



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 295 822 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) C 03 B 5/033

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) DD C 03 B / 342 056 7 (22) 26.06.90 (44) 14.11.91

(71) siehe (73)
(72) Haft, Rainer, Dr. rer. nat.; Hippus, Wolfgang, Dipl.-Ing.; Linz, Hans-Jürgen, Dr.-Ing.; Noack, Rainer; Nürb-
chen, Karl-Heinz; Sommer, Alfons, DE
(73) Wärmetechnisches Institut der Glasindustrie (WTI) GmbH (i.G.), Göschwitzer Straße 22, O - 6905 Jena, DE

(54) Heizelementträger in Glasschmelzöfen mit indirekter Widerstandsbeheizung

(55) Schmelzöfen; Widerstandsheizung, indirekt; Glas;
Heizelement; Molybdän; Kühlung; Verglasung; Korrosion;
Temperatur; Steuerung
(57) Es wird ein Heizelementträger für Glasschmelzöfen mit
indirekter Widerstandsheizung vorgeschlagen. Als
Heizleitermaterial findet Molybdän Verwendung. Er eignet
sich insbesondere für das Schmelzen von silikatischen
Stoffen mit hoher Schmelztemperatur, hoher
Kristallisationsneigung und steilem Temperaturverlauf von
Viskosität und elektrischem Widerstand. Durch eine
zusätzliche Kühlvorrichtung am Heizelementträger wird die
Verglasung des Molybdänleiters im Bereich der
Durchtrittsöffnung des Schmelzofens gezielt beeinflusst
und dessen Korrosionsfestigkeit erhöht. Fig. 1

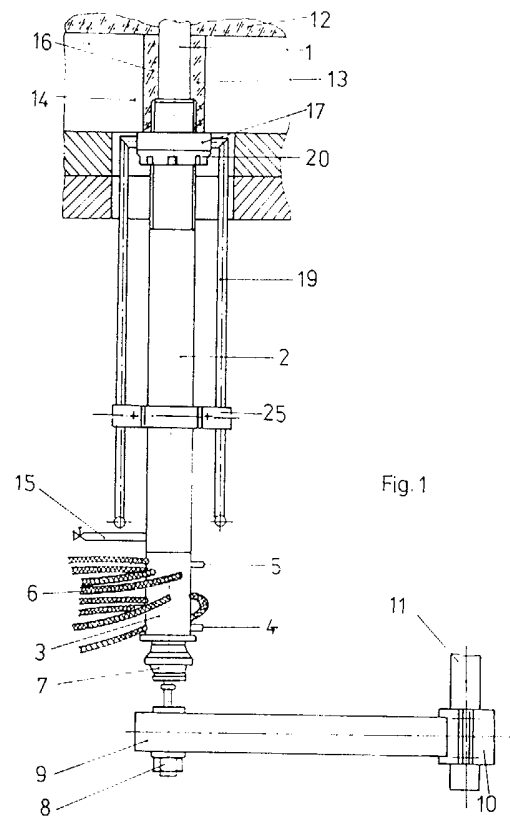


Fig. 1

Patentansprüche:

