



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

**0 210 337
A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 86105061.5

(51) Int. Cl. 4: F25B 39/02, F25B 41/06

(22) Anmeldetag: 12.04.86

(30) Priorität: 25.07.85 DE 3526574

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.02.87 Patentblatt 87/06

(84) Benannte Vertragsstaaten:
BE GB IT NL

(71) Anmelder: DORNIER SYSTEM GmbH
Postfach 1360
D-7990 Friedrichshafen(DE)

(72) Erfinder: Kreeb, Helmut, Dr.-Ing.
Von Lassbergstrasse 19
D-7758 Meersburg(DE)
Erfinder: Möller, Peter, Dipl.-Ing.
Lizgaublick 8
D-7777 Salem(DE)

(74) Vertreter: Landsmann, Ralf, Dipl.-Ing.
Kleeweg 3
D-7990 Friedrichshafen 1(DE)

(54) Kapillarunterstützter Verdampfer.

(57) Der Kapillarunterstützte Verdampfer (1) zur Wärmeaufnahme und zum Transport eines Wärmeträgermediums (11) von einer von außen wärmebeaufschlagten Wärmequelle zu einer Wärmesenke und nach Kondensation zurück zur Wärmequelle besteht aus einem mit einer Perforation (5) versehenen Innenrohr (2) und einem coaxial dazu angeordneten mit Dampfkanälen (7) versehenen Außenrohr (3), einer um die Perforation (5) angeordneten Kapillarstruktur, einer um das Außenrohr (3) angeordneten Wärmequelle und ein an der Austrittsseite des Kapillarverdampfers angeordnetes Sammelrohr (10). Die Zufuhr des flüssigen Mediums (11) erfolgt axial durch das Innenrohr (2) und radial durch die Perforation (5) in die Kapillarstruktur. Von dieser strömt das Medium (11) unter der Zufuhr des Wärmestromes dampfförmig in die darüber angeordneten Dampfkanäle (7), von wo es über das Sammelrohr (10) an die Wärmesenke abgeleitet wird. Die Kapillarstruktur besteht aus zylindrisch gewickelten oder in ebener Lage angeordneten Kohlefasern (8).

