

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 600 191 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
24.04.1996 Patentblatt 1996/17

(51) Int Cl.⁶: **F28D 15/02**

(21) Anmeldenummer: **93116291.1**

(22) Anmeldetag: **08.10.1993**

(54) **Wärmerohr**

Heat pipe

Caloduc

(84) Benannte Vertragsstaaten:
BE DE FR NL

(30) Priorität: **28.11.1992 DE 4240082**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.06.1994 Patentblatt 1994/23

(73) Patentinhaber: **Daimler-Benz Aerospace
Aktiengesellschaft
D-80995 München (DE)**

(72) Erfinder: **Schlitt, Reinhard, Dr.
D-28211 Bremen (DE)**

(74) Vertreter: **Hansmann, Dierk, Dipl.-Ing. et al
Patentanwälte
Hansmann-Klickow-Hansmann
Jessenstrasse 4
D-22767 Hamburg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A- 0 438 938 US-A- 4 583 587
US-A- 4 917 177 US-A- 5 209 288**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 8, no. 230
(M-333)(1667) 23. Oktober 1984 & JP-A-59 112
192 (KAWASAKI JUKOGYO K.K.) 28. Juni 1984**

EP 0 600 191 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Übertragung von Wärme, bestehend aus einem mit einem Wärmeträgermedium gefüllten Wärmerohr, in dem wenigstens je ein Strömungskanal für das flüssige und für das in den dampfförmigen Aggregatzustand überführte Wärmeträgermedium vorgesehen sind und bei dem im Flüssigkeitskanal Mittel vorgesehen sind, um in der Flüssigkeit befindliche Gas- oder Dampfblasen aus dieser zu entfernen.

Wärmerohre oder "heat pipes" für den Transport von Wärme sind insbesondere aus dem Bereich der Raumfahrttechnik bereits bekannt. Bei diesen wird auf der wärmeabgebenden Seite eine Flüssigkeit, in der Regel Ammoniak, verdampft und der Dampf wird zur wärmeabgebenden Seite geleitet. Dort kondensiert der Dampf, wobei die in ihm gespeicherte latente Wärme an die Umgebung abgeführt wird, und das entstehende Kondensat fließt wieder zur wärmeaufnehmenden Seite, dem Verdampferende, zurück. Die dabei auftretende Dampfströmung ist eine übliche Druckströmung, während die Flüssigkeitsströmung eine Kapillarströmung ist. Unterschiedliche Krümmungsradien der Grenzfläche zwischen der Flüssigkeit und dem Dampf im verdampferende einerseits und im Kondensatorende andererseits und die dadurch hervorgerufenen Kapillarkräfte bewirken eine Druckdifferenz in Richtung Verdampferende, die die Strömung antreibt. Die sich einstellende Strömungsgeschwindigkeit ergibt sich aus dem Gleichgewicht zwischen dem Druckverlust aufgrund von Reibungskräften und der wirksamen Druckdifferenz der Kapillarkräfte.

Moderne Hochleistungswärmerohre sind in der Lage, auch bei vergleichsweise geringen Temperaturdifferenzen Wärmemengen in der Größenordnung von etwa 1 kW über Entfernungen zwischen einem und etwa 20 Metern zu transportieren.

Diese im Vergleich zu konventionellen Wärmerohren höhere Leistung der Hochleistungswärmerohre wird dadurch erzielt, daß für den Transport der Flüssigkeit Kanäle unterschiedlicher Abmessungen verwendet werden: Während im Verdampfungsbereich eine Vielzahl sehr kleiner, in Umfangsrichtung verlaufender Kanäle mit Kapillargeometrien verwendet wird, um große treibende Kapillarkräfte zu erzielen, erfolgt die Strömungsführung im Kondensatorbereich sowie in der Transportzone über nur wenige Strömungskanäle, gegebenenfalls einem einzigen Kanal mit relativ großem Durchmesser, der auch als Arterie bezeichnet wird. Auf diese Weise wird der reibungsbedingte Druckverlust minimiert, und es ergibt sich bei gleichen Kapillarkräften ein wesentliche größerer Fluidmassenstrom und als dessen Folge ein ebenfalls wesentlich höherer Wärmestrom.

