

⑬ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

⑫ **Patentschrift**
⑪ **DE 25 18 735 C 2**

⑤ Int. Cl. 3:
F16 C 32/04

②① Aktenzeichen: P 25 18 735.3-51
②② Anmeldetag: 28. 4. 75
②③ Offenlegungstag: 27. 11. 75
②④ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 5. 6. 85

DE 25 18 735 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①
09.05.74 FR 7416080

③④ Patentinhaber:
Société Européenne de Propulsion, Puteaux,
Hauts-de-Seine, FR

③⑤ Vertreter:
Feder, H., Dr.; Feder, W., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.,
Pat.-Anw., 4000 Düsseldorf

③⑥ Erfinder:
Brunet, Maurice, Foret de Vernon, FR; Habermann,
Helmut, Vernon, FR

③⑦ Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene
Druckschriften nach § 44 PatG:

DE-AS	1 50 798
DE-OS	23 10 130
FR	21 32 911
US	31 55 437

③⑧ Aktives magnetisches Lager

DE 25 18 735 C 2

Fig. 1

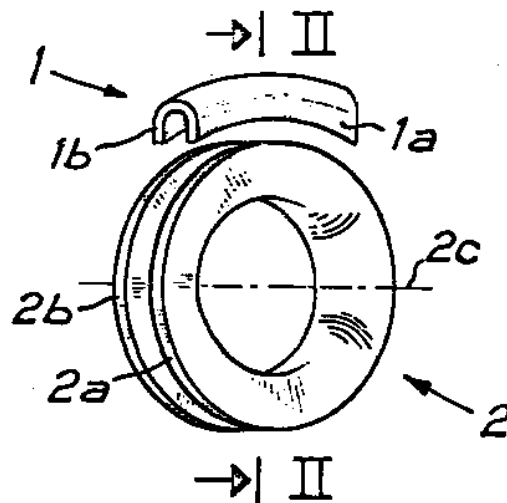
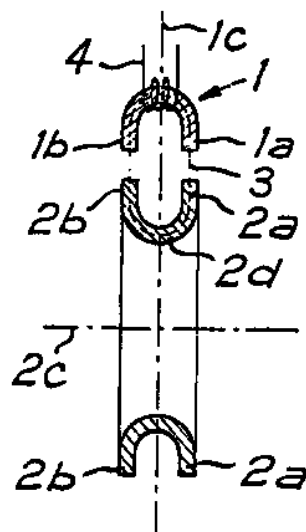


Fig. 2



Patentansprüche:

1. Aktives magnetisches Lager mit einem Rotor und einem Stator mit U-förmigem Querschnitt, wobei die Schenkel von Rotor und Stator senkrecht zur Drehachse des Rotors stehen, der Stator mindestens einen Elektromagneten enthält und die magnetisch induzierbaren Teile des Rotors und des Stators die Form von Ringen haben, die mindestens beim Rotor aus fein lamelliertem Blech bestehen, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor einen solchen U-förmigen Querschnitt hat, daß die beiden Schenkel (2a, 2b) durch ein gekrümmtes Stück (2d) miteinander verbunden sind und der Teil des Rotors (2), in welchem die induzierten magnetischen Feldlinien verlaufen, aus Blechen mit magnetisch orientiertem Korn besteht.

2. Aktives magnetisches Lager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auch der Stator einen solchen U-förmigen Querschnitt hat, daß die beiden Schenkel (1a, 1b) durch ein gekrümmtes Stück miteinander verbunden sind und der Teil des Stators, in welchem die induzierten magnetischen Feldlinien verlaufen, aus Blechen mit magnetisch orientiertem Korn besteht.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein aktives magnetisches Lager nach dem Oberbegriff des Anspruches 1.

Ein »aktives« magnetisches Lager enthält einen Stator, in welchem magnetische Feldlinien induziert werden und einen Rotor, in welchem sich die magnetischen Feldlinien schließen, ferner eine Meßvorrichtung für Lageänderungen und eine Steuerelektronik.