1. Heizelementträger in Schmelzöfen mit indirekter Widerstandsheizung zum vollelektrischen Schmelzen von silikatischen Stoffen geringer oder nicht vorhandener Leitfähigkeit, hoher spontaner Kristallisationsneigung und steilem Temperaturverlauf von Viskosität und elektrischem Widerstand, der im wesentlichen aus einer Schutzhülse aus hitzebeständigem Stahl als Schutzmantel um einen Heizleiter besteht, dem sich an dem der Schmelze abgewandten Ende ein Kühlkopf anschließt, **dadurch gekennzeichnet**, daß der schmelzbadseitige Teil der Schutzhülse (2) mit einem auf ihr axial verschiebbaren Kühlring (17) versehen ist und der Kühlkopf (3) fest mit dem Heizleiter (1) verbunden ist.
2. Heizelementträger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Kühlring (17) aus einem inneren Ringkörper (21) und einem dazu konzentrisch angeordneten äußeren Ringkörper (22) besteht, die beide im Querschnitt halbkreisförmige Aussparungen aufweisen und die, miteinander verschweißt, einen Ringkanal (24) bilden.
3. Heizelementträger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf den Außenmantel der Schutzhülse (2) eine Andruckmutter (20) für den Kühlring aufschraubbar ist.
4. Heizelementträger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich der äußere Durchmesser des Kühlrings (17) zum Durchmesser der Durchtrittsöffnung (13) im Schmelzofen wie 1:0,5 bis 1:0,75 verhält.
5. Heizelementträger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einbautiefe der Schutzhülse (2) zur Gesamttiefe der Durchtrittsöffnung (13) der Ofenwand im Verhältnis 1:4 steht.
6. Heizelementträger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich der Innendurchmesser der Schutzhülse (2) zum Durchmesser der Durchtrittsöffnung (13) wie 1:1,5 bis 1:2 verhält.
7. Heizelementträger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schutzhülse (2) mit einem Zuführungsstutzen (15) für die Zuführung von Inertgas versehen ist.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft einen Heizelementträger, der in Schmelzöfen mit indirekter Widerstandsheizung zum vollelektrischen Schmelzen von silikatischen Stoffen mit geringer oder nicht vorhandener Leitfähigkeit Verwendung findet, die bei hoher spontaner Kristallisationsneigung einen steilen Temperaturverlauf von Viskosität und elektrischen Widerstand besitzen.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Bei der vollelektrischen Schmelze silikatischer Stoffe unterscheidet man zwei Arten der Beheizung:

- Beheizung durch Hindurchleiten eines elektrischen Stromes durch eine Glasschmelze, in die zwei Elektroden eingetaucht sind (direkte Widerstandsbeheizung) und
- Beheizung durch Widerstandsheizelemente, die in die Glasschmelze eintauchen (indirekte Widerstandsbeheizung).

Wegen seines hohen Schmelzpunktes, seiner Warmstandfestigkeit und seiner im allgemeinen guten chemischen Beständigkeit gegenüber silikatischen Schmelzen verwendet man für die Elektroden und Widerstandsheizelemente in der Regel als Werkstoff Molybdän. Allerdings unterliegt es wegen seiner leichten Reaktion mit Sauerstoff bei Temperaturen über 600°K einer starken Oxidationskorrosion, die vor allem im Bereich der Durchführung des Heizelementes bzw. der Elektrode durch die Wandung des Schmelzofens wegen des leichten Zutritts von Luftsauerstoff zur raschen Materialzerstörung führt. Um die Oxidation des Molybdäns zu verhindern, wurden bereits eine Vielzahl technischer Lösungen für Elektroden- bzw. Heizelementhalterungen vorgeschlagen.

So wird mit gekühlten Haltervorrichtungen unterschiedlichster Bauart versucht, die Temperatur des Molybdäns in den Bereichen außerhalb der Glasschmelze auf unterhalb 600°K zu halten und so die Oxidation zu unterbinden.

Zusätzlich werden aber auch Verfahren des „Verglasens“ angewendet, bei denen beispielsweise durch axiales Verschieben des Molybdänleiters um ca. ±100mm bei abgestellter Halterkühlung ein Glasfilm auf der Elektrode bzw. im Ringspalt zwischen Halter und Elektrode erzeugt wird, der bei erneuter Kühlung des Elektrodenhalters erstarrt und, wie in DD-WP 59 150 und DD-WP 118 772 beschrieben, für einen ausreichenden Korrosionsschutz garantieren soll.

