



⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet :
17.03.93 Bulletin 93/11

⑤① Int. Cl.⁵ : **F28D 1/04, F28F 1/12**

②① Numéro de dépôt : **89870108.1**

②② Date de dépôt : **07.07.89**

⑤④ **Echangeur de chaleur entre un gaz et un fluide à pouvoir d'échange thermique élevé.**

③⑩ Priorité : **29.07.88 BE 8800885**
08.06.89 BE 8900622

④③ Date de publication de la demande :
14.02.90 Bulletin 90/07

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :
17.03.93 Bulletin 93/11

⑧④ Etats contractants désignés :
BE CH DE FR GB IT LI NL SE

⑤⑥ Documents cités :
AT-A- 379 019
FR-A- 793 344
FR-A- 2 428 224
US-A- 2 601 973

⑦③ Titulaire : **Société Anonyme ECONERGIE**
Rue des Cottages 160
B-1180 Bruxelles (BE)

⑦② Inventeur : **Thillaye du Boullay, Vincent**
Avenue des Dominicaines 11
B-1950 Kraainem (BE)

EP 0 354 892 B1

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

L'invention se réfère à un échangeur de chaleur selon le préambule de la revendication 1. Un tel échangeur de chaleur est connu selon FR-A-793 344.

L'échange thermique entre un gaz et un fluide séparés par une paroi est difficile à réaliser économiquement si l'écart entre les températures du gaz et du fluide est faible.

La présente invention utilise efficacement une donnée physique bien connue, à savoir que le fil métallique est le meilleur convecteur de chaleur entre un gaz et un solide, car il constitue presque entièrement un bord d'attaque.

Actuellement, ce difficile échange d'enthalpie entre un gaz et un solide est le plus souvent réalisé à l'aide de faisceaux de tubes ailetés ou d'une série de plaques parallèles serties sur des tubes dans lesquels circule le fluide.

En général, les appareils utilisant ces procédés exigent des vitesses d'air circulant entre ces plaques ou entre ces ailettes, suffisamment élevées pour obtenir un coefficient d'échange satisfaisant entre gaz et tubes.

Il en résulte une forte consommation d'énergie, et des écarts élevés de température entre gaz et un fluide qu'il est difficile d'améliorer économiquement.

Suivant le document FR-A-793344, il est connu d'utiliser un tissu métallique qui est obtenu à partir d'éléments filiformes et de conduits, ces deux éléments formant respectivement la trame et la chaîne d'un tissu métallique.

Cette texture est très défavorable à des échanges thermiques élevés, et est en outre la source de pertes de charges plus importantes; elle est très différente des toiles métalliques tissées soudées sur des tubes, suivant la présente invention. En outre le brevet FR-A-793344 ne signale qu'accessoirement et très sommairement l'emploi des deux tissus métalliques rapportés de part et d'autre des tubes.

Le but de la présente invention est de résoudre économiquement par une disposition technique simple, des problèmes d'échanges thermiques difficiles à résoudre par l'emploi des techniques existantes, grâce aux caractéristiques spécialement performantes des échangeurs à toiles métalliques tissées.

La présente invention a pour objet un échangeur de chaleur entre un gaz et un fluide formé d'un ou de plusieurs panneaux unitaires d'échange constitués de toiles tissées en fils métalliques à haute conductivité thermique, entre lesquels sont soudés à intervalles des tubes métalliques disposés substantiellement parallèlement entre eux, dans lesquels circule le fluide, caractérisé en ce que le panneau unitaire comprend deux ensembles d'au moins deux toiles, le gaz circulant de préférence perpendiculairement aux toiles; les toiles d'un même ensemble sont espacées entre les points de soudure au contact des tubes.

En vue d'accroître les surfaces de contacts entre fluides, le nombre des toiles tissées en fils métalliques formant les ensembles peut comprendre deux, trois ou davantage de toiles.

Le panneau unitaire peut ainsi comprendre deux ensembles de 2 ou 3 toiles ou plus, tissées en fils métalliques entre lesquels des tubes métalliques sont soudés à intervalles.