In solchen magnetischen Lagern ist jede mechanische Reibung vermieden, es entstehen aber Verluste durch Hysterese-Effekte aufgrund der Änderungen des im Rotor und im Stator induzierten magnetischen Feldes. Die Hysterese-Verluste können durch Verwendung von Legierungen, in denen nur geringe Hysterese-Verluste auftreten, vermindert werden. Es ist auch bekannt, daß Bleche mit magnetisch orientiertem Korn besonders geringe Hysterese-Verluste aufweisen, aber nur, wenn die induzierten magnetischen Feldlinien genau mit der Orientierungsrichtung übereinstimmen. Schon bei geringem Abweichen der Richtung der Feldlinien von der Orientierungsrichtung treten wieder hohe Verluste auf.

Ein magnetisches Lager mit geringen Wirbelstrom-Verlusten ist bekannt durch die DE-AS 17 50 798. Bei diesem bekannten Lager hat der Rotor einen U-förmigen Querschnitt und ist aus Blechschichtungen aufgebaut, wobei die Blechschichtungen an den Polen parallel zu einer Ebene senkrecht zur Drehachse des Rotors liegen und die Blechschichtungen zwischen den Polen sich in axialer Richtung erstrecken. Die Verwendung von Blechen mit magnetisch orientiertem Korn ist bei diesem bekannten magnetischen Lager nicht möglich, denn bei den bekannten Eisenbändern mit magnetisch orientiertem Korn stimmt die Richtung der magnetischen Orientierung mit der Walzrichtung überein, ist also stets parallel zur Längsrichtung des Bandes, während bei dem bekannten Lager die Pole des Rotors aus Blechen bestehen müßten mit radial orientiertem Korn. Auch bei der Blechschichtung zwischen den Polen würde die Verwendung von Blechen mit magnetisch orien-

tiertem Korn große Schwierigkeiten machen, weil die magnetische Orientierung parallel zur Drehachse verlaufen müßte, um die die Bleche herumgebogen oder herumgewickelt sind.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe bestand darin, ein magnetisches Lager zu schaffen, bei dem nicht nur die Wirbelstrom-Verluste sondern auch die Hysterese-Verluste erheblich vermindert sind. Zu diesem Zweck mußte für die magnetisch induzierbaren Teile des Lagers eine Formgebung gefunden werden, bei der Bleche mit magnetisch orientiertem Korn verwendet werden können und sich die Richtung der magnetischen Feldlinien mit der Richtung der Kornorientierung deckt.

Gemäß der Erfindung wird die Lösung dieser Aufgabe durch die im Kennzeichen des Patentanspruches 1 angegebenen Mittel erreicht. Durch den U-förmigen Querschnitt, bei dem die beiden Schenkel durch ein gekrümmtes Stück miteinander verbunden sind, wird erreicht, daß der den Rotor bildende Ring durch Bewickeln eines ringförmigen Kernes mit einem dünnen gewalzten Blechband hergestellt werden kann. Die Schenkel des Stators, der ebenfalls U-förmigen Querschnitt aufweist, bilden in an sich bekannter Weise jeweils einen Nord- bzw. Südpol und sind so angeordnet, daß die Symmetrieebene zwischen Nord- und Südpol senkrecht zur Rotationsachse des magnetischen Lagers steht. Wird gemäß Anspruch 2 der Stator in gleicher Weise gestaltet wie der Rotor, so werden besonders günstige Eigenschaften des Lagers erzielt auch bezüglich der aufzuwendenden elektrischen Energie.

Bei den magnetischen Lagern nach der Erfindung verläuft die Linie, welche die Nord- und Südpole miteinander verbindet, parallel zur Rotationsachse des Rotors, dessen Teile nicht nacheinander vor den Nordpolen und Südpolen vorbeilaufen, sondern stets nur vor Nordpolen oder nur vor Südpolen. Dadurch wird der Hysterese-Zyklus im Rotor vermindert, so daß sich die Magnetisierung an jedem Punkt nur zwischen den Werten 0 und $+B$ bzw. zwischen 0 und $-B$ ändert und nicht zwischen den Werten $-B$ und $+B$, wie es der Fall ist, wenn Abschnitte des Rotors abwechselnd an einem Nordpol und einem Südpol vorbeilaufen. Dadurch wird die Fläche der Hysterese-Schleife im Verhältnis 1 : 3 bis 1 : 4 verkleinert, wodurch auch die Hysterese-Verluste entsprechend verkleinert werden.