Bei den vorgeschlagenen Lösungen ist die Verglasung besonders im Bereich der Durchbohrung der Schmelzwanne nicht immer ausreichend, und es kommt dort häufig zu einer lokal begrenzten, aber heftigen Oxidation. Außerdem besteht dabei infolge der schockartigen Temperaturbelastung der Halterkühlung die Gefahr des Aufreißen des Kühlmantels. Diese Schwierigkeiten sollen die konstruktiven Lösungen nach CS-PS 213 224 und DD-WP 237 046 vermeiden. Ein Mangel aller bisher beschriebenen Vorrichtungen ist ihre zu große Wärmeableitung im Kühlbereich, die sich insbesondere bei kleinen Schmelzaggregaten störend auswirken kann. Große lokale Wärmeverluste durch Wasserkühlung, die im Bereich des unbeheizten Wannenbodens auch weiträumig wirksam werden können, sind auch dann besonders von Nachteil, wenn die silikatischen Schmelzen eine hohe spontane Kristallisationsneigung und einen steilen Temperatur-Viskositätsverlauf aufweisen.

Das beschriebene Verglasungsverfahren ist außerdem für den Einsatz in einer vollelektrischen Schmelze mit einer aus Molybdänstäben bestehenden indirekten Widerstandsheizung, analog DD-WP 265 889, nicht anwendbar, da hierbei in den zu Baugruppen zusammengefaßten Heizstäben bei axialen Verschiebungen Querkräfte an den Halterungs- und Verbindungselementen auftreten können, die den Heizkörper zerstören würden. Eine ungekühlte Elektrodenanordnung wird in der US-PS 4 287 380 geschützt. Der oxidative Angriff des Luftsauerstoffes auf das Molybdän wird hierbei durch eine tief in die Durchführungsbohrung hineinragende Umhüllung der Elektrode aus warmfestem Stahl und einem luftdichten Abschluß sowohl am schmelzbadseitigen als auch am schmelzbadabgekehrten Ende der Elektrode verhindert.

Für die Dichtung der Elektrode in der Durchführungsbohrung der Ofenwand ist ein mit keramischem Fasermaterial versehener Flansch vorgesehen, der gegen das Feuerfestmaterial gedrückt wird. Analoge Lösungen, bei denen der Ringspalt zwischen Schutzrohr und Bohrung mit Feuerfestmörtel verschlossen ist und der Ringspalt zwischen Schutzrohr und Heizleiter mit Edelgas gefüllt ist, zeigen SU-PS 885 155 und SU-PS 1 208 024. Hierbei befindet sich das Schutzrohr in der Durchführungsbohrung in einer Distanz von 50 bis 100 mm zur Schmelze. Eine Inertgaspülung wird auch bei der US-PS 3 777 040 beschriebenen Erfindung verwendet.

Zur Verminderung von Wärmeverlusten wird das die Molybdänelektrode umgebende, nicht abgedichtete Stahlschutzrohr mit einem in der Durchführungsbohrung weit zurückversetzt angeordneten Kühler versehen, in dem koaxial zueinander, mit Kühlwasser gefüllte Rohre verlaufen. Diese Konstruktionen sind nur bei Glasschmelzen mit flachem Temperatur-Viskositäts-Verlauf bei Glasbadtemperaturen zwischen 1 350 °K und 1 600 °K anwendbar oder gestatten, wie im Falle der US-PS 3 777 040, nur eine unzureichende Verglasung der Elektrode.

In anderen vorgeschlagenen Lösungen, wie der SU-PS 945 092 und US-PS 3 967 047, wird eine Reduzierung der Oxidationskorrosion bei geringen Wärmeverlusten durch einen engen Ringspalt zwischen Stromzuführungseinrichtung und Durchführungsbohrung erreicht, bei der entweder durch Anpressen eines Flansches oder des Kühlkörpers gegen die Durchtrittsöffnung des Schmelzofens gegen Luftzutritt abgedichtet wird. Auch bei diesen konstruktiven Ausgestaltungen ist ein Luftaustausch zwischen Ringspalt und Umgebung nicht auszuschließen. Zudem ist die Anordnung gemäß SU-PS 945 092 nicht für Glasbadtemperaturen bei 1 900 °K bis 2 000 °K geeignet oder, wie die Vorrichtung entsprechend US-PS 3 967 047, nicht genügend schockfest.

Weiterhin sind bei direkter elektrischer Beheizung silikatischer Schmelzen mit hoher Kristallisationsneigung und Erstarrungstemperatur Stromzuführungseinrichtungen bekannt, bei denen der Heizleiter von einem innen und teilweise auch außen mit Luft beaufschlagten Kühler getragen wird, wobei das Innenrohr des Kühlers den Heizleiter bis in die Erstarrungszone der Schmelze im Ringspalt umschließt.

Das Innenrohr, welches die Durchführungsbohrung bis auf eine Spaltbreite von 3 bis 6 mm vollständig ausfüllt, ragt außerdem bis in die stark eisenhaltige Schmelze hinein und verhindert somit auch dort den Luftzutritt zum Heizleiter. Das als Schutzmantel wirkende Innenrohr löst sich in der Schmelze langsam auf.

Diese bekannte Vorrichtung gemäß DD-WP 266 090 ist für den Einsatz in Schmelzbädern mit Temperaturen nur bis 1 650 °K geeignet und verursacht zudem bei der Schmelze von weißen Gläsern eine Qualitätseinbuße durch intensive Grünfärbung. Schließlich sind noch Verfahren zur Vermeidung von Oxidationskorrosion durch das Aufbringen von Schutzschichten auf den Molybdänkörper bekannt. So wird beispielsweise gemäß DD-WP 202 899 auf den Molybdänheizleiter vor seinem Einbau in die Glasschmelzwanne ein Glaspulver-Wasser-Gemisch geeigneter Konsistenz aufgetragen und dieser Überzug nach einem Trocknungsvorgang durch eine Schicht aus Wasserglas und Glaspulver stabilisiert. Erfahrungsgemäß kristallisieren diese Überzüge im Laufe der Zeit, reißen auf oder platzen ab und ermöglichen einen Oxidationsangriff.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung ist die Schaffung eines Heizelementträgers für Heizleiter aus Molybdän bei indirekter Widerstandsbeheizung, der bei hoher Einsatzdauer das Schmelzen von Alumosilikatgläsern hoher Reinheit, großer spontaner Kristallisationsneigung und steilem Temperaturverlauf von Viskosität und elektrischem Widerstand bei Temperaturen oberhalb 1 900 °K gestattet. Der Heizelementträger soll sich durch eine einfache, kostengünstige Konstruktion sowie durch optimierte Kühlwirkung auszeichnen.

Darstellung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, durch neuartige konstruktive Mittel für den Heizelementträger und deren optimale Dimensionierung unter den Besonderheiten der Alumosilikatschmelzen eine gute Verglasung des Heizleiters bei Betriebstemperaturen der Schmelze von über 1 900 °K zu gewährleisten, ohne daß dafür eine Axialverschiebung des Heizleiters vorgenommen werden muß. Eine Oxidationskorrosion soll dadurch weitestgehend vermieden werden.

Als Heizelementträger dient im wesentlichen ein stabförmiger Stromleiter aus Molybdän, der von einer Schutzhülse aus hitzebeständigem Stahl ummantelt wird und an dessen der Schmelze abgewandten Ende sich ein Kühlkopf zur Kühlung des Heizleiters im Bereich der Stromanschlüsse anschließt.

Die Aufgabe der Erfindung wird dadurch gelöst, daß der schmelzbadseitige Teil der Schutzhülse mit einem auf ihr axial verschiebbaren Kühlring versehen und der Kühlkopf fest mit dem Heizleiter verbunden ist. Der Kühlring weist in seinem Inneren einen von einem Kühlmittel durchflossenen Ringkanal auf. Er dient der Steuerung der Verglasung.

Erfindungsgemäß besteht der Kühlring aus einem inneren Ringkörper und einem dazu konzentrisch angeordneten äußeren Ringkörper, die beide im Querschnitt halbkreisförmige Aussparungen aufweisen und die, miteinander verschweißt, den Kühlkanal zur Aufnahme des flüssigen Kühlmittels bilden. Die Verbindung beider Ringkörper zum Kühlring erfolgt durch eine V-förmige Schweißnaht.

Diese zusätzliche Kühleinrichtung erhitzt sich bei abgestelltem Kühlwasserzufluß bis auf ca. 1 400 °K und kann bei dieser Temperatur längere Zeit verbleiben, ohne mechanischen Schaden zu nehmen.

Während dieser Zeit überzieht die flüssige Glasschmelze den Molybdänkörper und die Schutzhülse und füllt den Zwischenraum zwischen Schutzhülse und Wandung des Schmelzofens aus. Der am Ofenstein anliegende Kühlring verhindert den Austritt der flüssigen Schmelze aus der Durchtrittsöffnung des Schmelzofens. Fließt anschließend Kühlwasser durch den Kühlkanal, so erfolgt schockartig eine Abkühlung des Kühlringes und der angrenzenden Bereiche des Heizelementträgers, des Heizleiters und der Schmelze. Durch die entsprechende Drosselung oder Erhöhung der Kühlwasserzufuhr wird das Glas in diesem Bereich plastisch oder starr gemacht. Auf diese Weise wird ein Korrosionsschutz durch Verglasen erreicht, ohne den stabförmigen Molybdänleiter mechanisch bewegen zu müssen und dadurch für die Heizelemente und Träger schädliche Querkräfte zu riskieren. Die große Temperaturschockfestigkeit der Schweißverbindung verhindert das Reißen des Kühlringes. Um mit Hilfe des Kühlringes die Durchtrittsöffnung des Schmelzofens gegen den Austritt flüssigen Glases fest abzudichten, ist erfindungsgemäß auf den Außenmantel der Schutzhülse eine Andruckmutter aufgeschraubt, die den Kühlring fest gegen den Ofenstein andrückt.

Vorteilhafterweise verhält sich der äußere Durchmesser des Kühlringes zum Durchmesser der Durchtrittsöffnung im Schmelzofen wie 1:0,5 bis 1:0,75. Weiterhin ist es von Vorteil, wenn sich der Innendurchmesser der Schutzhülse zum Durchmesser der Durchführungsöffnung wie 1:1,5 bis 1:2 verhält.

Dabei sollte der Abstand zwischen Heizleiteroberfläche und Ofenwand der Durchführungsöffnung nicht mehr als 10 bis 15 mm betragen. Vorteilhaft ist es auch, wenn die Einbautiefe der Schutzhülse zur Gesamttiefe der Durchführungsöffnung der Ofenwand im Verhältnis 1:4 steht. Schließlich ist es von Vorteil, wenn die Schutzhülse mit einem Einlaßstutzen für die Zuführung von Inertgas in den Zwischenraum zwischen Heizleiter und Schutzhülse versehen ist.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll anhand eines Ausführungsbeispiels und von schematischen Zeichnungen näher erläutert werden. Es zeigen

Fig. 1: eine Seitenansicht des Heizelementträgers in einem elektrisch beheizten Schmelzaggregat gemäß der Erfindung und Fig. 2: einen vergrößerten Schnitt durch den Kühlring.

Der Heizelementträger gemäß Fig. 1 besteht aus einem, die nicht dargestellten Heizstäbe und Verbindungselemente einer indirekten elektrischen Widerstandsheizung tragenden Heizleiter 1, vorzugsweise einem Molybdänstab, der wiederum von einer metallischen Schutzhülse 2 aufgenommen wird. Die Schutzhülse 2 besteht aus hitze- und oxidationsbeständigem Stahl und ist mit einem Kühlkopf 3 gasdicht verbunden. Er ist im Inneren des Schutzrohres 2 mit dem Heizleiter 1 verschraubt. Der Kühlkopf besitzt einen Kühlwasservorlauf 4 und einen Kühlwasserrücklauf 5 und weist die für die Stromzuführung notwendigen Kupferkabel 6 auf, die am Heizleiter 1 elektrisch angeschlossen sind. Er ist auf Grund des hohen Übergangswiderstandes zwischen dem Kühlkopf aus Kupfermaterial und dem Heizleiter in der Lage, die auftretende Erwärmung gefahrlos abzuleiten. Der Kühlkopf verhindert damit eine übergroße Erhitzung der stromführenden Leitungen und ihrer Anschlüsse an den Heizleiter. Der Kühlkopf steht auf einem Isolator 7, der wiederum mittels einer horizontal und vertikal verstellbaren Hülse 8 vom Haltearm 9 gehalten wird. Der Haltearm 9 ist mit Hilfe einer Schelle 10 an der Wannerverankerung 11 einer nicht näher dargestellten elektrisch beheizten Schmelzwanne 12 befestigt. Durch eine Durchtrittsöffnung 13 im Bodenstein 14 ragt der Heizleiter 1 in den Wannenraum. Der Durchmesser der Durchtrittsöffnung 13 sollte gegenüber dem Innendurchmesser der Schutzhülse 2 im Verhältnis 1,5:1 bis 2:1 stehen, um eine ausreichende Verglasung und somit Korrosionsschutz für den Heizleiter 1 zu erreichen. Die Einbautiefe der Schutzhülse 2 soll zur Gesamttiefe der Durchtrittsöffnung 13 ein Verhältnis 1:4 besitzen, um den Korrosionsangriff der Glasschmelze zu minimieren. Mittels eines Zuführungsstutzens 15 wird durch die Schutzhülse 2 während des Anfahrvorganges Schutzgas, z. B. Argon, in das mit Scherben gefüllte, hier nicht näher dargestellte Schmelzaggregat geleitet, um die in den Hohlräumen des Glasgutes befindliche Luft zu verdrängen. Beim Einschalten der indirekten Widerstandsheizung schmilzt das in der Schmelzwanne 12 befindliche Schmelzgut und erwärmt sich zunächst auf etwa 1700°K. Die Glasschmelze 16 tritt in die Durchtrittsöffnung 13 der Ofenwand ein und füllt diese bis in den Bereich des schmelzbadseitigen Endes der Schutzhülse vollständig aus. Während dieser Zeit bleibt der Kühlwasserzufluß, der über einen Kühlwasserstutzen 19 in den Kühlring 17 erfolgt, unterbrochen. Die Temperatur des Kühlflansches steigt dabei auf ca. 1400°K. Der Kühlring 17, aufgesetzt auf die Schutzhülse 2, liegt mit seiner Außenfläche 18 fest am Bodenstein 14 der Schmelzwanne an und wird mittels einer Andruckmutter 20 in dieser Lage gehalten. Ein Austritt von Glasschmelze 16 aus der Durchtrittsöffnung 13 wird dadurch verhindert. Der Durchmesser der Durchtrittsöffnung 13 sollte deshalb gegenüber dem äußeren Durchmesser des Kühlringes 17 im Verhältnis 0,5:1 bis 0,75:1 stehen. Den schematischen Aufbau des Kühlringes 17 zeigt Fig. 2. Ein innerer Ringkörper 21 und ein äußerer Ringkörper 22 werden durch eine V-Schweißnaht 23 zusammengehalten und bilden einen Kühlkanal 24 mit kreisförmigem Querschnitt. Wird nun in den erhitzten Kühlring 17 über den Kühlwasserstutzen 19 Kühlwasser eingeführt, so erfolgt schlagartig ein starker Temperaturabfall im Kühlring 17, der sich auf die angrenzenden Bereiche von Heizleiter 1, Schutzhülse 2 und Ringspalt in der Durchtrittsöffnung 13 auswirkt. Das geschmolzene Glas im Bereich der Durchtrittsöffnung 13 zwischen Schutzhülse 2, Bodenstein 14 und Kühlring 17 wird plastisch bis fest und bildet einen dichten Schutzmantel um diese Teile und schützt sie vor weiterer Korrosion durch Oxidation. Die Kühlwasserstutzen 19 werden durch Halteschellen 25 an der Schutzhülse 2 befestigt.

