



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 241 288 A1

4(51) F 16 C 32/04
F 16 C 39/06

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP F 16 C / 281 062 8

(22) 27.09.85

(44) 03.12.86

(71) VEB Kombinat Pumpen und Verdichter, 4020 Halle, Turmstraße 94-96, DD

(72) Wilda, Artur, Dipl.-Ing.; Spengler, Hans, Dr.-Ing.; Müller, Heinz; Wesemeier, Hans; Kühnel, Reinhard, DD

(54) Hydrodynamisches Magnetlager

(57) Die Erfindung betrifft ein hydrodynamisches Magnetlager, dessen zentrierende und tragende Funktion als gemeinsame Kraftwirkung sowohl von einem hydrodynamisch wirkenden Lagerspalt als auch von einem Dauermagnetsystem erzielt wird. Aufgabe der Erfindung ist es, die obere Grenze der magnetischen Kraftkomponente eines hydrodynamischen Magnetlagers so zu erweitern, daß sie als Parameter bei der Auslegung und Bemessung der Hydrodynamik eines Gleitlagers nach Betrag und Richtung in weiten Grenzen beliebig und optimal einsetzbar ist. Gelöst wird die Aufgabe dadurch, daß die die magnetische Kraft bewirkenden Dauermagnete in einem Magnetkreis integriert sind. Fig. 3

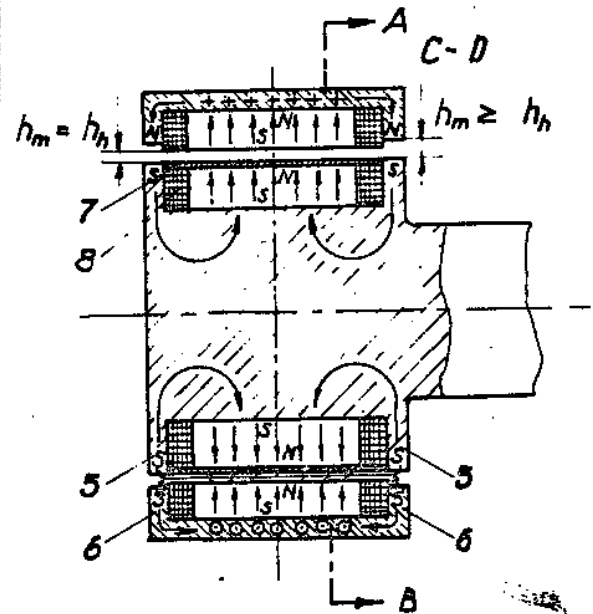


Fig. 3

Erfindungsanspruch:

