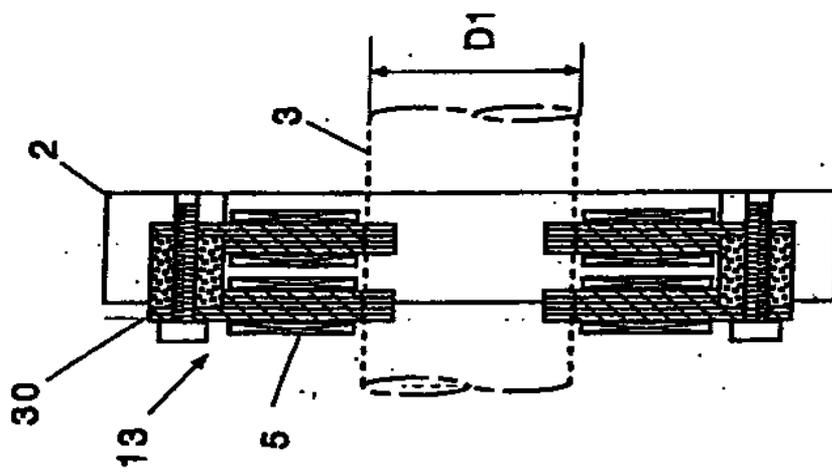


Fig. 3a
Typ A

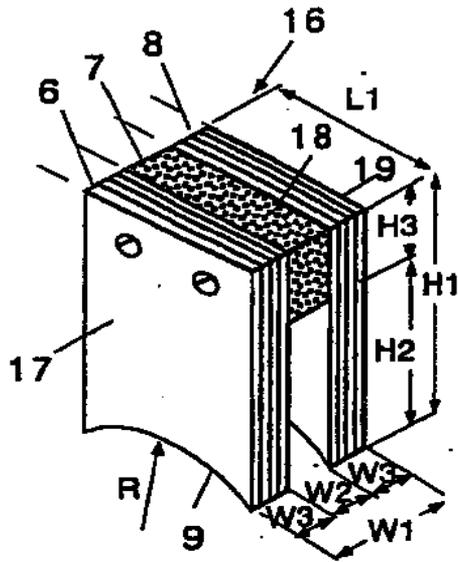


Fig. 3b
Typ B

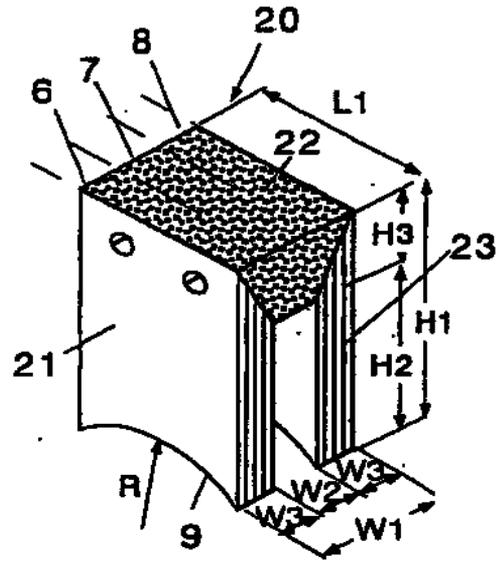