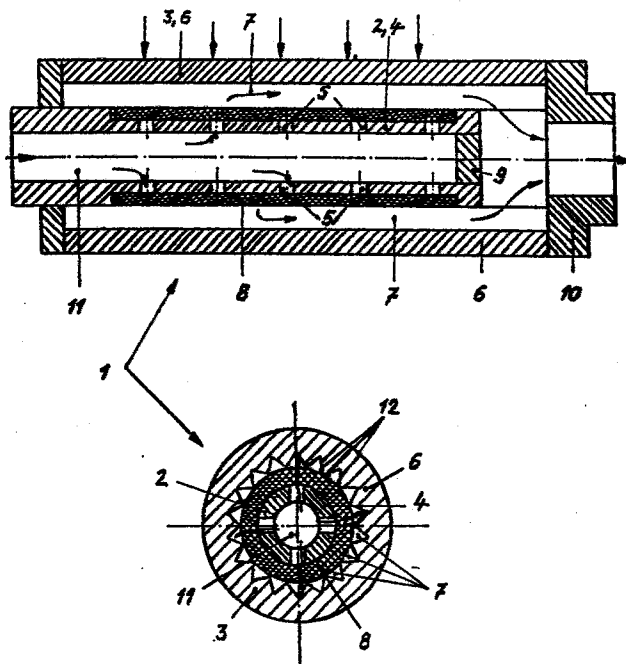


Fig. 1

EP 0 210 337 A2

Kapillarunterstützter Verdampfer

¹Die Erfindung betrifft einen kapillarunterstützten Verdampfer zur Wärmeaufnahme und zum Transport eines Wärmeträgermediums gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Kapillarverdampfer sind in sogenannten "Two-Phase Flow"-Wärmetransportkreisläufen einsetzbar. Darunter sind Wärmetransportsysteme zu verstehen, mit denen anfallende Verlustwärme im Verdampferelement aufgenommen und unter Verdampfung eines geeigneten Wärmeträgermediums als latente Wärme im Dampf zum Kondensator transportiert und dort an eine Wärmesenke abgegeben wird. Derartige Kapillarverdampfer ermöglichen Wärmeströme von dissipierenden Komponenten hoher Leistungsdichte aufzunehmen und auf einen verdampfenden Wärmeträger zu übertragen. Die darin verwendete Kapillarstruktur bewirkt die Verteilung des flüssigen Mediums entlang der wärmeaufnehmenden Wand, sowie ein Druckpotential zwischen Dampf- und Flüssigkeitsphase des Wärmeträgers. Dadurch wird der erforderliche Kreislauf des Wärmeträgers und damit die Zufuhr des flüssigen Mediums zum Verdampfer (Wärmequelle) ermöglicht. Dies gilt insbesondere für Anwendungen in Schwerelosigkeit - (Raumfahrt). Solche Kapillarverdampfer sind als thermische Komponenten in Wärmetransportsystemen besonders vorteilhaft einsetzbar, wenn ein Betrieb bei geringsten Vibrationen und Zusatzbeschleunigungen (keine mechanisch bewegten Teile) sowie ohne zusätzlichen Leistungsbedarf erforderlich ist. Der Kapillarverdampfer wird dazu in den Kreislauf so eingekoppelt, daß das Wärmeträgermedium als unterkühlte Flüssigkeit zugeführt wird und nach Verdampfen als gesättigter Dampf ausströmt. Durch die Kapillarstruktur erfolgt eine Separation der zwei Phasen, eine gleichmäßige Flüssigkeitsverteilung sowie ein Pumpen der Flüssigkeit aufgrund der in der Kapillarstruktur wirkenden Kapillarkräfte.

Die grundsätzliche Auslegung und Wirkungsweise eines Kapillarverdampfers ist bekannt aus "Experimental Feasibility Study of Water Filled Capillary Pumped Heat Transfer Loop, NASA TMX 1310, Nov. 1966". Die darin beschriebene sogenannte Kapillarpumpe besteht aus zwei koaxial angeordneten Rohren und eine dazwischenliegende Kapillarstruktur aus Quarzfaser. Sie umgibt ein perforiertes Rohr und liegt an einer mit Längsrillen und -stegen ausgebildeten inneren Fläche des Außenrohres an. Infolge der von den Kapillarkräften bewirkten Druckdifferenz strömt das Medium durch das innere, perforierte Rohr in die Kapillarstruktur und verdampft unter Zufuhr von Wärme (erzeugt

durch einen elektrischen Heizdraht) an der Grenzfläche zwischen der Kapillarstruktur und den Stegen. Der hier entstehende Dampf strömt durch zwischen den Stegen angeordneten Längsrillen ab.

Nachteilig ist hierbei, daß mit der verwendeten Kapillarstruktur eine für zukünftige Anwendungen höhere erforderliche Wärmetransportleistung derzeit nicht erreicht wird und eine extreme Empfindlichkeit gegenüber nichtkondensierbaren Gasen oder Bildung von Dampfblasen, die den Flüssigkeitstransport unterbrechen, besteht.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen kapillarunterstützten Verdampfer zu schaffen, mit dem hohe Wärmetransportleistungen unter Verwendung einer speziellen Kapillarstruktur und Vermeidung der Gas- und Dampfblasenempfindlichkeit erzielbar sind. Zur Verwendung großer Temperaturdifferenzen zwischen wärmeaufnehmender Wand und verdampfendem Medium sollte eine gute innere thermische Leitfähigkeit der zusammengesetzten Komponenten bei einfacher Herstellung und Montage gewährleistet sein.

Zur Lösung der gestellten Aufgabe sind die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 vorgesehen.

Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Der Vorteil der Erfindung besteht darin, daß durch Verwendung von sehr feinen Kohlefasern für die Kapillarstruktur eine hohe Kapillarkraft erzielt wird, die mit gemessenen Steighöhen von ca. 10 bis 15 cm somit größer ist, als die von konventionellen Kapillarstrukturen aus Metallfasern oder -geweben. Die Kohlefasern sind von üblichen als Wärmeträger verwendeten flüssigen Medien bei erforderlichen Temperaturen gut benetzbar, chemisch und thermisch beständig, alterungsbeständig, sowie flexibel und demzufolge leicht zu wickeln und einzubauen. Weiterhin besitzen Kohlefasern eine relativ geringe thermische Leitfähigkeit, so daß Dampfblasenbildung in der Kapillarstruktur weitgehend vermieden wird.