1. Hydrodynamisches Magnetlager, dessen zentrierende und tragende Funktion als gemeinsame Kraftwirkung sowohl von einem hydrodynamisch wirkenden Lagerspalt als auch von einem Dauermagnetsystem erzielt wird, **gekennzeichnet dadurch**, daß die, die magnetische Kraft bewirkenden Dauermagnete in einen Magnetkreis integriert sind.
2. Hydrodynamisches Magnetlager nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß der diametral magnetisierte Statormagnet mit einem weichmagnetischen Statorring fest umschlossen ist.
3. Hydrodynamisches Magnetlager nach Punkt 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß auf der weichmagnetischen Welle oder einer entsprechenden Hülse zu einer oder zu beiden Seiten des radial magnetisierten Rotormagneten in einem Abstand ausreichend magnetischen Widerstandes eine weichmagnetische Rotorpolscheibe angeordnet ist, deren äußerer Durchmesser in etwa dem Durchmesser des Rotormagneten entspricht und daß am, den diametral magnetisierten Statormagneten umschließenden, weichmagnetischen Statorring, zu einer oder zu beiden Seiten des Statormagneten weichmagnetische Statorpolscheiben angebracht sind, deren Zylinderflächen der Bohrung den äußeren Zylinderflächen der Rotorpolscheiben bündig gegenüberstehen.
4. Hydrodynamisches Magnetlager nach Punkt 1 bis 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß die kreisringförmigen Hohlräume zwischen Rotormagnet und Rotorpolscheiben und Statormagneten und Statorpolscheiben mit einem Werkstoff hohen magnetischen Widerstandes gefüllt sind.
5. Hydrodynamisches Magnetlager nach Punkt 1 bis 4, **gekennzeichnet dadurch**, daß der hydrodynamisch wirksame Lagerspalt h_h und der magnetische Arbeitsspalt h_m nicht identisch und nicht gleich sind.
6. Hydrodynamisches Magnetlager nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß Rotormagnet und Statormagnet axial entgegengesetzt magnetisiert und an ihren Stirnseiten dicht mit weichmagnetischen Polscheiben versehen sind.
7. Hydrodynamisches Magnetlager nach Punkt 1 und 5 bis 6, **gekennzeichnet dadurch**, daß die weichmagnetischen Statorpolscheiben als Statorsegmentpolscheiben ausgebildet sind.
8. Hydrodynamisches Magnetlager nach Punkt 1 und 5 bis 6, **gekennzeichnet dadurch**, daß die weichmagnetischen Statorpolscheiben als Statorexzenterpolscheiben gestaltet sind.
9. Hydrodynamisches Magnetlager nach Punkt 1 und 5 bis 6 oder 1 und 5 bis 7 oder 1 und 5 bis 6 und 8, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Magnetkreise mehrfach angeordnet und mit gleichen oder unterschiedlichen Statorpolscheiben besetzt sind.
10. Hydrodynamisches Magnetlager nach Punkt 1 bis 9, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Rotormagnet mit einem weichmagnetischen/nichtmagnetischen Mantel fest umschlossen ist.
11. Hydrodynamisches Magnetlager nach Punkt 1 bis 10, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Rotormagnet und/oder Statormagnet aus plastgebundenem Dauermagnetwerkstoff gefertigt ist.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein hydrodynamisches Magnetlager, dessen zentrierende und tragende Funktion als gemeinsame Kraftwirkung sowohl von einem hydrodynamisch wirkenden Lagerspalt als auch von einem Dauermagnetsystem erzielt wird.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Hydrodynamische Magnetlager werden vorwiegend aus einem Magnetwerkstoff hergestellt, der zugleich der Werkstoff für die Gestaltung des hydrodynamischen Schmierpaltens ist. Hartferrite erfüllen weitestgehend beide Bedingungen.

Die lineare, bzw. nahezu lineare Entmagnetisierungskennlinie der Hartferrite macht diesen Magnetwerkstoff für die Verwendung im hydrodynamischen Magnetlager besonders geeignet. Die magnetische Tragkraftkomponente entsteht dadurch, daß die Magnetfelder zweier Magnete, des Statormagneten und des Rotormagneten (bzw. die Pole dieser Magneten) unmittelbar aufeinander wirken.

Nachteilig ist daran, daß die Magnetkraftkomponente nur in geringen Grenzen mit Hilfe der Magnetmasse einstellbar ist und daß die magnetische Qualität des Magnetwerkstoffes ihre obere Grenze relativ niedrig festlegt.

Die Magnettechnik hält zwar auf der Basis seltener Erden magnetisch sehr viel wirksameres Magnetmaterial bereit, zu einem Preis jedoch, der seinen breitenwirksamen, maschinentechnischen Einsatz völlig ausschließt.

Ziel der Erfindung

Es ist das Ziel der Erfindung, die genannten Mängel zu beseitigen und dem hydrodynamischen Magnetlager einen größeren Bereich von Pumpen und anderen Maschinen zu erschließen, die hydrodynamischen Gleitlager zu befähigen, einen erheblich größeren Grundlastanteil magnetisch zu tragen, um dadurch der hydrodynamischen Wirkungsweise eines z. B. mit Wasser geschmierten Gleitlagers optimale Bedingungen zu schaffen. Ein weiteres Anliegen besteht darin, auch zu gering belastete Gleitlager, die bekanntlich zu instabilem Lauf tendieren, entsprechend zusätzlich optimal magnetisch zu belasten.

Letztlich ist es das Ziel der Erfindung vermittels einer verallgemeinerten Verwendung einer Magnetkraftkomponente eines hydrodynamischen Magnetlagers den Gleitlagern einer großen Klasse von Maschinen hydrodynamische Betriebsbedingungen zu gewährleisten mit allen darin begründeten Vorteilen, wie z.B.: kein, oder sehr geringer Reibungsverschleiß, geringe Ausfallrate, lange Lebensdauer, geringer Serviceaufwand, geringe Garantieleistungen und die hieraus resultierenden ökonomischen Vorteile.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die obere Grenze der magnetischen Kraftkomponente eines hydrodynamischen Magnetlagers so zu erweitern, daß sie als Parameter bei der Auslegung und Bemessung der Hydrodynamik eines Gleitlagers nach Betrag und Richtung in weiten Grenzen beliebig und optimal einsetzbar ist.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die, die magnetische Kraft bewirkenden Dauermagnete in einen Magnetkreis integriert sind. In der einfachsten Ausführung dieses Prinzips ist ein diametral magnetisierter Statormagnet mit einem weichmagnetischen Ring fest umschlossen.

