



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 38 701 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
F 16 C 32/04

⑳ Aktenzeichen: 100 38 701.2
㉔ Anmeldetag: 8. 8. 2000
㉔ Offenlegungstag: 8. 11. 2001

DE 100 38 701 A 1

⑥⑥ Innere Priorität:
199 47 647. 0 04. 10. 1999

⑦① Anmelder:
Gutt, Hans-Joachim, Prof. Dr.-Ing., 70597 Stuttgart,
DE; Grüner, Arkadi, Prof. Dr.-Ing.habil., 70378
Stuttgart, DE

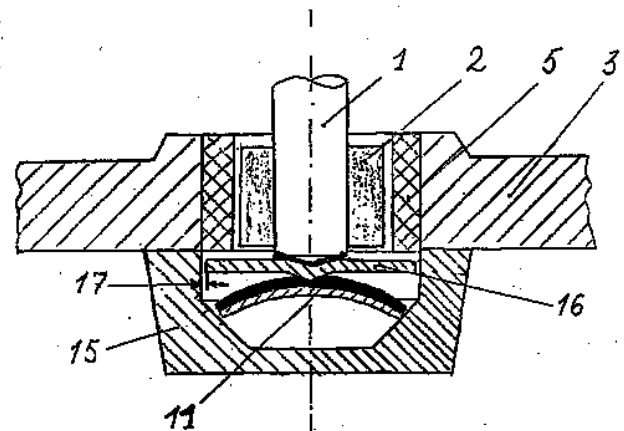
⑦④ Vertreter:
Leonhard Olgemöller Fricke, 80331 München

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Thermomechanische selbsttätige Positioniereinrichtung für HTS-Magnetlager

⑤⑦ Vorgeschlagen wird eine Einrichtung zum selbsttätigen Positionieren eines Rotationskörpers (4) mit berührungslosem Permanentmagnetlager (5) und hochtemperatursupraleitendem (HTS) Material. Die Positionierung erfolgt durch einen Thermosteller (11), der den zu lagernden Rotationskörper bei normaler Umgebungstemperatur in einer stabilen Ruhelage hält und der sich bei Abkühlung durch das - die Supraleitung des HTS-Gegenlagers erzeugende - Kühlmedium unterhalb der Sprungtemperatur des Supraleiters thermomechanisch so verformt, dass der berührungslos zu lagernde Rotationskörper (4) seine Betriebslage mit dem Magnetlager aus einem HTS einnimmt.



DE 100 38 701 A 1

[0001] Das technische Gebiet der Erfindung sind rotierende Maschinen mit hochtemperatur-supraleitenden (HTS)-Magnet-Passivlager.

[0002] Gegenstand der Erfindung ist eine selbsttätige Positioniereinrichtung für berührungslose und praktisch verlustfreie Passivlager mit Permanentmagneten und HTS-Materialien. Die HTS-permanentmagnetische Passivlagerung ist nur im abgekühlten Zustand unterhalb der Sprungtemperatur des HTS-Materials wirksam. Bei bekannten HTS-Magnet-Passivlagerungen wird die Positionierung des Läufers in elektrischen Maschinen bzw. Schwungmassenspeichern im warmen (nicht supraleitenden) Zustand des HTS-Materials durch eine mechanische Anordnung (z. B. mit Seilrollen und Seilen) [2] oder mit Elektromagnet [3] realisiert.

[0003] Die Erfindung hat sich zur Aufgabe gestellt, die Positionierung des HTS-Magnet-Passivlager vor dem Abkühlen des HTS-Materials im warmen Zustand (oberhalb der Sprungtemperatur des Supraleiters) mit einer selbsttätigen thermomechanischen Stelleinrichtung zu realisieren. Vor dem Abkühlen soll die Achse der Läuferwelle auf die geometrische Achse der inneren Bohrung des Ständers ausgerichtet und auf die zur berührungslosen Lagerung erforderlichen Luftspaltgröße eingestellt werden.