Fig. 3c
Typ C

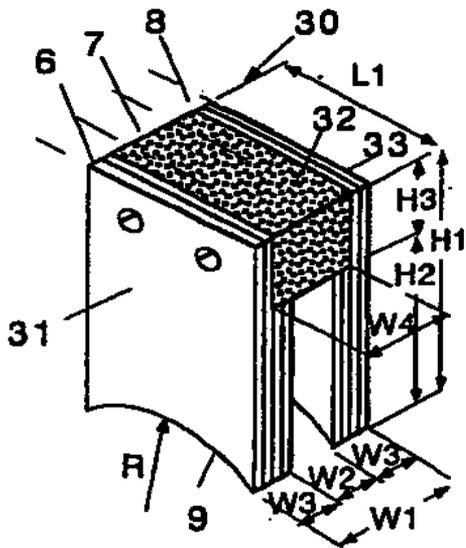


Fig. 4b

Typ D

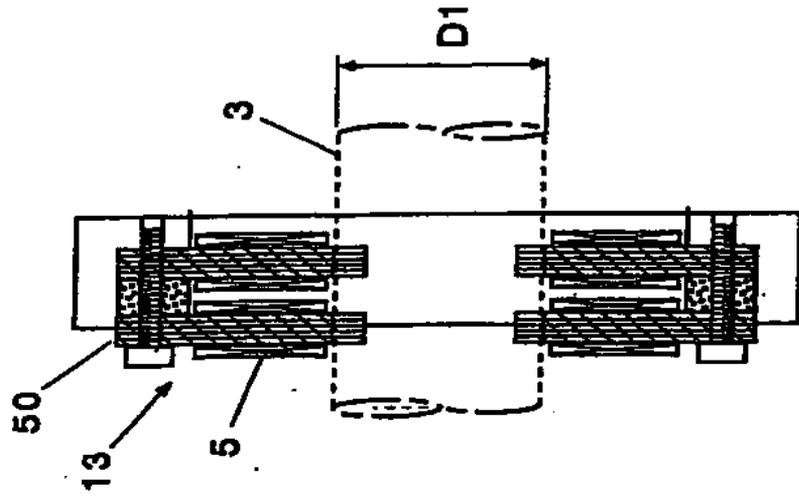


Fig. 4a

Typ D