In einer sehr vorteilhaft wirksamen Gestaltung der Erfindung ist auf einer weichmagnetischen Welle oder einer entsprechenden Hülse an einer oder zu beiden Seiten des radial magnetisierten Rotormagneten in einem Abstand ausreichend magnetischen Widerstandes eine weichmagnetische Rotorpolscheibe angeordnet, deren äußerer Durchmesser in etwa dem Durchmesser des Rotormagneten entspricht. Mit dem Statorring, der den diametral magnetisierten Statormagneten fest umschließt, ist an einer oder zu beiden Seiten des Statormagneten, in einem Abstand ausreichend magnetischen Widerstandes, je eine Statorpolscheibe angebracht. Die Bohrungszylinderflächen der Statorpolscheiben und die äußeren Zylinderflächen der Rotorpolscheiben stehen sich bündig gegenüber, sind die Pole des Magnetkreises und begrenzen den weichmagnetischen Arbeitsspalt.

Es hat technologische Vorteile, den kreisringförmigen Hohlraum zwischen Rotormagneten und Rotorpolscheiben und Statormagneten und Statorpolscheiben mit einem Werkstoff hohen magnetischen Widerstandes zu füllen. Damit ist zugleich die hydrodynamische Wirkungsbreite des Lagers unabhängig von der Breite der Magneten einstellbar.

Der hydrodynamisch wirksame Lagerspalt und der magnetische Arbeitsspalt sind nicht identisch und nicht gleich.

In einer anderen Ausführung der Erfindung sind Rotormagnet und Statormagnet axial entgegengesetzt magnetisiert und an ihren Stirnseiten direkt mit weichmagnetischen Polscheiben versehen. Eine radiale, gerichtete Magnetkraftkomponente entsteht und wird verstärkt bei dieser Ausführung, indem die weichmagnetischen Statorpolscheiben als Statorsegmentpolscheiben ausgeführt sind. Technologische Vorteile bestehen darin, die weichmagnetischen Statorpolscheiben als Statorsegmentpolscheiben zu gestalten. Von großer Wirksamkeit ist die mehrfache Anordnung von Magnetkreisen, wobei das weichmagnetische Statorpolsystem wahlweise gleich oder unterschiedlich mit zentrischen Statorpolscheiben und/oder mit Statorsegmentpolscheiben und/oder mit Statorsegmentpolscheiben besetzt ist.

Unterschiedliche Wirkungen werden erzielt, indem ein Rotormagnet mit einem weichmagnetischen/nichtmagnetischen Mantel fest umschlossen ist, um z.B. das Magnetfeld zu homogenisieren und/oder die Gleiteigenschaften verbessern und/oder bei hohen Drehzahlen die Festigkeit zu stützen.

Technologische Vorteile bietet die Verwendung plastgebundener Dauermagnetwerkstoffe als Rotormagnet und/oder Statormagnet.

Ausführungsbeispiele

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Beispielen näher erläutert.

Die zugehörigen Zeichnungen zeigen

Fig. 1: Schnitt eines radialen hydrodynamischen Magnetlagers, dessen Statormagnet mit einem weichmagnetischen Statorring umschlossen ist.

Fig. 2: Ansicht zu Fig. 1.

Fig. 3: Schnitt eines radialen hydrodynamischen Magnetlagers mit weichmagnetischen Arbeitsspalten (räumliche Darstellung der Magnetkreise).

Fig. 4: Ansicht zu Fig. 3.

Fig. 5: Schnitt eines axial/radial hydrodynamischen Magnetlagers mit axialer Magnetisierung und weichmagnetischen Statorpolscheiben.

Fig. 6: Ansicht zu Fig. 5 mit Statorsegmentpolscheiben.

Fig. 7: Ansicht zu Fig. 5 mit Statorsegmentpolscheiben.

Fig. 8: Schnitt eines axialen hydrodynamischen Magnetlagers mit mehrfacher Magnetkreisanordnung.