Le nombre des toiles à utiliser par ensemble sera limité à 2 ou 3 toiles et de préférence deux toiles pour des raisons de construction et d'optimisation d'un échange méthodique.

Dans le cas d'utilisation de deux ensembles de plusieurs toiles métalliques, et en vue de multiplier les ruptures de veines gazeuses, les toiles d'un même ensemble seront espacées entre leurs points de soudure au contact des tubes.

A titre d'exemple, les toiles sont espacées de quelques millimètres, par exemple de 3 mm.

Le gaz choisi est généralement de l'air, ce qui n'exclut pas l'utilisation d'autres gaz ou vapeurs. Le fluide circulant dans les tubes est un liquide ou un gaz, et peut résulter d'un changement d'état liquide/gaz ou gaz/liquide, ces derniers fluides possédant un très bon coefficient d'échange thermique avec la paroi intérieure du tube. Les fluides utilisés comprennent notamment de l'eau, des solutions salines ou autres, des solvants, des liquides caloporteurs, etc....

Le panneau unitaire comprend deux ensembles d'au moins deux toiles en fils métalliques à haute conductibilité thermique, de structure et de nature quelconques, par exemple en cuivre. Ces fils ont un diamètre compris entre 0,1 et 3 millimètres, et en général entre 0,2 et 2 millimètres. De plus, les diamètres des fils de chaîne et des fils de trame peuvent être différents.

La dimension des mailles de la toile est le résultat d'un compromis propre à chaque application, entre une structure dense des toiles pour multiplier les bords d'attaque des fils, et une ouverture suffisante de la maille, pour réduire à un niveau économique la perte de charge au cours du passage du gaz au travers des toiles.

Les fils métalliques des toiles perpendiculaires aux tubes sont de préférence d'un diamètre plus élevé que les fils parallèles aux tubes.

En effet, les fils de faible diamètre sont les meilleurs convecteurs; ils conviennent pour les fils parallèles aux tubes. Par contre, les fils perpendiculaires aux tubes doivent avoir un diamètre suffisant pour assurer le transfert par conductibilité thermique entre ces fils et les tubes, de l'enthalpie reçue ou émise par les fils constituant les toiles.

Dans l'exposé de l'invention, les fils perpendiculaires aux tubes sont désignés par fils de chaîne et les fils parallèles aux tubes par fils de trame. Il est évident qu'une disposition inverse pourrait être adoptée sans sortir du cadre de la présente invention.

Par exemple, on prend un fil de 0,5 mm en chaîne, et un fil de 0,25 mm en trame; mais il n'est pas exclu d'utiliser d'autres rapports.

Suivant une réalisation préférentielle, les surfaces de contact entre fils sont augmentées par laminage des toiles, de manière à passer d'un contact ponctuel à un contact du type ménisque entre les deux fils. Ce contact élargi favorise le transfert thermique entre fils de trame et de chaîne, et permet d'obtenir un coefficient d'échange thermique global du panneau unitaire plus élevé.

Ce laminage est réalisé sous une charge telle que seules les surfaces de contact entre fils sont augmentées, et il ne modifie en aucune manière le profil des fils entre les surfaces de contact.

Le diamètre des tubes doit être choisi en fonction des caractéristiques du fluide circulant dans ces tubes, de son débit et des pertes de charge admises, tout en respectant une vitesse de nature à procurer un bon échange thermique entre le fluide et la paroi du tube métallique.

Les tubes sont d'une matière à haute conductibilité thermique, par exemple du cuivre, et ils sont disposés de préférence à intervalles réguliers. Ils présentent de préférence deux méplats parallèles entre eux sur lesquels sont soudées les toiles métalliques. Par soudure, on comprend également tout autre moyen de fixation, par exemple le brasage, le collage, etc....

L'intervalle entre les tubes est fonction du diamètre des fils de chaîne et des écarts de température admissibles entre gaz et fluide. En général, les tubes sont disposés substantiellement parallèlement entre eux et écartés de 1 à 10 cm, le diamètre des fils de chaîne étant choisi en fonction de cet écart.