Ausführungsbeispiele sind folgend beschrieben und durch Skizzen erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 einen Längs- und Querschnitt eines Kapillarverdampfers mit einem auf der Innenfläche mit V-förmigen Längsrillen versehenen Außenrohr, einem koaxial dazu angeordneten perforierten Innenrohr und dazwischen angeordneten Kohlefasern als Kapillarstruktur,

Figur 2 einen Längs- und Querschnitt eines Kapillarverdampfers mit einem auf der Innenfläche mit Umfangsrillen versehenen Außenrohr und ein-

em koaxial angeordneten, auf der Außenfläche mit Längsrillen versehenen Innenrohr und dazwischen angeordneten Kohlefasern als Kapillarstruktur,

Figur 3 einen plattenförmigen Kapillarverdampfer.

Aus Figur 1 ist ein Kapillarverdampfer 1 im Längs-(oben) und Querschnitt (unten) ersichtlich. Er besteht aus zwei koaxial angeordneten Rohren 2, 3, wovon die Wand 4 des Innenrohres 2 mit einer Perforation 5 und die Wand 6 des Außenrohres 3 auf der Innenfläche mit V-förmigen Längsrillen 7 versehen ist. Um das Innenrohr 2 ist um die Perforation 5 eine aus Kohlefasern 8 gewickelte sehr feine Kapillarstruktur ringförmig angeordnet, deren äußere Oberfläche an den Längsstegen des Außenrohres 3 fest anliegt. Der erforderliche radiale Anpreßdruck ergibt sich aus der Konizität von Innenrohr 2 und Außenrohr 3 durch axiales Verschieben. Das Innenrohr 2 ist auf der Dampfaustrittsseite mit einem Stopfen 9 verschlossen und das Außenrohr 3 mit einem Sammelrohr 10 verbunden. Die Zufuhr eines als Wärmeträger geeigneten flüssigen Mediums 11 erfolgt axial in das Innenrohr 2 und radial durch die Perforation 5 der Wand 4 in die darüber angeordnete aus Kohlefasern 8 bestehende Kapillarstruktur (siehe Pfeile). Hier verteilt sich das flüssige Medium 11 und verdampft bei Wärmezufuhr (siehe Pfeile) durch die Wand 6 unter Ausbildung eines invertierten Meniskus an der Berührungsfläche 12 zwischen der Flüssigkeit und den V-förmigen Längsstegen 7. Die Zufuhr des notwendigen Wärmestromes kann beispielsweise durch Abwärme dissipierender Komponenten oder eine um das Außenrohr 3 angeordnete elektrische Heizspirale (in der Figur nicht gezeigt) erfolgen. Der dabei entstehende Dampf strömt durch die nur teilweise mit dem flüssigen Medium 11 gefüllten V-förmigen Längsstegen 7 zum Sammelrohr 10 - (siehe Pfeile).

In Figur 2 ist eine weitere Variante eines Kapillarverdampfers 1 im Längs-(oben) und Querschnitt (unten) ersichtlich. Im Gegensatz zum Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 wird hier das flüssige Medium 11 zunächst einem am Eintritt - (siehe Pfeil) befindlichen und von einem Deckel 13 des Innenrohres 2 und vom Außenrohr 3 mit Deckel 14 gebildeten freien Raum 15 zugeführt. Von hier strömt das Medium 11 durch im Deckel 13 vorgesehene Bohrungen 16 in am Außenumfang des Innenrohres 2 angeordnete Längsrillen als Strömungskanäle 17 (siehe Pfeile), die abwechselnd als Dampf- und Flüssigkeitskanäle fungieren. Die um das Innenrohr 2 angeordneten und als Kapillarstruktur wirkenden Kohlefasern 8 saugen das flüssige Medium 11 aus den entsprechenden flüssigkeitsgefüllten Längsrillen 17 und bewirken mit den am inneren Umfang des Außenrohres 3 angeordneten Umfangsrillen 20 zusätzlich eine

gleichmäßige Verteilung. Unter Zufuhr eines Wärmestromes in die Wand 6 des Außenrohres 3 - (siehe Pfeil) verdampft das Medium 11 innerhalb der Kapillarstruktur aus den Kohlefasern 8 oder an seiner Grenzfläche zu den Umfangsrillen 20. Von den sich hierbei ergebenden zwei radial gerichteten Strömungen ist die eine Strömung des flüssigen Mediums 11 nach außen und die andere des verdampften Mediums 11 nach innen in die Dampfkanäle 17 gerichtet.

Das dampfförmige Medium 11 strömt durch die periodisch angeordnete Perforation 18 in das Sammelrohr 19 ab. Bei Verwendung eines geteilten Außenrohres 3 und zur Erzeugung des erforderlichen Anpreßdruckes für einen guten Kontakt zwischen den Kohlefasern 8 und dem Rohrmaterial, sowie einfacher Montage, sind die beiden Rohrhälften 3 mittels einer Verschraubung 21 miteinander verbunden (untere Figur).

Die Figur 3 zeigt einen Schnitt durch einen Kapillarverdampfer 22 in Plattenform. Er besteht aus zwei übereinander angeordneten Platten 23, 24, von denen die untere Platte 23 mit zur Innenseite weisenden Kanälen 25 durchzogen ist, über die in einer breiten Ausnehmung 26 die Kohlefasern 8 als Kapillarstruktur gelegt sind. Die obere Platte 24 ist auf der zu den Kohlefasern 8 weisenden Fläche mit einer Anzahl Rillen 27 durchzogen, die am hinteren Plattenende in einen dort angeschlossenen Sammelkanal 28 münden. Das flüssige Medium 11 gelangt von den Kanälen 25 - (siehe Pfeile) in die Kohlefasern 8, wird dort verteilt und nach Zufuhr eines Wärmestromes (siehe senkrechter Pfeil) in die obere Platte 24 an der Grenzfläche zwischen Kohlefasern 8 und Stegen 30 verdampft. Der entstehende Dampf strömt, wie oben erläutert, in den Sammelkanal 28 und von dort zur Wärmesenke ab. Die beiden Platten 23, 24 sind durch eine Verschraubung 29 miteinander fest verbunden.

Ansprüche

1. Kapillarunterstützter Verdampfer zur Wärmeaufnahme und zum Transport eines Wärmeträgermediums von einer von außen wärmebeaufschlagten Wärmequelle zu einer Wärmesenke und nach Kondensation zurück zu der Wärmequelle, bestehend aus einem mit einer Perforation versehenen Innenrohr und einem koaxial dazu angeordneten mit Dampfkanälen versehenen Außenrohr, einer um die Perforation angeordneten Kapillarstruktur, einer um das Außenrohr angeordneten Wärmequelle und ein an der Austrittsseite des Kapillarverdampfers angeordnetes Sammelrohr, wobei die Zufuhr des flüssigen Mediums

axial durch das Innenrohr und radial durch die Perforation in die Kapillarstruktur strömt und von dieser unter der Zufuhr des Wärmestromes dampfförmig in die darüber angeordneten Dampfkanaäle strömt und über das Sammelrohr an die Wärmesenke abgeleitet wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kapillarstruktur aus zylindrisch gewickelten oder in ebener Lage angeordneten Kohlefasern (8) besteht.

2. Verdampfer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kohlefasern (8) zwischen den Wänden (4, 6) und den Kanälen (5, 7, 17, 20) angeordnet sind.

3. Verdampfer nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Verteilung des flüssigen Mediums (11) entlang der Wärmetauscherfläche durch Umfangsrillen (20) und/oder durch die Kohlefasern (8) erfolgt.

4. Verdampfer nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kohlefasern (8) einzelne Kohlestränge sind.

5. Verdampfer nach den Ansprüchen 1 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kohlefasern (8) ein Gewebe bilden.

6. Verdampfer nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kohlefasern (8) ein mehrlagiges Gewebe ist.

7. Verdampfer nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kohlefasern - (8) zwischen zwei mit Längsrillen als Strömungskanäle (25, 27) versehene und miteinander verspannte Platten (23, 24) angeordnet sind.

8. Verdampfer nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kohlefasern (8) durch zwei koaxiale, konische Rohre (2, 3) gegen die Auflageflächen gedrückt werden.

5 9. Verdampfer nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kohlefasern (8) durch zwei miteinander verspannte Rohre (2, 3), wovon das äußere Rohr (3) geteilt ist, gegen die Auflageflächen gedrückt werden.

10 10. Verdampfer nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Innenrohr - (2) ein Federelement ist.

11. Verdampfer nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Kohlefaser (8) durch das Federelement gegen die Auflageflächen gedrückt werden.

12. Verdampfer nach den Ansprüchen 10 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Federelement ein elastisches Drahtgewebe ist.

20 13. Verdampfer nach den Ansprüchen 10 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Federelement eine zylinderförmige Spiralfeder ist.

25 14. Verdampfer nach den Ansprüchen 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Kreislauf des Mediums (11) durch die Kapillarkräfte der Kohlefasern (8) aufrecht erhalten wird.

30 15. Verdampfer nach den Ansprüchen 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Kreislauf des Mediums (11) durch eine im Kreislauf angeordnete mechanische Pumpe unterstützt wird.

35

40

45

50

55

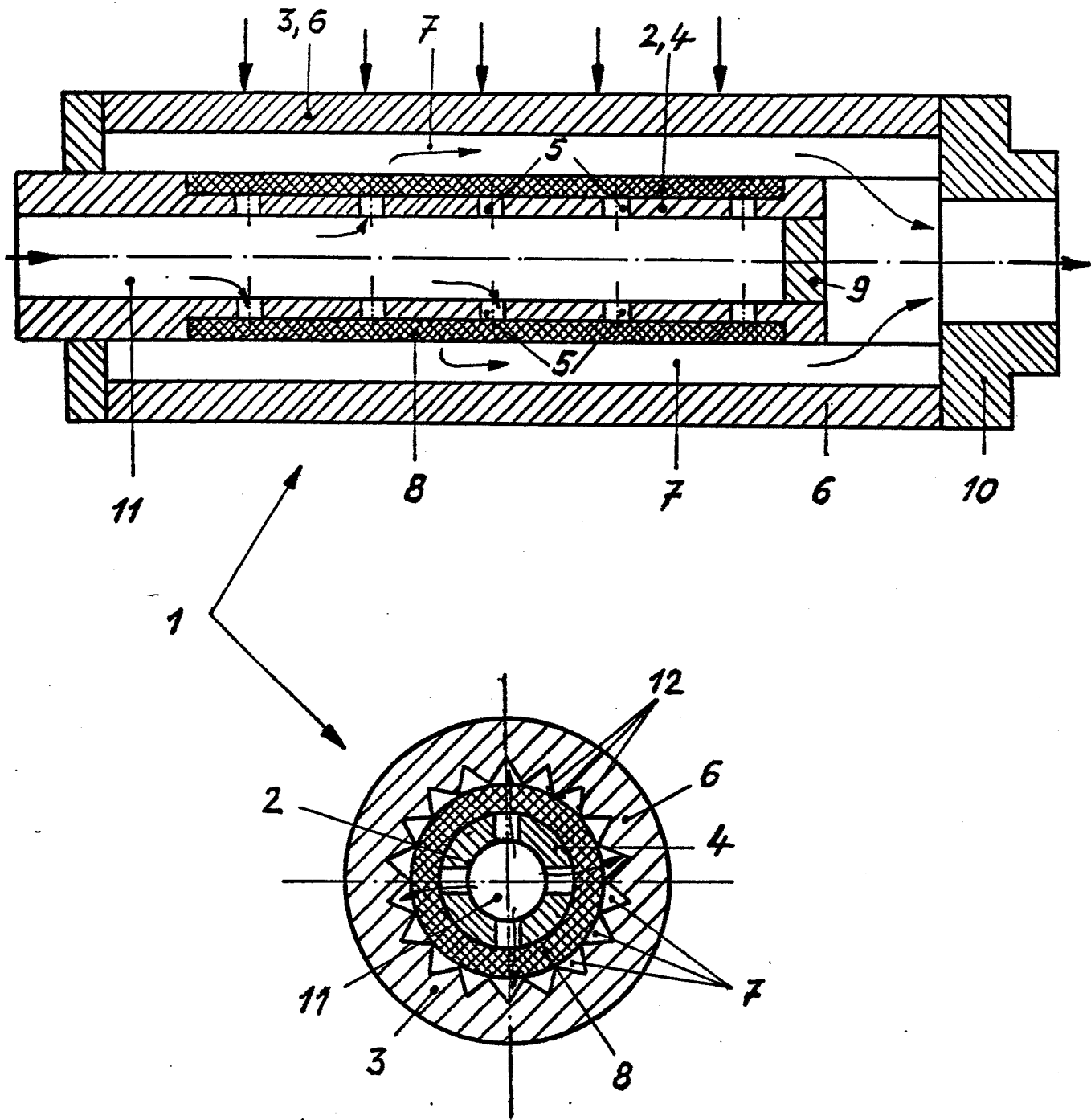


Fig. 1

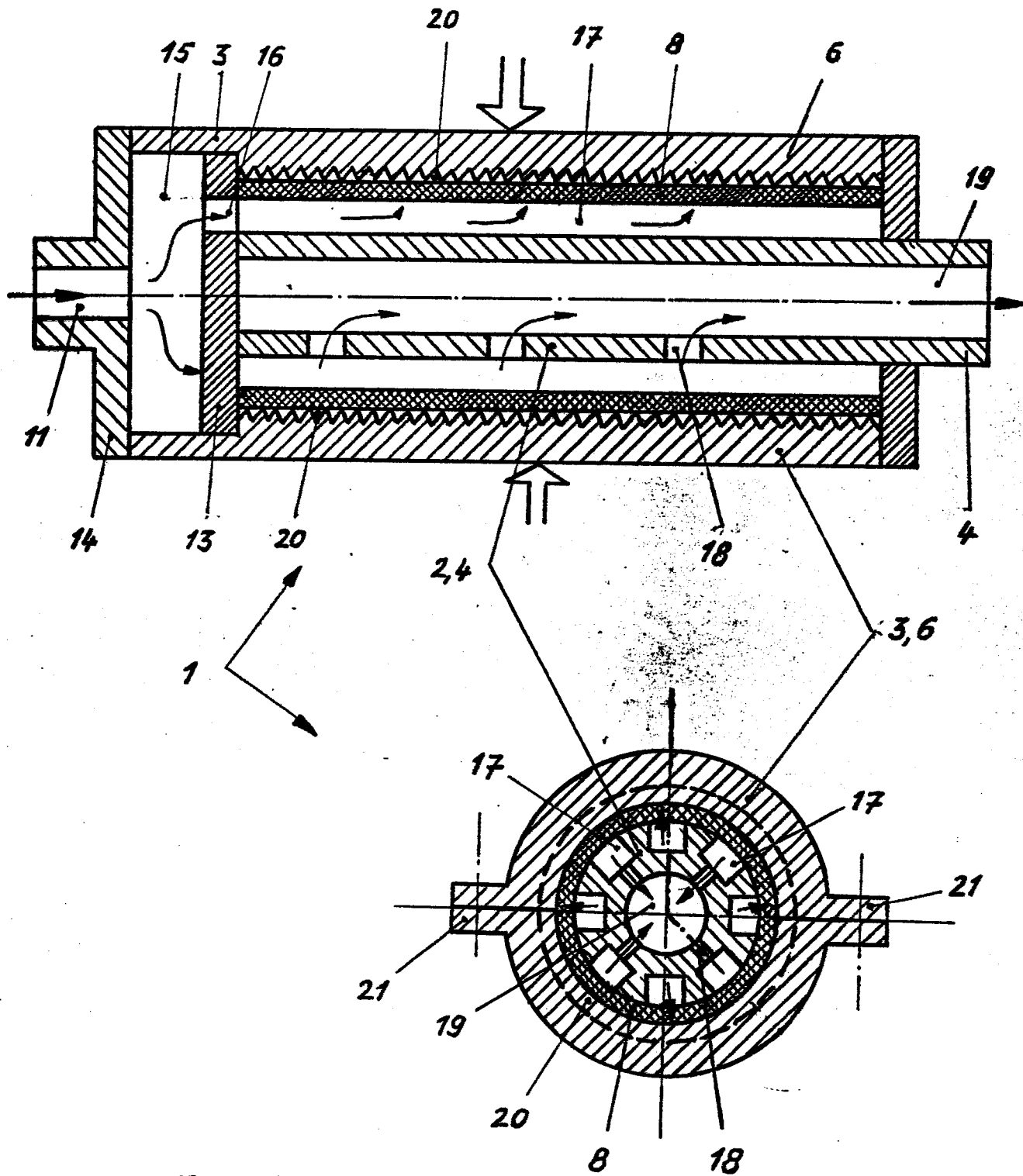
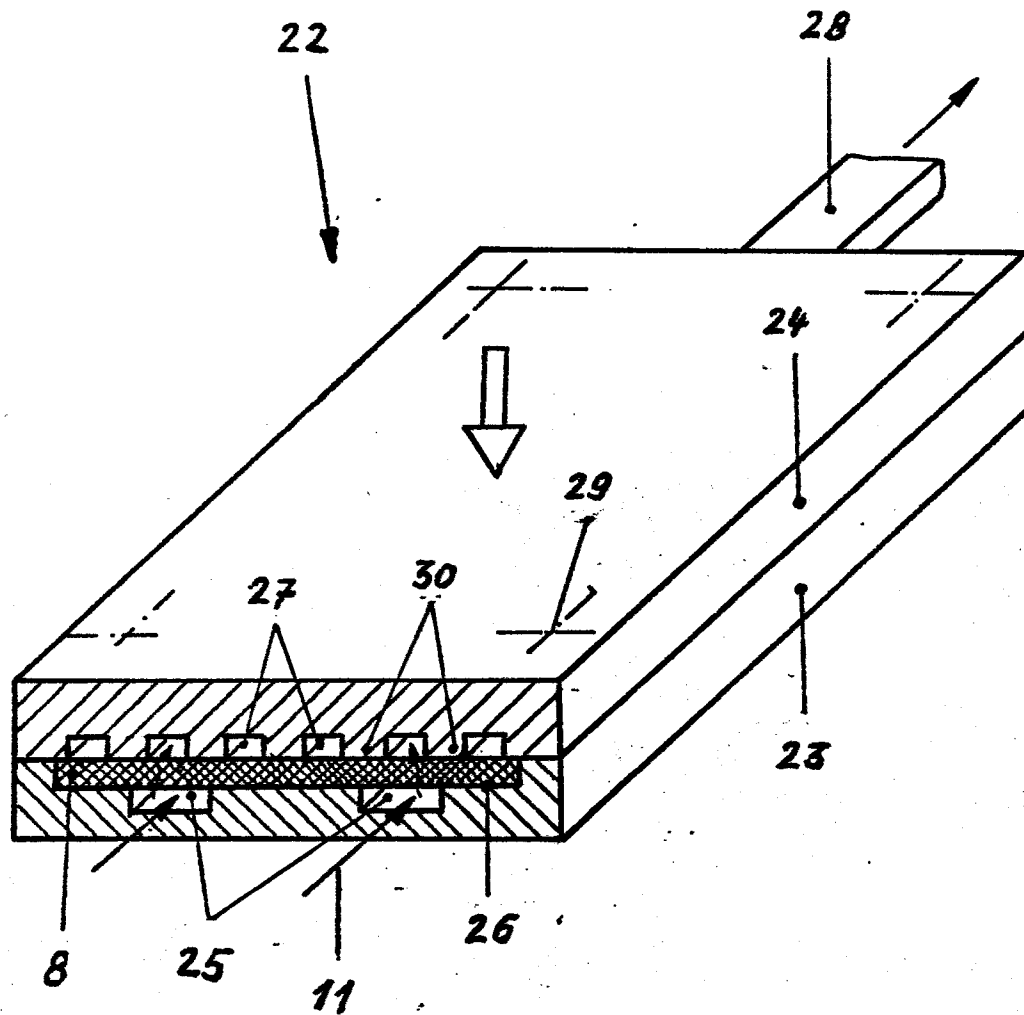


Fig. 2

*Fig. 3*