Fig. 1 zeigt ein radiales hydrodynamisches Magnetlager, dessen Rotormagnet 2 radial und dessen Statormagnet 3 diametral magnetisiert sind. Der weichmagnetische Statorring 4 umschließt den Statormagneten 3 und leitet den magnetischen Fluß vom Nord- zum Südpol. Die kreisrunde Bohrung des Statormagneten 3 ist der Arbeitsspalt des so entstandenen Magnetkreises. Im Spalt $h_h = h_m$ zwischen Rotormagnet 2 und Statormagnet 3 ist sowohl die Kraft eines hydrodynamischen Schmiermittels wirksam als auch die Kraft eines hydrodynamischen Schmiermittels wirksam als auch die Kraft der Magnetpole. Im Schmierpalt $h_h = h_m$ hat die Magnetkreisbildung vermittels dem Statorring 4 die magnetische Flußdichte um etwa 50 % erhöht was in etwa eine Verdoppelung der magnetischen Kraft bedeutet. Im unteren Bereich des Lagerspaltes liegen sich der Nordpol des Rotormagneten 2 und der Nordpol des Statormagneten 3 gegenüber: es wirkt eine abstoßende magnetische Kraftkomponente. Im oberen Bereich des Lagerspaltes steht dagegen dem Nordpol des Rotormagneten 2 der Südpol des Statormagneten 3 gegenüber: es wirkt eine anziehende magnetische Kraftkomponente. Die magnetische Kraft insgesamt dieser Ausführung eines hydrodynamischen Magnetlagers ist die Summe dieser beiden Komponenten.

Fig. 2 macht die Anordnung der kreisringförmigen Pole und die den magnetischen Fluß leitende Wirkung des weichmagnetischen Statorringes 4 deutlich.

Eine sehr vorteilhaft wirksame Ausgestaltung der Erfindung zeigt Fig. 3. Der Anordnung nach Fig. 1 sind neben jeder Seite des Rotormagneten 2 und des Statormagneten 3 je eine weichmagnetische Polscheibe 4 und 5 zugeordnet. Dadurch entstehen zum magnetischen Arbeitsspalt h_m symmetrische Magnetkreise mit einpoliger Flußleitung.

In der oberen Hälfte des hydrodynamischen Magnetlagers dieser Ausführung tritt der magnetische Fluß aus dem Nordpol des Statormagneten 3 in den weichmagnetischen Statorring 4, von hier in die Statorpolscheiben 6 an jeder Seite des Statormagneten 3, überwindet hier den magnetischen Widerstand des magnetischen Arbeitsspalt h_m und wird mittels Rotorpolscheiben 5 und der Welle 7 zum Südpol des Rotormagneten 2 geleitet. Indem der magnetische Fluß den magnetischen Widerstand des hydrodynamischen Schmierpalt h_h (der zugleich auch magnetischer Arbeitsspalt ist) überwindet, sind die Magnetkreise geschlossen.

Die Querschnitte der Polscheiben 5 und 6 am magnetischen Arbeitsspalt h_m sind kleiner ausgeführt als die Polflächen der Rotor- und Statormagneten 2 und 3. Die Folge davon ist, wie bekannt, daß die magnetische Flußdichte und infolgedessen die magnetische Kraftkomponente hier bedeutend verstärkt ist. Die magnetische Kraftkomponente zwischen den Rotor- und Statorpolscheiben 5 und 6 beträgt ein Vielfaches der Magnetkraft, die im magnetischen Arbeitsspalt zwischen Rotor- und Statormagnet 2 und 3 auftritt.

Die Vergrößerung der Kraftwirkung kann den Faktor 10 erreichen, obwohl in der unteren Hälfte des Lagers eine abstoßende Wirkung von den weichmagnetischen Polscheiben nicht ausgeht, wohl aber verstärkt von den Magneten.

Diese erfindungsgemäße Ausführung gestattet, Magnetkräfte in hydrodynamischen Magnetlagern mit billigen, einheimischen Magnetwerkstoffen zu realisieren, wie sie sonst nur mit speziellen und teuren Magnetwerkstoffen möglich sind.

Der Werkstoff 8 hohen magnetischen Widerstand vergrößert die hydrodynamische Wirkungsbreite und verbessert die konstruktive Gestaltbarkeit.