Ein wesentliches Problem beim Betrieb derartiger Hochleistungswärmerohre liegt darin, daß ihre Funktion erheblich beeinträchtigt bzw. ganz unterbrochen wer-

den kann, wenn sich Blasen aus dem Dampf des Wärmeträgerfluids oder aus gasförmigen, nicht kondensierbaren Fremdstoffen in der Arterie befinden. Diese können sich entweder bereits bei der Inbetriebnahme des Wärmerohres zufällig dort befunden haben, sie können aber auch durch eine betriebsbedingte Überlastung des Wärmerohres, beispielsweise eine Überhitzung am Verdampferende bei kurzzeitiger Austrocknung der Verdampfungszone, entstanden sein. Die Blasen können den Transport des Wärmeträgerfluids zur wärmeaufnehmenden Zone unterbrechen, so daß diese weiter austrocknet und das Wärmerohr in seiner Funktion blockiert wird.

In der Literaturstelle Heat Pipe Design Handbook, Volume 1, B & K Engineering Inc., Towson, Maryland 21204, USA, Seiten 149 und 152, sind zwei Wärmerohre beschrieben, bei denen Maßnahmen zur Entfernung von Blasen und damit zur Vermeidung von Blockaden durch Glasblasen vorgesehen sind. Diese Maßnahmen bestehen in einem Fall aus einer Anordnung mit Entlüftungsbohrungen in der Wand zwischen der Arterie und dem Dampfkanal, im anderen Fall aus einer Venturidüse, die im Transportbereich für den Dampf angeordnet ist und die zugleich als Strahlpumpe über ein Ansaugrohr in der Arterie vorhandene Gasblasen absaugt.

Nachteilig bei einer Anordnung von Entlüftungslöchern in der Arterienwand ist der Umstand, daß während des Betriebes des Wärmerohrs der Druck im Dampfkanal wesentlich höher als in der Arterie ist, so daß zur Überführung von Gasblasen aus der Arterie in den Dampfkanal eine Betriebsunterbrechung erforderlich ist. Da dann aber die Entlüftungsbohrungen von Flüssigkeitsbrücken blockiert sind, die zunächst verdampfen müssen bevor die Gasblasen hindurchtreten können, erfordern diese Betriebspausen einen vergleichsweise langen Zeitraum, bevor das Wärmerohr wieder einsatzbereit ist.

Die Anordnung einer Venturidüse im Dampfkanal hat andererseits den folgenden Nachteil: Befindet sich keine Gasblase im Ansaugbereich der Düse, so sammelt sich ständig eine, wenn auch geringe, Menge an Wärmeträgerfluid aus der Arterie im Ansaugrohr. Wenn nun eine Gasblase vor die Ansaugöffnung gelangt, so muß, damit diese aus der Arterie abgesaugt werden kann, zunächst die Flüssigkeitsmenge aus dem Ansaugrohr entfernt werden. Wegen des damit verbundenen großen Druckverlustes der Strömung im Ansaugrohr muß die in der Venturidüse hervorgerufene Druckminderung beträchtlich sein, d.h., die Düse muß eine vergleichsweise starke Querschnittsverengung aufweisen. Dies aber führt auf der anderen Seite zu einer erheblichen Beeinträchtigung der Dampfströmung infolge des Druckverlustes und damit zu einer stark herabgesetzten Leistungsfähigkeit des Wärmerohres.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Wärmerohr der eingangs genannten Art so auszubilden, daß Dampfblasen des Wärmeträgerfluids sowie Blasen aus nicht kondensierbarem Gas während des Betriebes des Wärmer-

ohres zuverlässig aus dem Strömungskanal für das Fluid entfernt werden, ohne daß hierzu eine Betriebsunterbrechung erforderlich ist und ohne daß die Leistungsfähigkeit des Wärmerohres wesentlich beeinträchtigt wird.

Die Erfindung löst diese Aufgabe durch ein Wärmerohr mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1.

Vorteilhafte Weiterbildungen, die eine optimale Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Wärmerohres im Hinblick auf eine möglichst geringere Beeinträchtigung der maximal erzielbaren Wärmetransportleistung bei gleichzeitig hoher Ausfallsicherheit und Fehlertoleranz zum Ziel haben, sind in den weiteren Ansprüche angegeben.