[0004] Vorgeschlagen wird dazu eine selbsttätige Positioniereinrichtung, die aus einem bzw. mehreren Thermostellern mit je einer oberen und einer unteren Justiereinrichtung und/oder einer Führungseinrichtung besteht. Als Thermosteller können Materialien, die eine temperaturabhängige Formänderung besitzen, z. B. Thermobimetalle, die aus zwei Werkstoffen unterschiedlicher Wärmeausdehnung bestehen [1, S. 646–647], Memory-Legierungen [1, S. 650–652] und andere Formgedächtnis-Materialien bzw. Legierungen angewandt werden.

[0005] Folgende Beispiele sollen die Erfindung erläutern.

[0006] Fig. 1 ist ein Schnitt durch das Lagerschild mit HTS-Magnet-Passivlager und zeigt eine Positioniereinrichtung mit einem Thermosteller 11 in Ruhelage vor dem Abkühlen. Der Thermosteller ist im warmen Zustand nach oben verformt und fixiert die Welle 1 in einer stabilen Ruhelage.

[0007] Fig. 2 ist ein Schnitt durch das Lagerschild mit HTS-Magnet-Passivlager und zeigt die Positioniereinrichtung mit einem Thermosteller 11 in Betriebslage nach dem Abkühlen unterhalb der Sprungtemperatur des HTS-Materials. Der Bimetallsteller wird im abgekühlten Zustand nach unten verformt und bleibt in dieser Lage wirkungslos, da die Lagerfunktion jetzt durch die im supraleitenden Gegenlager 5 eingefrorenen Feldlinien des Permanentmagneten 2 ausgeübt wird.

[0008] Fig. 3 zeigt einen Schnitt durch einen elektrischen Pumpenmotor mit dem HTS-Kugelläufer 4 und einem Thermosteller 11, dem Verbindungsstift 9 und der Lagerkugel 20. Für eine zusätzliche Stabilisierung der HTS-Magnet-Passivlagerung wird ein Zusatz – Permanentmagnet 14 eingesetzt.

[0009] Fig. 4 zeigt einen Schnitt durch den elektrischen Pumpenmotor mit einem kugelförmigen HTS-Läufer 4 und dem Thermosteller 11. Der Ständer 8 besitzt eine konventionelle Wicklung 6, z. B. aus Kupferdraht. Oberhalb der Wicklung sind in die Nuten z. B. supraleitende Platten (Stäbe) 18 als Flußkonzentratoren eingerichtet. Vor dem Abkühlen wird der HTS-Läufer 4 durch den Thermosteller 11 über den Verbindungsstift 9 mit der Führungsscheibe 12 positioniert. Nach dem Abkühlen verformt sich der Thermosteller 11 und wird nach unten gezogen.

[0010] Fig. 5 und 6 sind ein Schnitt durch das Lagerschild

mit HTS-Magnet-Passivlager und zeigen einen Thermosteller 11 mit einem Heizelement 22. In Fig. 5 ist der Heizelement eingeschaltet und in Fig. 6 ist er ausgeschaltet. Der Thermosteller ist bei eingeschaltetem Heizelement nach oben verformt und fixiert die Welle 1 in einer stabilen Ruhelage. Der Heizelement 22 kann z. B. ein Heizband, ein Heizdraht, ein Heizgewebe oder ein Heizeinsatz sein.

[0011] Erfindungsgemäß setzt sich diese Positioniereinrichtung gemäß Fig. 1; 2 aus einem Permanentmagnetring 2 beispielweise auf der Läuferwelle 1 und einem HTS-Ring 5 z. B. im Lagergehäuse 3 und einem oder mehreren Thermostellern 11 zusammen.

[0012] Erfindungsgemäß kann der Permanentmagnetring auch im Gehäuse 3 und dementsprechend der HTS-Ring auf der entsprechend gekühlten Welle 1 sitzen. Der Thermosteller wird aus Materialien, die eine temperaturabhängige Formänderung besitzen, z. B. Thermobimetallen, Memory-Legierungen etc. gefertigt.