In Verbindung mit Fig. 4 ist der räumliche Weg des magnetischen Flußes in den Magnetkreisen dieser erfindungsgemäßen Ausführung eines hydrodynamischen Magnetlagers verdeutlicht.

Fig. 5 zeigt eine weitere erfindungsgemäße Ausführung eines hydrodynamischen Magnetlagers, dessen Rotormagnet 2 und Statormagnet 3 axial magnetisiert sind. An den Polen sind dicht anliegend, weichmagnetische Rotorpolscheiben 5 und weichmagnetische Statorpolscheiben 6 angebracht. Im hydrodynamischen Schmierpalt h_h zwischen Rotormagnet 2 und Statormagnet 3 wirkt nur die hydrodynamische Tragkraft des Schmiermittels. Die hier auftretende, dezentrierende Magnetkraftkomponente tritt als Differenz wenig unterschiedlicher Größen auf und ist deshalb sehr klein.

Eine sehr kräftige, gerichtete Magnetkraft wird dadurch bewirkt, daß der magnetische Arbeitsspalt h_m zwischen den weichmagnetischen Rotorpolscheiben 5 und — Statorpolscheiben 6 modifiziert ist. Fig. 6 zeigt eine Statorsegmentpolscheibe 6.1 mit konstanter Spaltweite h_m h_h . Die magnetische Kraftkomponente als Wirkung auf den Rotor entsteht nur im Bereich des Segmentes und hat dadurch eine feste Richtung. Ihr Betrag ist mit der Weite des magnetischen Arbeitsspalt h_m einstellbar.

Eine technologisch günstigere Gestaltung eines modifizierten magnetischen Arbeitsspalt h_m ist mit Fig. 7 dargestellt.

Die Bohrungen der weichmagnetischen Statorpolscheiben 6.2 sind gegenüber den weichmagnetischen Rotorpolscheiben 5 exzentrisch ausgeführt.

Im Bereich des engen magnetischen Arbeitsspalt h_m ist die magnetische Anziehung groß, während sie mit weiter werdendem magnetischen Arbeitsspalt kleiner wird. Es entsteht eine resultierende Magnetkraftkomponente, die mit Betrag und Richtung oder Exzentrizität und mit dem Durchmesser der exzentrischen Bohrung in weiten Grenzen nach Betrag und Richtung einstellbar ist. Die axiale Magnetisierung dieser erfindungsgemäßen Ausführung gestattet die Verwendung von Hartferriten (Maniperm) mit magnetischer Vorzugsrichtung. Die Vorzugsrichtung hat etwa die doppelte Remanenz, die eine vierfache Kraftausbeute begründet. Ab Fig. 3 sind alle Beispiele erfindungsgemäß ausgeführter hydrodynamischer Magnetlager mit einem besonders bedeutungsvollem Vorteil ausgestaltet, indem sie neben den hydrodynamischen und magnetischen, radial gerichteten Kräften zusätzlich auch eine magnetische Axialkraft bewirken, die den Rotor axial in beiden Richtungen positioniert.

Sehr wirksam hinsichtlich der magnetischen Axialkraftwirkung ist die mit Fig. 8 dargestellte parallele Anordnung mehrerer Magnetkreise entsprechend Fig. 5. Die in beiden Richtungen wirkende magnetische Axialkraftkomponente ist vervielfacht. Sind die magnetischen Arbeitsspalte h_m teilweise modifiziert, z. B. die beiden äußeren entsprechend Fig. 6 oder Fig. 7, so bewirkt das auch eine magnetische Radialkraft.

Es überschreitet nicht den Rahmen der Erfindung, wenn der Rotor identisch nach Fig. 8, aber ohne Rotormagnete 2 ausgeführt ist. Die Rotormagnete 2 aller Beispiele sind, wenn z. B., die Rotation die Festigkeit des Magnetwerkstoffes überfordert, oder zum Zwecke der magnetischen Homogenisierung der Poloberfläche oder aus anderen Gründen mit einem weichmagnetischen/nichtmagnetischen Mantel 7 fest umschlossen.

Insbesondere technologische Vorteile bietet die Verwendung plastgebundener Dauermagnetwerkstoffe als Rotormagnet 2 und/oder Statormagnet 3.