Das Wärmerohr nach der Erfindung macht dabei Gebrauch von einer Eigenschaft einer aus einer Flüssigkeit und darin enthaltenen Gasblasen bestehenden Zweiphasenströmung, die aus der DE 38 26 919 C 1 in Zusammenhang mit einer Treibstoff-Bevorratungsvorrichtung bekannt geworden ist: Wird diese Strömung in zwei Teilströme aufgeteilt, von denen der eine die ursprüngliche Richtung beibehält, der zweite jedoch umgelenkt wird, so fließen alle Gasblasen mit dem umgelenkten Teilstrom, während der in der ursprünglichen Richtung weiterfließende Teilstrom blasenfrei ist. Somit wird bei dem Wärmerohr nach der Erfindung eine völlig selbsttätige Absaugung vorhandener Gas- oder Dampfblasen erreicht, ohne daß hierfür eine Betriebsunterbrechung erforderlich ist. Zugleich ist die Leistungseinbuße, die aus der Anordnung einer oder mehrerer derartiger Blasenfallen in der Arterie resultiert, wesentlich geringer als bei den bekannten Anordnungen.

Im folgenden soll die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch ein erstes Wärmerohr,

Fig. 2 ein zweites Wärmerohr im Querschnitt und

Fig. 3 eine perspektivische Darstellung der inneren Struktur der in Fig. 2 gezeigten Anordnung.

Die Darstellung in Fig. 1 gibt einen Teil der zwischen dem Verdampfer- und den Kondensatorbereich befindlichen Transportzone eines Wärmerohres wieder. Das Wärmerohr ist durch ein Profilblech 1 in zwei Kanäle 2 und 3 unterteilt, von denen der in der Zeichnung obere Kanal 2, der Dampfkanal, die größere Querschnittsfläche aufweist. Der untere Kanal 3 bildet den Flüssigkeitskanal für das vom Kondensatorbereich zum Verdampferbereich zurückströmende Wärmefluid.

Im Flüssigkeitskanal 3, der sogenannten Arterie, ist eine Blende 4 angeordnet, die einen Teil der Querschnittsfläche dieses Kanals 3 einnimmt. Mit einem geringen Abstand hinter der Blende 4 ist in stromabwärti-

ger Richtung ein Käfig 5 angeordnet, der aus einem Drahtgeflecht besteht. Die Blende 4 besteht bei dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel aus einem mehrlagigen Drahtgewebe.

Die Strömungsrichtung des flüssigen Mediums ist in Fig. 1 durch Pfeile gekennzeichnet. An der Blende 4 wird der Gesamtstrom dieses Mediums in zwei Teilströme aufgeteilt, von denen der eine ungehindert in seiner ursprünglichen Strömungsrichtung weiterfließt, während der andere hinter der Blende 4 scharf umgelenkt wird und dadurch in den Käfig 5 gelangt. Dieser zweite Teilstrom enthält auch praktisch alle Dampf- oder Gasblasen 6, die in der anströmenden Flüssigkeit enthalten sind. Erklärbar ist dieses Phänomen durch die Tatsache, daß die Flüssigkeit als die Komponente mit der größeren Massenträgheit das stärkere Bestreben hat, die ursprüngliche Strömungsrichtung beizubehalten, während die erheblich leichteren Blasen 6 aufgrund ihrer geringeren Trägheit dem umgelenkten Flüssigkeitsstrom folgen.

Die mit der Flüssigkeitsströmung in den Käfig 5 beförderten Blasen 6 werden dort festgehalten, da aufgrund der höheren Oberflächenspannung die Poren des Käfigs 5 für das Gas nicht durchlässig sind, wohl aber für die im stromabwärtigen Bereich des Käfigs 6 wieder aus diesem ausströmende Flüssigkeit. Derartige Blasenfallen können an mehreren Stellen der Arterie 3 eingebaut werden. Sofern das Wärmerohr beispielsweise aus mehreren - gegebenenfalls zusammengeschweißten - Teilelementen besteht, ist es vorteilhaft, sie am Beginn jedes Teilelementes anzuordnen. Zusätzlich hat sich eine solche Blasenfalle auch am Eingang des Verdampfers als vorteilhaft erwiesen.

Die Verwendung derartiger, aus einer Blende 4 und einem stromabwärts hinter dieser angeordneten Käfig 5, bestehenden Blasenfallen hat vor allem den Vorteil, daß die kontinuierliche Flüssigkeitsströmung zwischen den Kondensator und dem Verdampfer erhalten bleibt. Die im Käfig 5 gefangenen Blasen 6 können sich zwar am stromabwärtigen Ende dieses Käfigs 5 zu einer großen Blase 7 vereinigen, jedoch können diese, wegen der Form des Käfigs 5, nicht so groß werden, daß sie den gesamten Querschnitt des Flüssigkeitskanals 3 blockieren.

Bei dem in den Figuren 2 und 3 dargestellten Wärmerohr ist der Käfig in die Innenstruktur des Wärmerohres integriert. Statt eines einfachen Profilblechs, wie im Fall des vorangehend beschriebenen Ausführungsbeispiels, ist bei dem in Fig. 2 im Querschnitt gezeigten Wärmerohr ein Strangpreßprofil 11 eingesetzt, das sowohl für den Transport dampfförmigen Wärmeträgermediums zwei Kanäle 12 und 13 als auch für die flüssige Phase zwei Kanäle 14 und 15 schafft. Innerhalb der Kanäle 14 und 15 werden durch zwei stegartige Ansätze 16 und 17 des Strangpreßprofils 11 zusätzlich zwei Bereiche 18 und 19 abgetrennt, die als sogenannte Hilfsarterien dienen und auf deren Funktion hier nicht näher eingegangen werden soll. Im unteren, gemeinsamen

Teil der Kanäle 14 und 15 befindet sich der Käfig 20, der im Fall des hier beschriebenen Ausführungsbeispiels gleichsam einen separaten, sich über den gesamten Bereich der Transportzone bis in die Verdampferzone hinein sich erstreckenden Teilraum bildet, vor dem in stromaufwärtiger Richtung eine in der Figur nicht dargestellte Blende angeordnet ist. Die Abmessungen dieser Blende entsprechen dabei in etwa dem Querschnitt des vom Käfig 20 gebildeten Teilbereiches des Flüssigkeitskanals.

Wie insbesondere die Fig. 3 zeigt, sind diejenigen Teile des Strangpreßprofils 11, die den Dampf- vom Flüssigkeitsraum von diesem wiederum den Käfig 20 trennen, jeweils perforiert ausgebildet. Zusätzlich sind in dem in Fig. 3 im Vordergrund dargestellten Verdampferbereich die Trennwände zwischen dem Dampf- und dem Flüssigkeitsraum mit schmalen Schlitzfenstern 21 versehen, die der Verbindung mit in der Figur nicht dargestellten Umfangsrippen dienen. Auch bei dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel sammeln sich die in der Flüssigkeit enthaltenen Dampf- bzw. Gasblasen im Käfig 20, so daß die darüber befindlichen Querschnitte der Kanäle 14 und 15 eine praktisch blasenfreie Flüssigkeitsströmung enthalten.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Übertragung von Wärme, bestehend aus einem mit einem Wärmeträgermedium gefüllten Wärmerohr, in dem wenigstens je ein Strömungskanal für das flüssige und für das in dem dampfförmigen Aggregatzustand überführte Wärmeträgermedium vorhanden sind und bei dem ferner Mittel vorgesehen sind, um im Flüssigkeitskanal befindliche Blasen in den Dampfkanal zu befördern, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel aus wenigstens einer im Flüssigkeitskanal (3,14,15) einen Teil des Strömungsquerschnitts dieses Kanals ausfüllenden Blende (4) bestehen, hinter der in stromabwärtiger Richtung käfigartige Teilbereiche (5,20) des Flüssigkeitskanals (3,14,15) durch Trennelemente abgetrennt sind, die nur für die flüssige, nicht aber für die Gas- bzw. Dampfphase durchlässig sind.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilbereiche (5) als Käfige ausgebildet sind, deren Wände von einem Drahtgeflecht gebildet werden.
3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Käfige (5) im Abstand hintereinander im Flüssigkeitskanal (3) angeordnet sind.
4. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilbereiche (20) durch ein in

Längsrichtung des Rohres verlaufendes perforiertes Profilblech begrenzt werden.