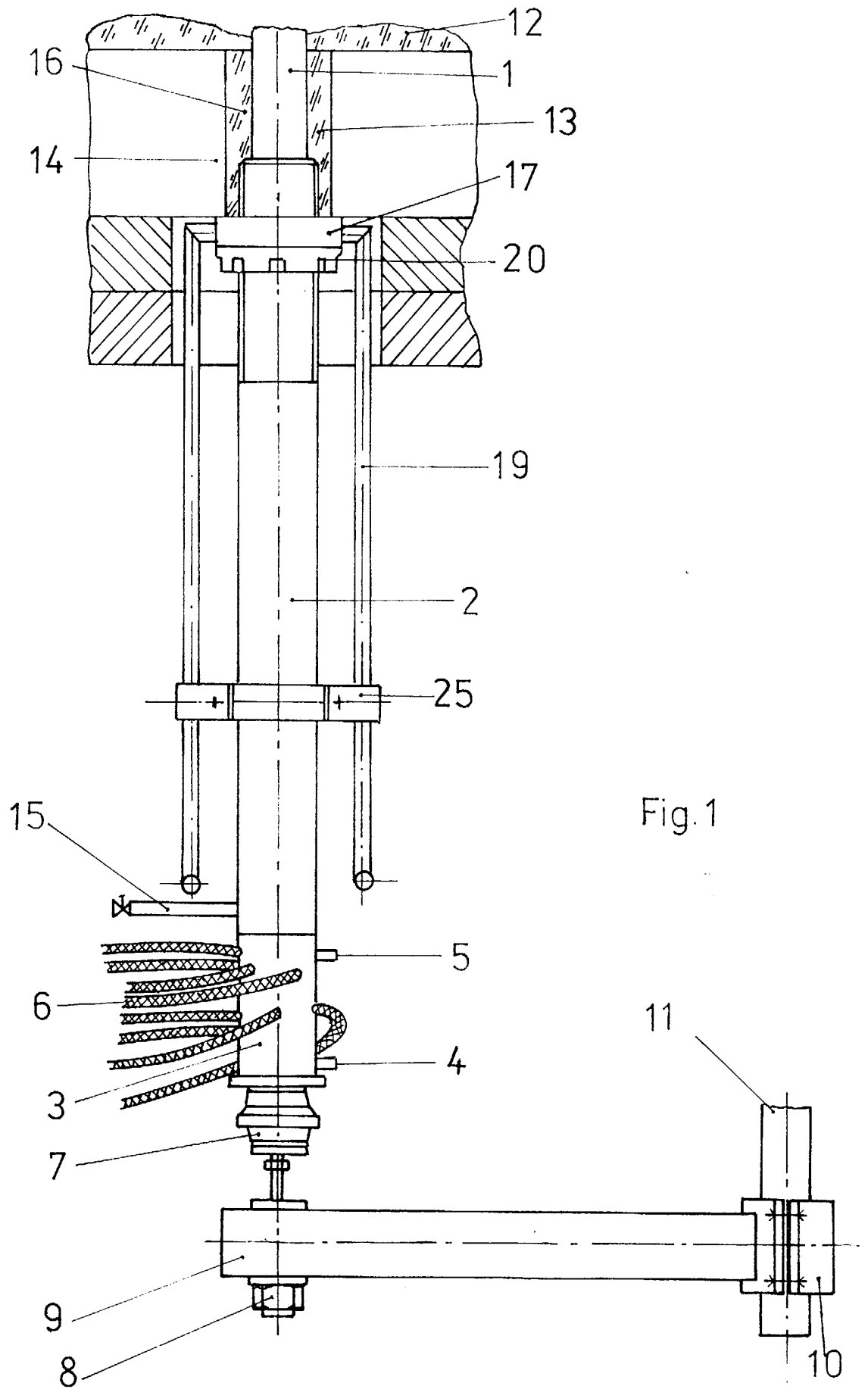


Fig. 1