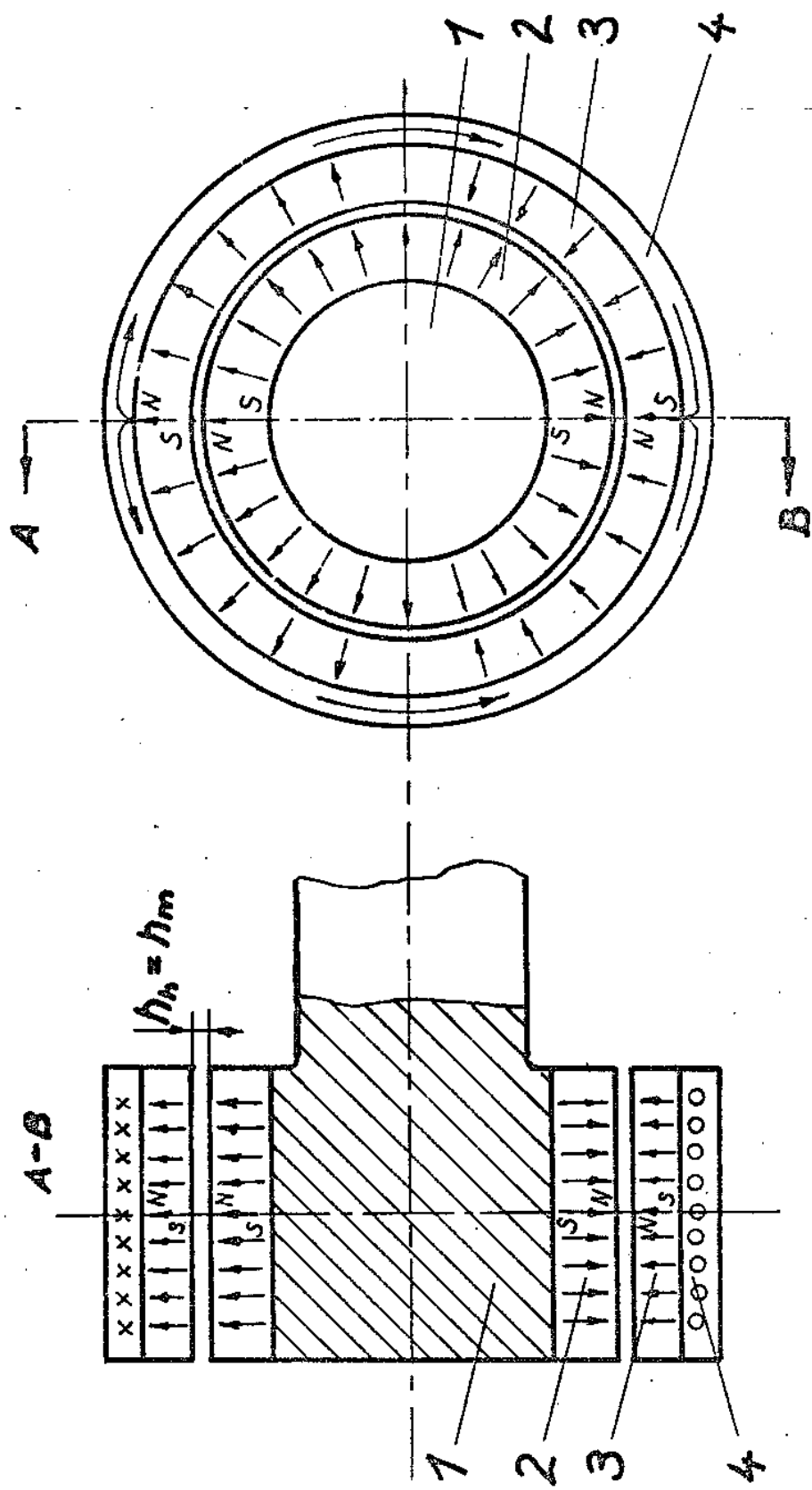


Fig. 1

Fig. 2

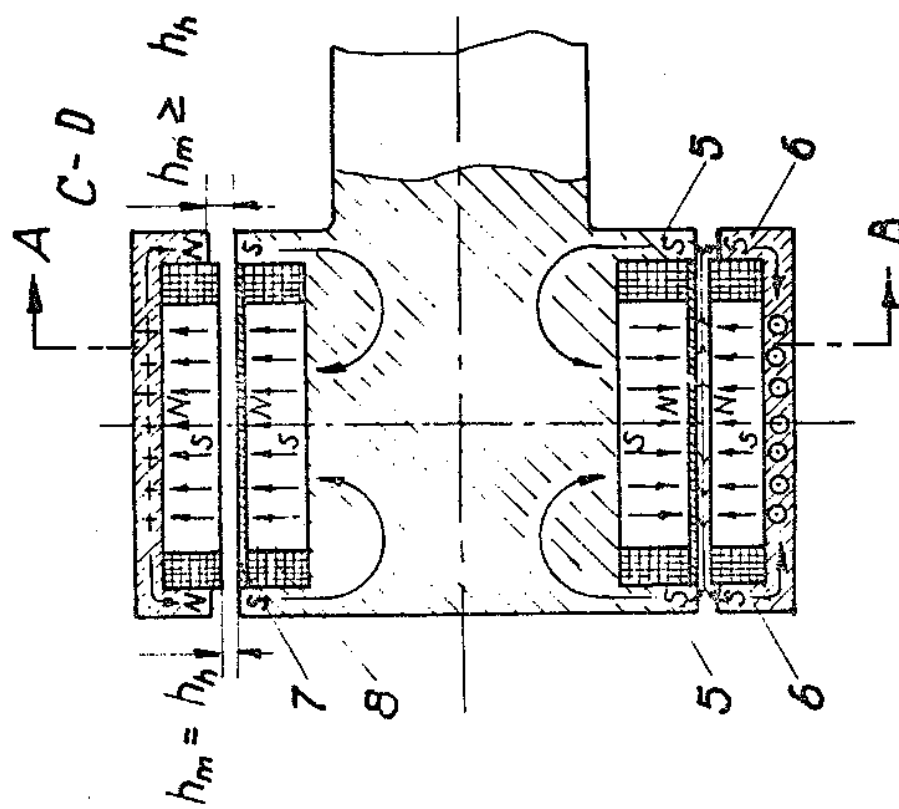


Fig. 3