5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Blende (4) aus wenigstens einer Lage eines Drahtgewebes besteht.

10 Claims

1. Arrangement for transferring heat, consisting of a heat pipe, filled with a heat transfer medium, within which there is at least one flow channel for the liquid heat transfer medium and at least one flow channel for the heat transfer medium transferred in the vaporous state of aggregation and in which, in addition, there are provided means for conveying bubbles present in the liquid channel into the vapour channel, characterized in that the means consist of at least one screen (4), within the liquid channel (3,14,15) and filling a portion of the flow cross-section of this channel, behind which, in the downstream direction, cage-type partial regions (5,20) of the liquid channel (3,14,15) are separated by separating elements which are permeable only to the liquid phase, and not to the gaseous or vaporous phase.
2. Arrangement according to Claim 1, characterized in that the partial regions (5) are fashioned as cages whose walls are formed by a wire mesh.
3. Arrangement according to Claim 2, characterized in that several successive cages (5) are disposed at intervals within the liquid channel (3).
4. Arrangement according to Claim 1, characterized in that the partial regions (20) are bounded by a perforated profile plate running in the longitudinal direction of the pipe.
5. Arrangement according to any one of Claims 1 to 4, characterized in that the screen (4) consists of at least one layer of a wire mesh.

Revendications

1. Dispositif destiné à la transmission de chaleur, composé d'un tube échangeur de chaleur alimenté par un fluide caloporteur dans lequel sont au moins prévus respectivement un canal d'écoulement pour le fluide caloporteur liquide et un canal de passage pour le fluide caloporteur transformé à l'état de vapeur et dans le cas duquel d'autres moyens sont prévus pour acheminer les bulles de vapeur présentes dans le canal d'écoulement de liquide vers

le canal de passage de vapeur, caractérisé en ce que lesdits moyens comprennent au moins un écran (4) disposé dans le canal d'écoulement de liquide (3, 14, 15) et comblant une partie de la section transversale d'écoulement de ce canal, écran à l'arrière duquel des zones (5, 20) en forme de cages prévues dans le canal d'écoulement de liquide (3, 14, 15) et disposées dans le sens du courant sont divisées par des éléments de séparation perméables uniquement pour la phase liquide, mais pas pour la phase gazeuse, respectivement pour la phase vapeur.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les zones (5) sont conçues comme des cages dont les parois sont formées d'un treillis en fil métallique.
3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que plusieurs cages (5) sont disposées dans le canal d'écoulement de liquide (3) à une certaine distance les unes derrière les autres.
4. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les zones (20) sont limitées par une tôle profilée perforée dirigée dans la direction longitudinale du caloduc.
5. Dispositif selon l'une ou l'autre des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'écran se compose au moins d'une couche de tissu métallique.

35

40

45

50

55

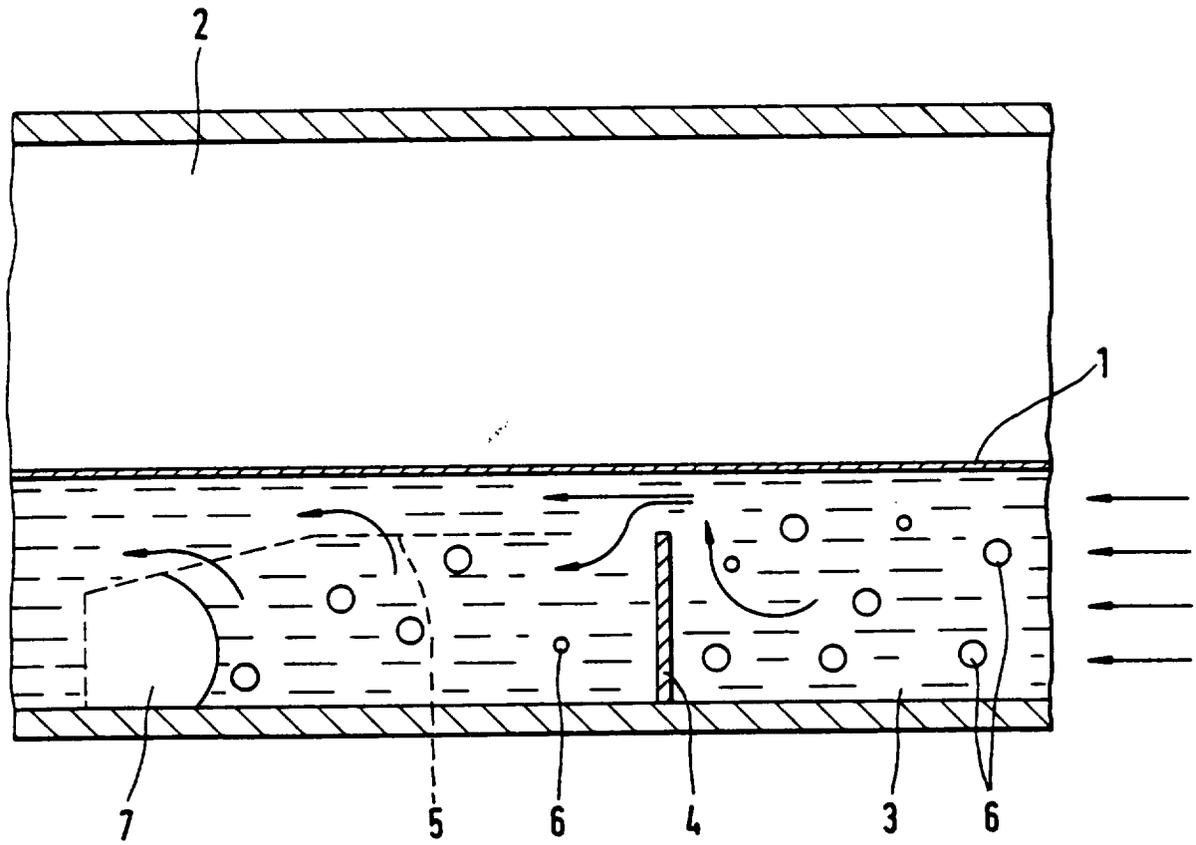


Fig.1

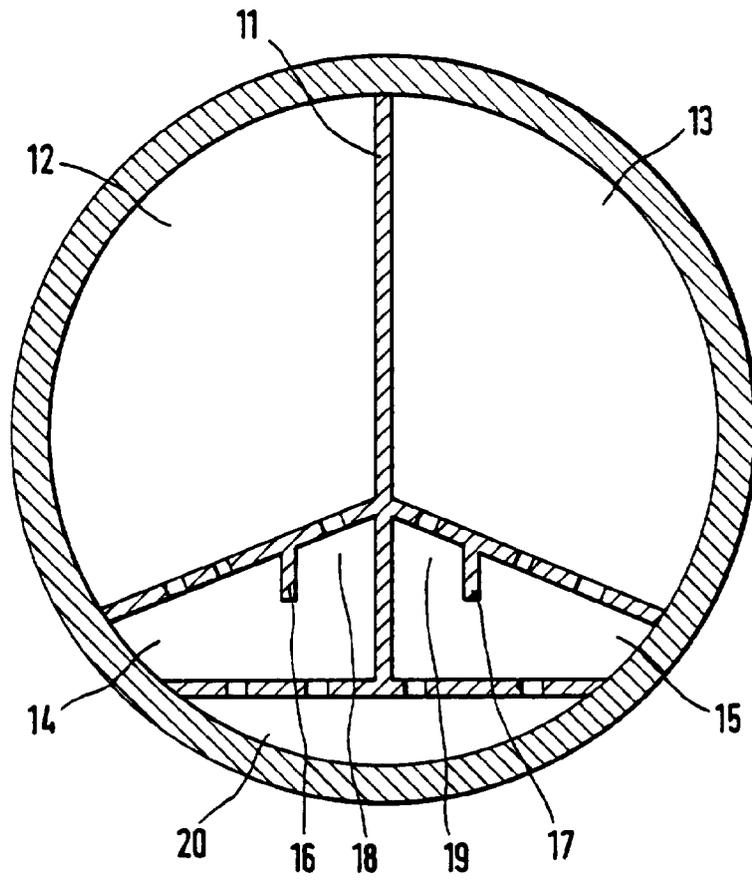


Fig. 2

Fig. 3