[0013] In einer wellenlosen Konstruktion der elektrischen Maschine, z. B. im Kugelläufermotor (Fig. 3, 4), der aus einem Ständer 8 mit Ständerpaket 7 und Ständerwicklung 6 sowie einem HTS-Kugelläufer 4 besteht, ist der Permanentmagnetring 2 z. B. im Gehäuse 10 befestigt und der Kugelläufer 4 wird als HTS-Gegenlager auf einem Verbindungsstift 9, der mit dem Thermosteller 11 verbunden ist, positioniert. Im warmen Zustand (oberhalb der Sprungtemperatur des Supraleiters) ist das HTS-Magnet-Passivlager wirkungslos, der Thermosteller ist nach oben verformt (Fig. 1; 3; 4) und fixiert die Welle auf der geometrischen Achse der inneren Bohrung des Ständers bzw. den Rotationskörper (Läufer) in einer stabilen (festen) Ruhelage mit einem vorgegebenen Luftspalt zwischen dem Läufer und dem Ständer. Nach dem Abkühlen des Supraleiters unterhalb seiner Sprungtemperatur wird das HTS-Magnet-Passivlager wirksam. Anschließend wird der Thermosteller thermomechanisch verformt und nach unten umgeschaltet (Fig. 2). In dieser Lage ist der Thermosteller nicht mehr an der Lagerung beteiligt und in diesem Sinne wirkungslos.

[0014] Üblicherweise hat der Thermosteller eine wesentlich kleinere Thermozeitkonstante, als der HTS-Körper. Das heißt der Thermosteller würde beim Abkühlen durch dasselbe Flüssiggas seine Lagerfunktion bereits "abschalten", bevor das HTS-Magnetlager genügend abgekühlt ist (d. h. bevor es die Lagerfunktion übernehmen konnte). Um eine zeitliche Verzögerung des Ansprechens des Thermostellers zu erzielen, wird z. B. der Zufluß des Flüssiggases (z. B. Flüssigstickstoff LN₂) zum Thermosteller 11 in Fig. 1; 2 durch einen kleinen Drosselspalt 17 zwischen der Drosselscheibe 16 und dem Thermostellergehäuse 15 und/oder einem vergrößerten Wärmewiderstand des Thermostellergehäuses 15 verzögert.

[0015] Um sowohl die Tragkraft als auch die Antriebskraft des nach Abkühlung doppelt genutzten HTS-Kugelläufers 4 (Fig. 4) zu erhöhen, sind in die Ständernuten zwischen den Ständerzähnen oberhalb der Ständerwicklung 6 supraleitende Platten (Stäbe), sog. Flußkonzentratoren 18 angeordnet.

[0016] Als HTS-Material wird z. B. schmelztexturierter YBCO-Material mit einer Sprungtemperatur von 93 K. angewandt. Das Permanentmagnetmaterial ist z. B. SmCo, NdFeB etc. Der Thermosteller wird z. B. aus Thermobimetallen (Fe Ni, Edelmetall/Cu, Ni), Memory-Legierungen (NiTi, Cu-Zn-Al, Cu-Al-Ni) oder anderen Materialien mit einer temperaturabhängigen Formänderung (Formgedächtnis) gefertigt. Das HTS-Magnet-Passivlager mit einem Thermosteller braucht keine elektrische Energieversorgung und kann in verschiedenen rotierenden Maschinen bei berührungslosen, praktisch verlustfreien und geräuscharmen

Anforderungen zum Antrieb eingesetzt werden.

Literaturverzeichnis

- [1] Hering, E.; Martin, R.; Stohrer, M. 5
Physik für Ingenieure. VDI Verlag, Düsseldorf 1992
- [2] Maas, C.
Elektrischer Antrieb für supraleitend-magnetisch gelagerte
Schwung-Energiespeicher.
Dissertation Universität Stuttgart, Institut für Elektrischen 10
Maschinen und Antriebe, Shaker Verlag, 1996
- [3] Gutt, H.-J.; Grüner, A.
Selbstjustierende Einrichtung für Hochtemperatursupralei-
ter (HTS)-Magnet-Passivlager.
Patentanmeldung, Aktenzeichen: 198 50 421.7 15
- [4] Gutt, H.-J.; Immendorfer, I.; Reutlinger, K.
Mehrfachnutzung von Hochtemperatur-Supraleitern in elek-
trischen Maschinen
Patent DE 196 36 548 A1
- [5] Lesing Nikolass 20
Elektromaschine mit kugelförmigem Luftspalt
Patent DE 15 38 715.