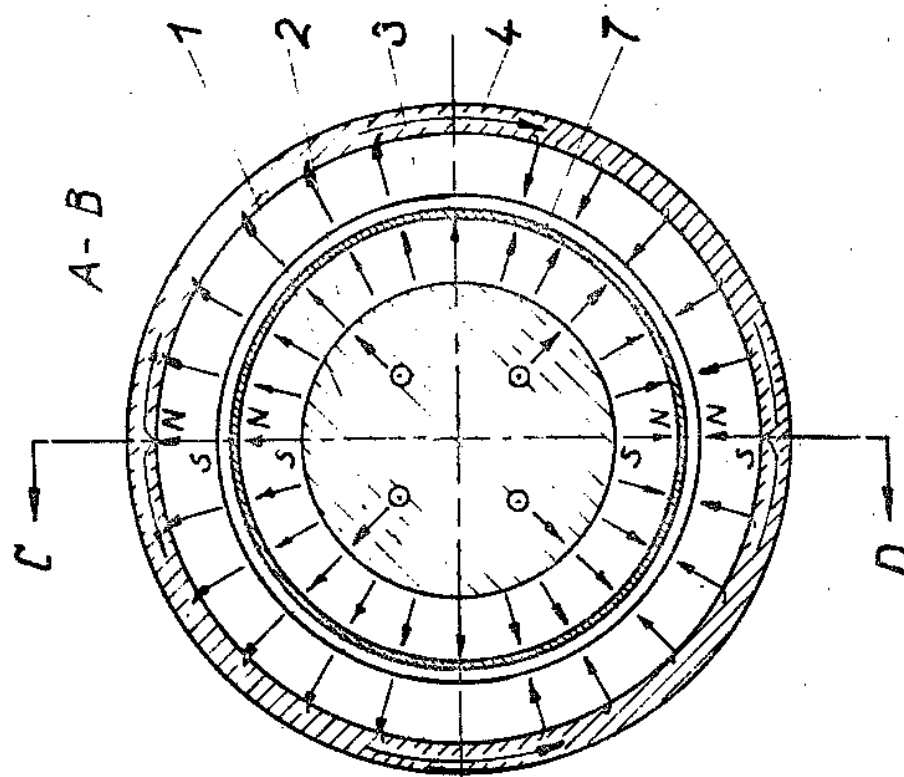


Fig. 4

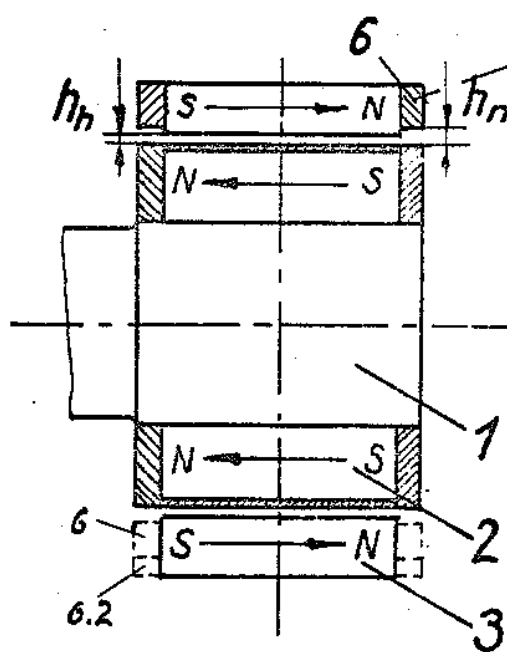


Fig. 5

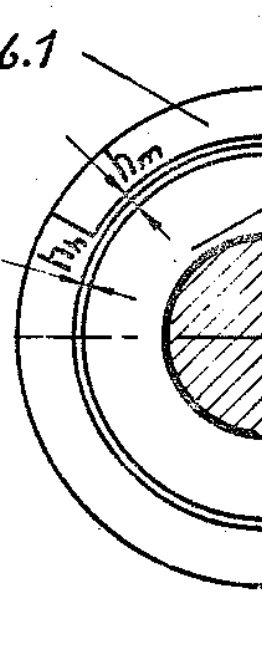