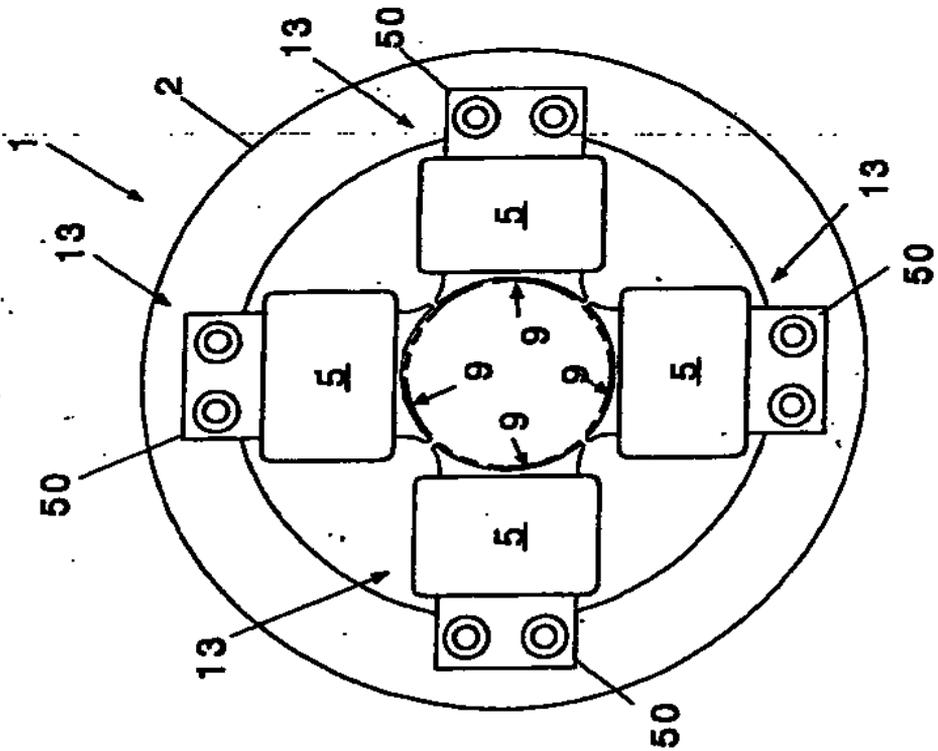


Fig. 5b

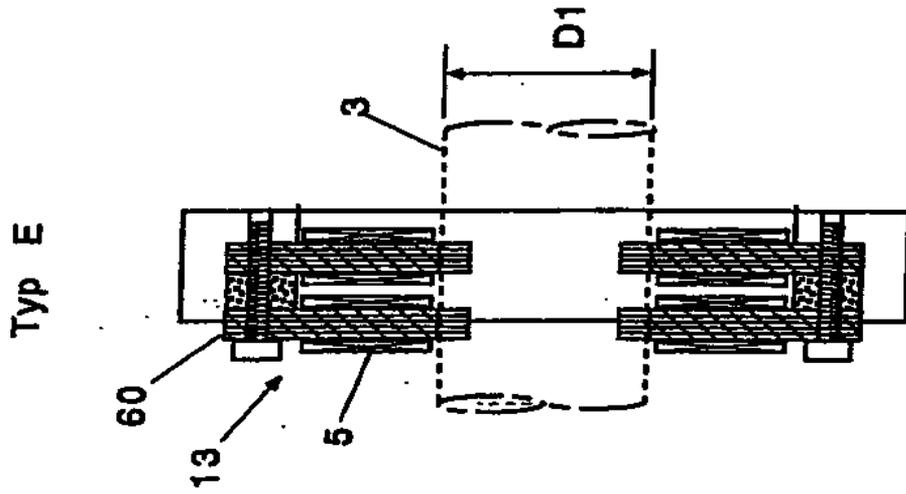


Fig. 5a

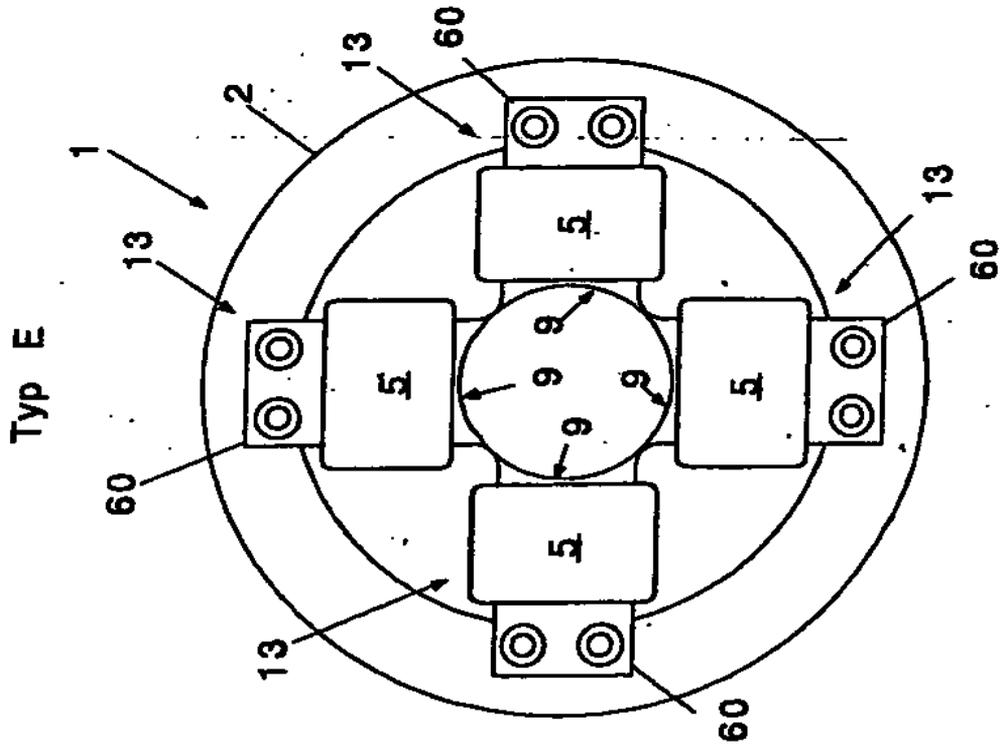


Fig.6