Bezeichnungen

- 1 Läuferwelle 25
2 Permanentmagnet
3 Lagergehäuse
4 HTS-Kugelläufer
5 HTS-Gegenlager 30
6 Ständerwicklung
7 Ständerjoch
8 Ständer
9 Verbindungsstift
10 Pumpengehäuse 35
11 Thermosteller
12 Führungsscheibe
13 Stützen
14 Zusatz-Permanentmagnet
15 Bimetallgehäuse, 40
16 Drosselscheibe
17 Drosselspalt
18 HTS-Flußkonzentrator
19 Deckel
20 Lagerkugel 45
21 Ständerzahn
22 Heizelement

Patentansprüche

1. Einrichtung zum selbsttätigen Positionieren eines 50
Rotationskörpers (Läufers) mit berührungslosem Per-
manentmagnetlager und hochtemperatur-supraleiten-
dem (HTS)-Material, **dadurch gekennzeichnet**, daß
die Positionierung durch Thermosteller erfolgt, der den 55
zu lagernden Rotationskörper bei normaler Umge-
bungstemperatur in einer stabilen Ruhelage hält und
der sich bei Abkühlung durch das – die Supraleitung
des HTS-Gegenlagers erzeugende – Kühlmedium
(z. B. LN₂) unterhalb der Sprungtemperatur des Supra- 60
leiters thermomechanisch so verformt, dass der berüh-
rungslos zu lagernde Rotationskörper (Läufer) seine
Betriebslage mit HTS-Magnetlager einnimmt.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekenn- 65
zeichnet, dass die "Ansprechtemperatur des Thermo-
stellers", der aus Materialien mit einer temperaturab-
hängigen Formänderung z. B. Thermobimetallen, Me-
mory-Legierungen etc. gefertigt ist, ähnlich wie bei be-

kannten Bimetallauslösern einstellbar ist.

3. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine selbsttätige zeitliche Verzögerung des Ansprechens des Thermostellers dadurch erzielt wird, dass der Zufluß des (das HTS-Gegenlager kühlenden) Flüssiggases zum Thermosteller durch einen Drosselspalt und/oder eines vergrößerten Wärme-
widerstandes des Thermostellergehäuses in Verbindung mit einem dadurch verlangsamten Wärmeabfluß zu oder aus dem Thermosteller verzögert wird.

4. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotationskörper (Läufer 4 in Fig. 3) durch eine kugelhähnliche Form um einen Drehpunkt P drehbar ist und dementsprechend die thermo-
mechanische selbsttätige Positionierung durch einen Verbindungsstift vom Drehpunkt zum Thermosteller bewirkt wird.

5. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass sowohl die Tragkraft als auch die Antriebskraft des so doppelt genutzten kugelförmigen Läufers durch Flußkonzentratoren aus HTS-Material zwischen den Ständerzähnen (ebenfalls in Fig. 4) erhöht wird.

6. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass unterhalb bzw. oberhalb des Thermostellers ein Heizelement angeordnet ist; Mit diesem Heizelement. (z. B. ohmscher Widerstand) läßt sich der Thermosteller – auch bei Vorhandensein von Kühlmittelresten – jederzeit so beheizen, dass er in seine Ausgangslage des "warmen Zustands" zurückgeht, mit Notlaufeigenschaften mittels der mechanischen Lage-
rung sicherzustellen.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig.1 Positioniereinrichtung mit Thermosteller (in Ruhelage vor dem Abkühlen, warmer Zustand)