Die im Rotor induzierten magnetischen Feldlinien, die jeweils die Teile des Rotors, welche dem Nordpol und dem Südpol des Stators gegenüberliegen, miteinander verbinden, behalten im wesentlichen konstante Trajektorien und es ist deshalb möglich, für den Rotor Bleche mit magnetisch orientiertem Korn zu verwenden, wodurch die Hysterese-Verluste weiter im Verhältnis 1 : 3 vermindert werden können. Im Stator treten an sich nur geringe Hysterese- und Wirbelstromverluste auf. Auch beim Stator ist es aber vorteilhaft, ihn analog zum Aufbau des Rotors aufzubauen und Bleche mit magnetisch orientiertem Korn zu verwenden, weil dadurch nicht nur die Abmessungen und der Aufwand an elektrischer Energie zur Erzielung der notwendigen Magnetisierung vermindert werden, sondern es auch möglich wird, Stator und Rotor derart herzustellen, daß ein Kern mit dem Blechband bewickelt und dann parallel zur Mittelechse in zwei U-förmige Hälften gesägt wird.

Ein Ausführungsbeispiel eines Lagers gemäß der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt. Es zeigt

Fig. 1 in schematischer Darstellung eine perspektivische Ansicht des magnetischen Lagers:

Fig. 2 einen Axialschnitt durch das Lager nach der Linie II-II in Fig. 1.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich, besitzt das magnetische Lager einen Stator, der mindestens einen Elektromagnet 1 aufweist. Dieser Elektromagnet 1 besitzt den aus Fig. 2 ersichtlichen Querschnitt in Form eines »U«, dessen einer Schenkel 1a den Nordpol und dessen anderer Schenkel 1b den Südpol des Magneten bildet. Innerhalb des Stators, der in der Regel aus mehreren Elektromagneten besteht, ist der Rotor 2 angeordnet, der um eine im wesentlichen stationäre Rotationsachse 2c drehbar ist. Bei dem U-förmigen Querschnitt des Rotors sind die Schenkel 2a und 2b durch den gekrümmten Teil 2d miteinander verbunden. Das gleiche gilt bezüglich der Schenkel 1a und 1b des Stators. Die Symmetrieebene 1c zwischen dem Schenkel 1a, der den Nordpol bildet und dem Schenkel 1b, der den Südpol bildet, steht senkrecht zur Drehachse 2c des Rotors 2. Dabei besteht mindestens der Rotor 2, zweckmäßig auch der Stator 1, aus lamellierten Blechen mit sehr feinem Lamellierungsgrad. Die Feldlinien 3 des elektromagnetischen Kreises, die in an sich bekannter Weise im Elektromagnet 1 durch eine, um den Elektromagneten herumgeführte Spule 4 induziert werden, schließen sich in dem U-förmigen Teil des Rotors 2. Die Richtung der Feldlinien an jedem Punkt des Rotors 2 bleibt weitgehend erhalten, so daß es möglich ist, den Rotor so auszubilden, daß die Kornorientierung in den lamellierten Blechen mit der Richtung der magnetischen Feldlinien stets so weitgehend übereinstimmt, daß günstigste Bedingungen, d. h. geringste Verluste erzielt werden.

Um den Rotor 2 herum sind mehrere Elektromagnete angeordnet, die ähnlich ausgebildet sein können wie der Elektromagnet 1. Vorteilhaft können zwei, vier oder acht oder mehr Paare von Elektromagneten vorgesehen sein, wobei die Zahl der Elektromagnete zweckmäßig gleich einer Zahl aus der geometrischen Folge mit dem allgemeinen Glied $U_n = 2^n$ ist, wobei n eine ganze Zahl ist.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen