

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets

(11)

Veröffentlichungsnummer:

0 144 873**A2**

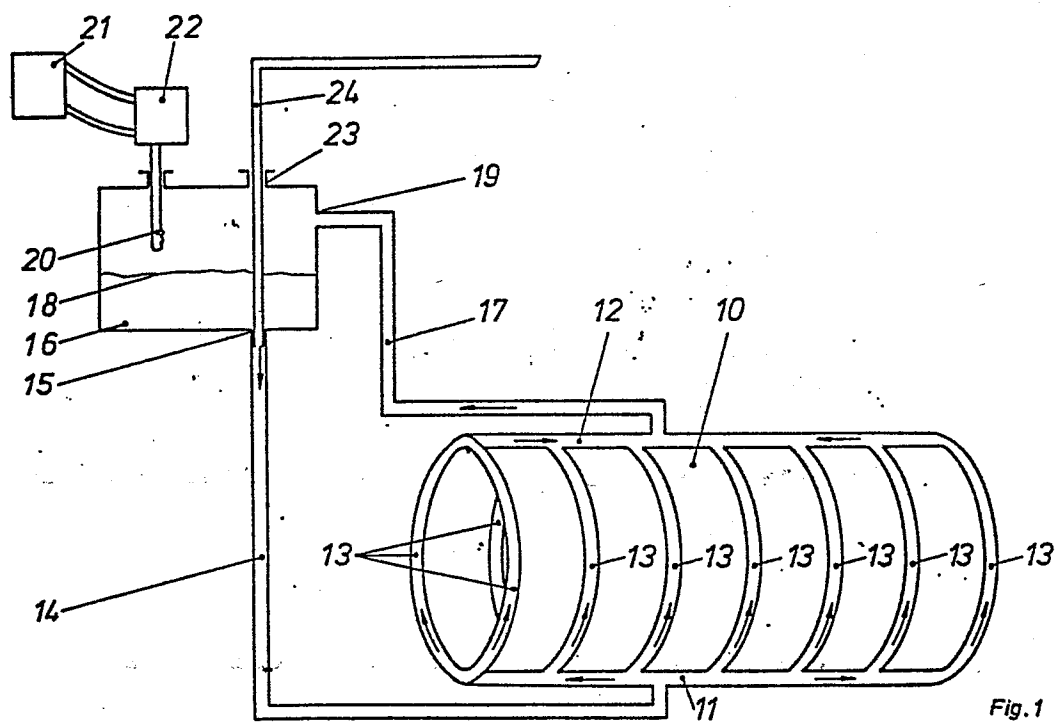
(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG(21) Anmeldenummer: **84114197.1**(51) Int. Cl.⁴: **H 01 F 7/22**(22) Anmeldetag: **23.11.84**(30) Priorität: **06.12.83 DE 3344046**(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.06.85 Patentblatt 85/25(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI NL(71) Anmelder: **BROWN, BOVERI & CIE Aktiengesellschaft**
Kallstadter Strasse 1
D-6800 Mannheim 31(DE)(72) Erfinder: **Dustmann, Cord-Henrich, Dr. Dipl.-Phys.**
Diemstrasse 10
D-6940 Weinheim(DE)(74) Vertreter: **Kempe, Wolfgang, Dr. et al,**
c/o Brown, Boveri & Cie AG Postfach 351
D-6800 Mannheim 1(DE)(54) **Kühlsystem für indirekt gekühlte supraleitende Magnete.**

(57) Es wird ein Kühlsystem für indirekt gekühlte supraleitende Magnete mit von flüssigem Helium durchflossenen Kühlkanälen (13), die in engem thermischem Kontakt mit der supraleitenden Wicklung (25) stehen, angegeben, durch welches eine Konvektionskühlung ohne Verwendung von Helumpumpen ermöglicht wird. Hierfür wird ein Wickelkörper (10) für die Wicklung (25) derart ausgebildet, daß er einen unteren Zuleitungskanal (11) und einen oberen Sammelkanal (12) sowie parallel geschaltete Kühlkanäle (13), die den Zuleitungskanal (11) und den Sammelkanal (12) miteinander verbinden, aufweist. Der Zuleitungskanal (11) ist mit dem Bodenausfluß (15) eines gegenüber dem Wickelkörper (10) erhöht angeordneten Heliumvorratsgefäßes (16) über eine Vorlaufleitung (14) verbunden. Der Sammelkanal (12) ist über einen Rücklauf (17) mit einem Anschlußstutzen (19) des Heliumvorratsgefäßes (16) verbunden. Der Kaltkopf (22) eines Minirefrigerators kondensiert das gasförmige Helium zurück, so daß sich ein laufendes Nachfüllen des Heliumvorratsgefäßes (16) erübrigt.

EP 0 144 873 A2

/...



5

B R O W N . B O V E R I & C I E

AKTIENGESELLSCHAFT

Mannheim

5. Dez. 1983

Mp.Nr. 668/83

ZPT/P2-La/Hr

10

15 Kühlsystem für indirekt gekühlte supraleitende Magnete.

Die Erfindung betrifft ein Kühlsystem für indirekt gekühlte supraleitende Magnete mit von flüssigem Helium durchflössenen Kühlkanälen, die in engem thermischen Kontakt mit der supraleitenden Wicklung stehen.

20

Indirekt gekühlte Magnete haben Kühlschlangen, durch die flüssiges Helium hindurchgedrückt wird. Dies ist bei Verwendung von überkritischem Helium problemlos. Es ist jedoch eine Pumpe erforderlich, die das flüssige Helium durch die Kühlschlangen drückt. Sind die Kühlschlangen an eine Kälteanlagen angeschlossen, so kann die Pumpe Bestandteil der Kälteanlage sein. Wird jedoch das Helium einem Vorratsgefäß entnommen, so ist eine separate Heliumpumpe erforderlich.

30

Soll die Verwendung einer Heliumpumpe vermieden werden und/oder soll mit zweiphasigem Helium gekühlt werden, so besteht die Gefahr von Instabilitäten durch den sogenannten Gartenschlaucheffekt, wenn die Kühlkanäle in sogenannten Gartenschlaucheffekt, wenn die Kühlkanäle in vertikal liegenden Schlangen angeordnet sind, wie es bei

35

Magneten mit horizontaler Magnetfeldachse häufig der Fall ist. Der Gartenschlaucheffekt macht eine Kühlung mit zweiphasigem Helium mit umlaufenden Kühlkanälen bei Verwendung eines Heliumvorratsgefäßes und Minirefrigerators, der keine Expansionsmaschine erfordert, unmöglich.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Kühlsystem für indirekt gekühlte supraleitende Magnete anzugeben, welches eine Konvektionskühlung ermöglicht und die eingangs genannten Nachteile vermeidet.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß ein Wickelkörper für die supraleitende Wicklung einen unteren Zuleitungskanal und einen oberen Sammelkanal parallel zur horizontalen Magnetachse sowie parallel geschaltete Kühlkanäle, die den Zuleitungskanal und den Sammelkanal miteinander verbinden, aufweist, und daß der Zuleitungskanal mit dem Ausfluß eines gegenüber dem Wickelkörper erhöht angeordneten Heliumgefäßes über eine Vorlaufleitung verbunden ist, und der Sammelkanal über einen Rücklauf mit einem Anschlußstutzen des Heliumgefäßes verbunden ist. Das flüssige Helium kann durch den Ausfluß des Heliumgefäßes in den unteren Zuleitungskanal fließen und steigt von hier parallel durch die Kühlkanäle in den oberen Sammelkanal. Vom Sammelkanal wird das Helium, das inzwischen erwärmt und in dampfförmiger Phase vorliegen kann, in den Rücklauf geleitet, welcher das Helium oberhalb des Heliumspiegels in das Heliumvorratsgefäß zurückleitet. Für die Heliumumwälzung ist keine Pumpe erforderlich, sie erfolgt durch Konvektion.

Der Wickelkörper läßt sich vorteilhaft durch Rollnahtschweißen und Aufblasen der Kühlkanäle fertigen, wobei dafür Sorge getragen wird, daß die Wölbung der aufgeblasenen Kühlkanäle zu der Wicklung abgewandten Seite

erfolgt. Dies ermöglicht eine preisgünstige Herstellung bei hoher Qualität.

5 Der Wickelkörper kann aus austenitischem Stahl oder Aluminium gefertigt werden, wobei letzteres Material die Quenchsicherheit nach dem "quench bare"-Prinzip erhöht.

10 Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß in das Heliumvorratsgefäß das Ende des Kaltkopfes eines Minirefrigerators, der z.B. nach dem Gifford-McMahon-Prinzip arbeitet, ragt. Die Temperatur des Kaltkopfes liegt bei 4,2 K oder darunter. Das Ende des Kaltkopfes ragt in den Gasraum des Heliumvorratsgefäßes
15 und ^{re-}kondensiert das durch den Rücklauf zurückströmende Heliumgas.

20 Für das erste Abkühlen des Wickelkörpers ist in der Regel die Verwendung eines Minirefrigerators ungeeignet. Hierfür sieht die Erfindung in einer zweckmäßigen Ausgestaltung vor, daß das Heliumvorratsgefäß einen Anschlußflansch für einen Heliumheber aufweist, der über dem Ausfluß anordenbar ist. Für das Auffüllen des Systems mit flüssigem Helium wird der Heliumheber durch
25 den Anschlußflansch soweit hindurchgeschoben, daß er teilweise in die Vorlaufleitung hineinragt und eingeschraubt wird. Das andere Ende des Heliumhebers ragt in eine Heliumkanne. Es wird soviel Helium aus der Heliumkanne in das Heliumvorratsgefäß und den Wickelkörper
30 geleitet, bis diese abgekühlt und bis zu einer bestimmten Höhe gefüllt sind. Das Heliumvorratsgefäß enthält ebenfalls eine verschließbare Öffnung, durch die das noch warme, gasförmige Helium austreten kann.

35 Anhand der Zeichnung, in der ein Ausführungsbeispiel der

Erfindung gezeigt ist, sollen die Erfindung sowie weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen näher erläutert werden.

Es zeigt:

5 Fig. 1 eine schematische Darstellung des erfindungs-
gemäßen Kühlsystems und

Fig. 2 den Querschnitt einer in einem Kryostaten
10 befindlichen supraleitenden Spule.

In der Figur 1 ist ein zylindrischer Wickelkörper 10 dargestellt, in dessen Zylinderfläche Kühlkanäle eingebettet sind. Im unteren Bereich des Wickelkörpers 10 verläuft axial ein Zuleitungskanal 11 und im oberen
15 Bereich des Wickelkörpers 10 verläuft axial ein Sammelkanal 12. Der Zuleitungskanal 11 und der Sammelkanal 12 sind durch mehrere, parallel geführte in die Innenseite des Wickelkörpers 10 eingebettete Kühlkanäle 13 verbunden.
20

Die Herstellung eines derartigen Wickelkörpers 10 kann durch Rollnähtschweißen und anschließendes Aufblasen der Kühlkanäle erfolgen.

25 Der untere Zuleitungskanal 11 ist über eine Vorlaufleitung 14 mit dem Bodenausfluß 15 eines Heliumvorratsgefäßes 16 verbunden. Durch diese Leitungen kann das flüssige Helium aus dem Heliumvorratsgefäß 16 in die
30 Kühlkanäle 13 geleitet werden. Über den oberen Sammelkanal 12 wird das erwärmte Helium (in flüssiger oder gasförmiger Phase) gesammelt und gelangt über den Rücklauf 17 in den oberen Bereich des Heliumvorratsgefäßes 16. Der Heliumspiegel 18 im Vorratsgefäß 16 liegt unterhalb des Rücklaufeintrittes¹⁹. In den Gasraum des
35 Heliumvorratsgefäßes 16 ragt das Ende 20 des mit einem

Kompressor 21 verbunden^{er} Kaltkopf¹²es eines Minirefrigerators. Das Ende 20 des Kaltkopfes 22 weist eine hinreichend niedrige Temperatur auf, um das gasförmige Helium zurückzukondensieren.

5
Ferner weist das Heliumvorratsgefäß 16 einen Anschlußflansch 23 auf, durch den ein Heliumheber 24 gesteckt ist. Der Anschlußflansch 23 liegt über dem Bodenausfluß 15. Für eine erste Füllung des Systems wird der Heliumheber 24 in die Vorlaufleitung 14 eingeschoben und
10 verschraubt.

Der Figur 2 ist der Querschnitt einer Magnetwicklung 25 mit Kühl- und Vakuumsystem entnehmbar. Die Magnetwicklung 25 ist konzentrisch um eine Untersuchungsöffnung 26
15 angeordnet und besteht aus supraleitendem Draht. Die supraleitende Wicklung 25 ist auf einen Wickelkörper 10 aufgebracht, der gemäß Fig. 1 ausgebildet ist. Es sind in Figur 2 der Zuleitungskanal 11, der Sammelkanal 12 sowie zwei Kühlkanäle 13 erkennbar. Magnetwicklung 25
20 und Spulenträger 10 werden allseits durch Kälteschilde 27,28 abgeschirmt. Das gesamte System ist in einem Vakuumbehälter, bestehend aus innerem Mantel 29 und äußerem Mantel 30 untergebracht.

25

30

35

A n s p r ü c h e

5

1. Kühlsystem für indirekt gekühlte supraleitende Magnete mit von flüssigem Helium durchflossenen Kühlkanälen, die in engem thermischen Kontakt mit der supraleitenden Wicklung (25) stehen, dadurch gekennzeichnet, daß ein Wickelkörper (10) einen unteren Zuleitungskanal (11) und einen oberen Sammelkanal (12) sowie parallel geschaltete Kühlkanäle (13), die den Zuleitungskanal (11) und den Sammelkanal (12) miteinander verbinden, aufweist und daß der Zuleitungskanal (11) mit dem Ausfluß (15) eines gegenüber dem Wickelkörper (10) erhöht angeordneten Heliumgefäßes (16) über eine Vorlaufleitung (14) verbunden ist und der Sammelkanal (12) über einen Rücklauf (17) mit einem Anschlußstutzen (19) des Heliumvorratsgefäßes (16) verbunden ist.

20

2. Kühlsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Wickelkörper (10) durch Rollnahtschweißen und Aufblasen der Kühlkanäle (11,12,13) gefertigt ist.

25

3. Kühlsystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß in das Heliumvorratsgefäß (16) das Ende (20) des Kaltkopfes (22) eines Minirefrigerators ragt.

30

4. Kühlsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Heliumvorratsgefäß (16) einen Anschlußflansch (23) für einen Heliumheber (24) aufweisen, der sich über dem Bodenausfluß (15) befindet, wodurch das Einführen des Heliumhebers (24) in die Vorlaufleitung (14) ermöglicht wird.

35

5. Kühlsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, daß der Wickelkörper (10) mit
integrierten Kühlkanälen aus Reinstaluminium ist und
damit als Quench bare zur Quenchsicherheit dient.

5

10

15

20

25

30

35

112

0144873

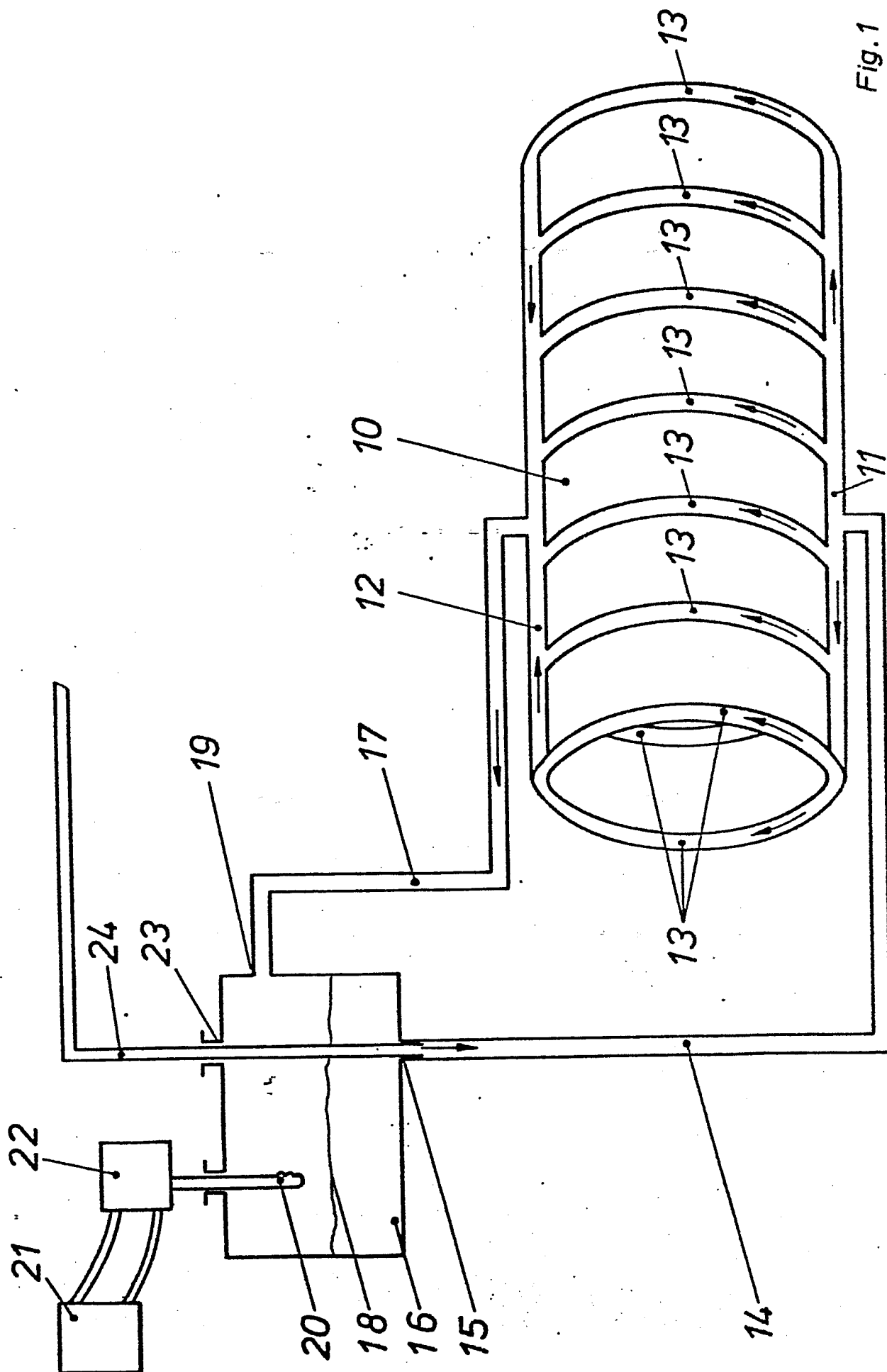


Fig. 1

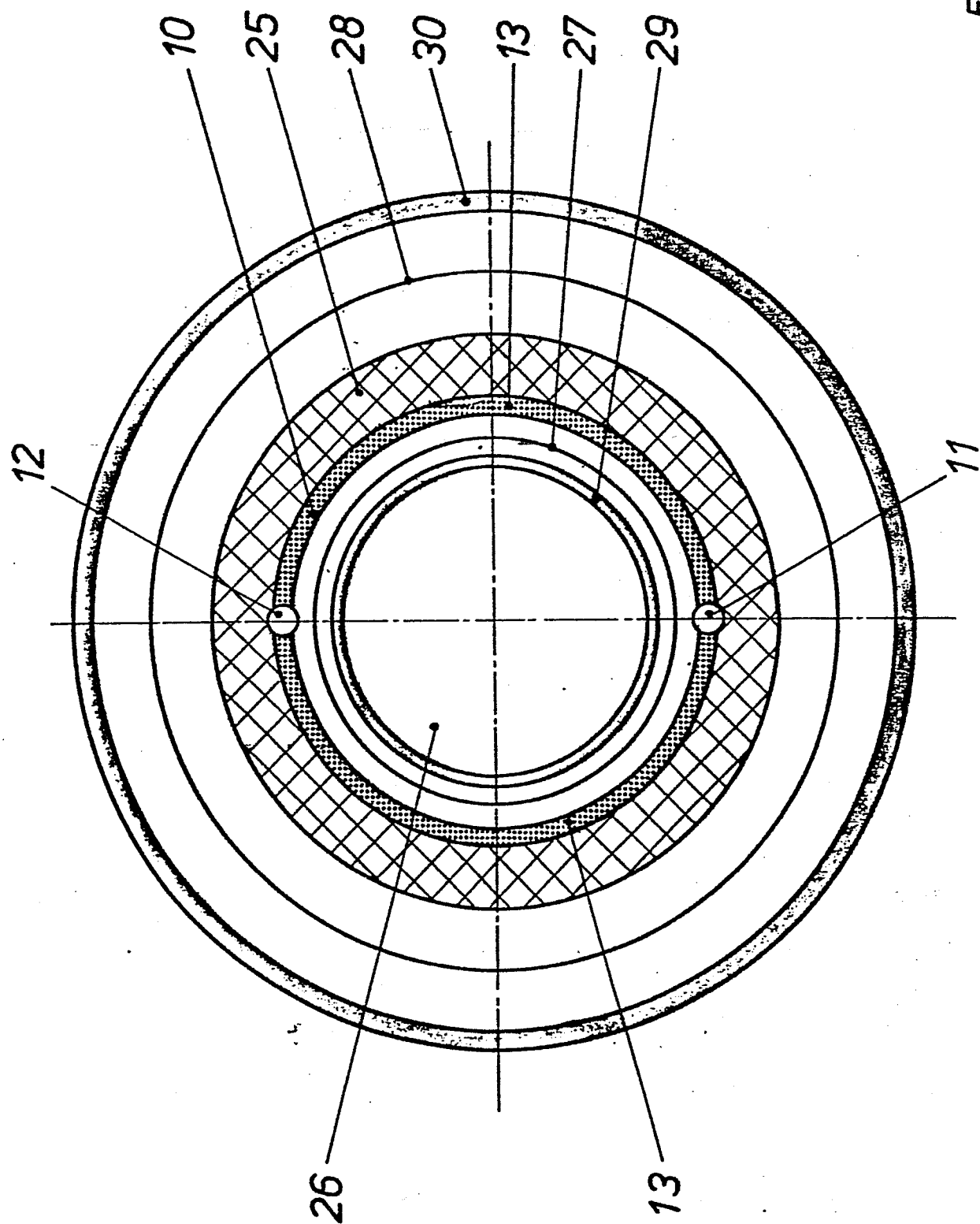


Fig. 2