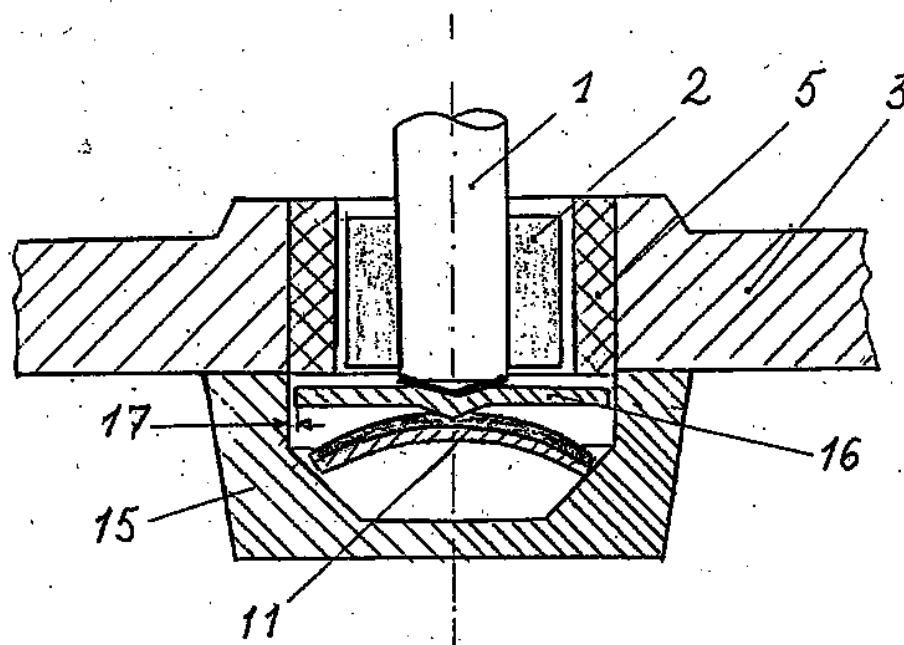


Fig.2 Positioniereinrichtung mit Thermosteller (in Betriebslage nach dem Abkühlen)

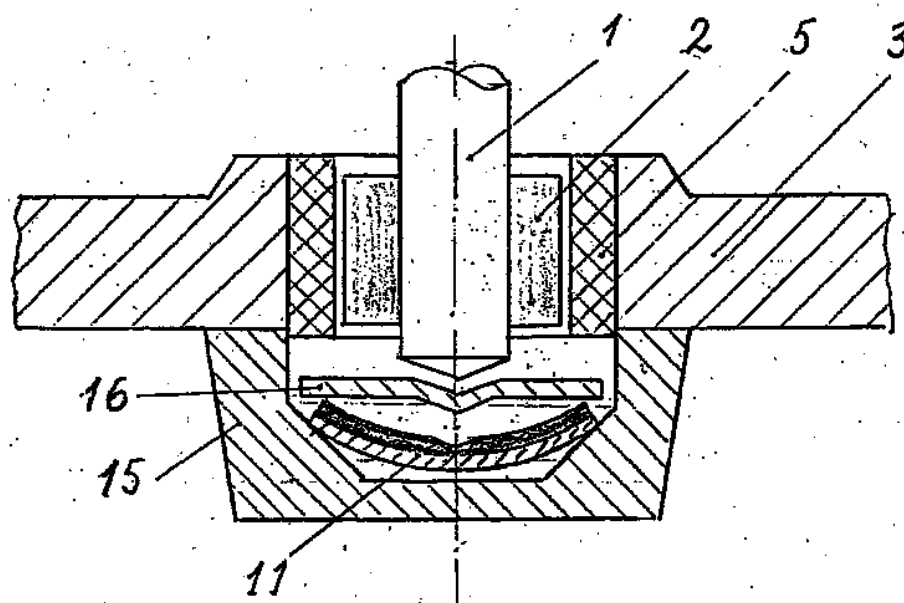


Fig.3 Kugelförmiger Läufer mit Thermosteller, Verbindungsstift und Lagerkugel
(warmer Zustand)