Fig. 6

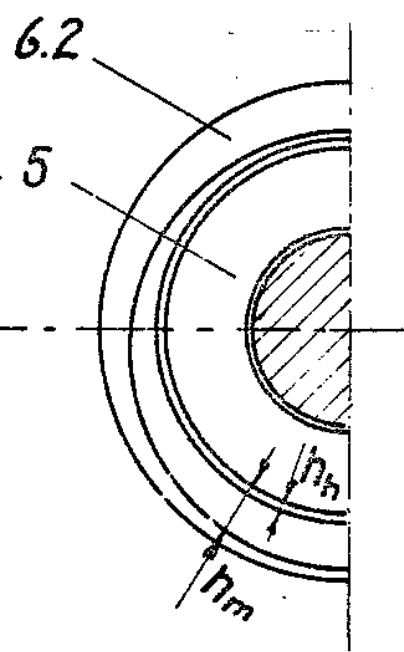


Fig. 7

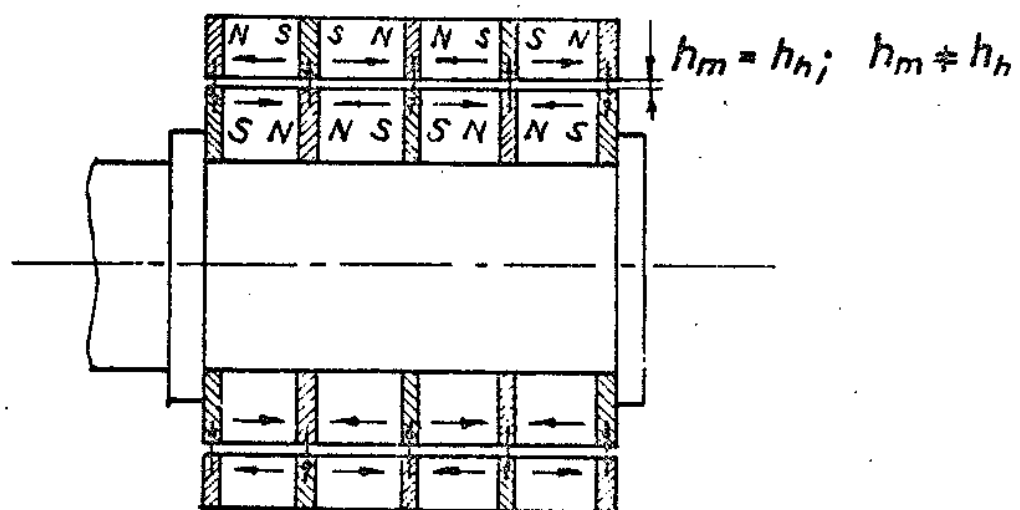


Fig. 8