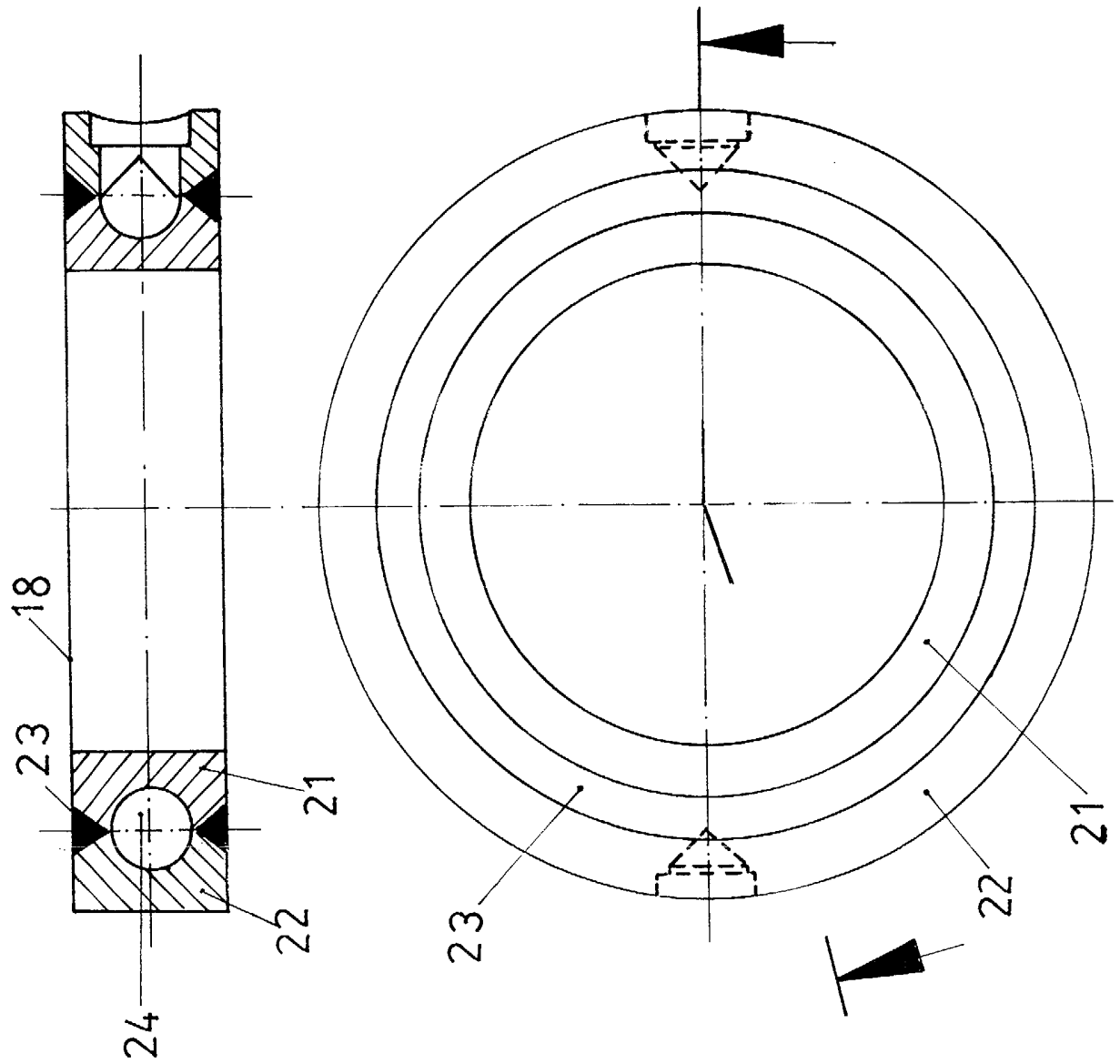


Fig. 2