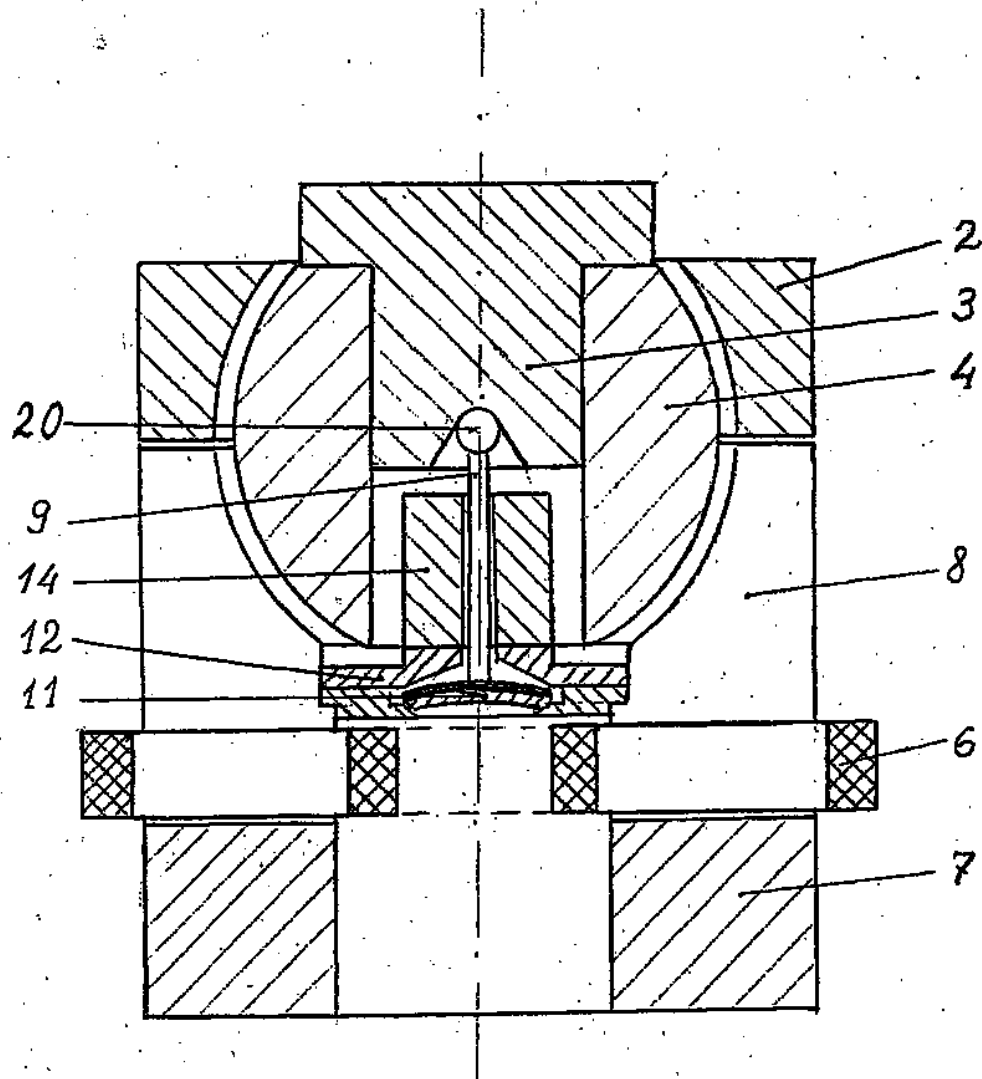


Fig.4 Motor mit kugelförmigem HTS-Läufer mit Thermopositionierung und
Flußkonzentratoren (warmer Zustand)

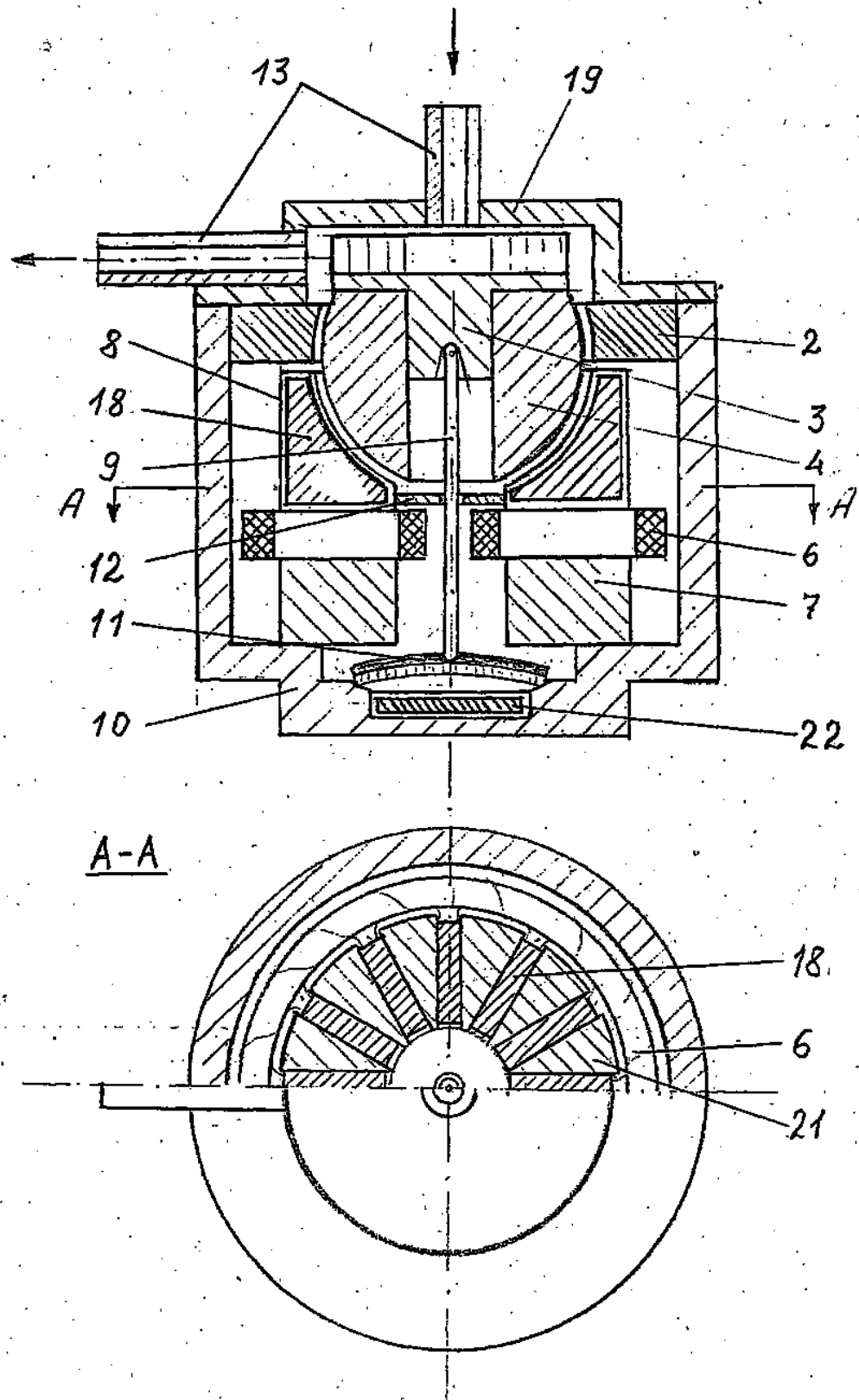


Fig. 5 Positioniereinrichtung mit Thermosteller und Heizelement (Heizelement ist eingeschaltet)

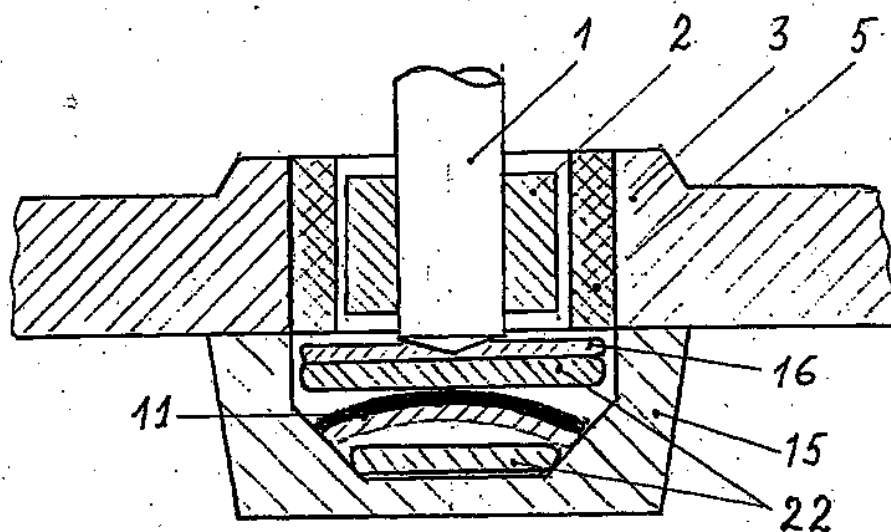


Fig. 6 Positioniereinrichtung mit Thermosteller und Heizelement (Heizelement ist ausgeschaltet)