Les tubes, en général circulaires, sont partiellement aplatis par toute méthode connue de manière à présenter deux méplats parallèles entre eux, destinés à assurer une liaison efficace entre toiles et tubes, tant en vue d'une solidité satisfaisante du panneau, qu'en vue d'un bon transfert aux tubes de l'enthalpie recueillie ou émise par les fils des toiles.

Les panneaux unitaires peuvent avoir des dimensions très variables et sont en général de section rectangulaire ou carrée.

Les échangeurs du type revendiqué comprennent un seul panneau ou sont formés par assemblage de panneaux unitaires dont le nombre peut même dépasser 10, selon l'ampleur du gradient de température à assurer dans un échange méthodique à contre-courant entre le gaz et le fluide circulant dans les tubes.

De plus, la texture des toiles des panneaux successifs peut être différente pour s'adapter à l'évolution du transfert thermique à assurer au cours du passage du gaz au travers de l'échangeur.

Des entretoises entre les panneaux disposées perpendiculairement aux tubes assurent, avec les tu-

bes, la rigidité de l'ensemble des panneaux et un écartement régulier entre deux panneaux.

Cet écartement est en général constant, mais il n'est pas exclu de le faire éventuellement varier.

Des collecteurs montés aux extrémités des tubes ou des connexions entre les extrémités des tubes de panneaux successifs, assurent la circulation du fluide; ces collecteurs sont éventuellement munis de séparations pour adapter la circulation du fluide au niveau d'enthalpie que le gaz est susceptible de recevoir ou d'émettre. Ces séparations permettent un échange méthodique entre gaz et fluide chaque fois que cela est nécessaire et réalisable.

Le courant gazeux est introduit de préférence perpendiculairement aux panneaux par des gaines de section en général identique à celle de l'échangeur; la même disposition est adoptée à la sortie de l'échangeur.

Les collecteurs ou des tôles en cas de connexions entre les extrémités des tubes de panneaux successifs, servent de gaines sur deux des quatre côtés de l'échangeur; les collecteurs sont en contact direct avec les toiles à l'extrémité des tubes.

Dans le cas de connexions entre extrémités des tubes de panneaux successifs, une entretoise souple est montée entre la tôle et les toiles métalliques de manière à permettre la dilatation différentielle des panneaux.

Sur les deux autres côtés de l'échangeur, des tôles également montées avec une entretoise souple épousant les bords des toiles métalliques, forment les deux autres côtés de la gaine de l'échangeur.

Pour des raisons de protection contre une éventuelle corrosion, un dépôt ou un traitement superficiel de type quelconque peut être appliqué aux éléments constitutifs de l'échangeur formé de panneaux unitaires et des collecteurs.

On peut envisager par exemple, un dépôt électrolytique d'un métal ou d'un revêtement protecteur à base d'un enduit ou d'une peinture par électrodéposition ou par électrophorèse.

Suivant une réalisation préférentielle dans le cas des aéroréfrigérants, les échangeurs à toiles métalliques du type revendiqué sont groupés en étoile. Les panneaux des échangeurs sont disposés verticalement, et les échangeurs sont assemblés en étoile autour d'une gaine centrale d'aspiration de l'air.

En effet dans les aéroréfrigérants industriels, les puissances thermiques à évacuer peuvent atteindre plusieurs dizaines de mégawatts, ce qui implique la mise en oeuvre de surfaces frontales importantes.

Les échangeurs décrits ci-dessus sont regroupés par paires autour d'une gaine centrale qui réunit les veines d'air recueillies entre les deux faces des branches de l'étoile.

Dans le cas des aéroréfrigérants, un ou plusieurs ventilateurs installés dans la gaine surmontant l'étoile, créent la dépression nécessaire au passage du

courant d'air au travers des échangeurs à toiles métalliques du type revendiqué.

Pour cela, la face inférieure de l'étoile est entièrement fermée ainsi que la partie supérieure de chaque branche située autour de la gaine. La vitesse du ou des ventilateurs doit être réglable de manière à limiter la consommation d'électricité au gré des conditions climatiques.

Si la température du fluide à refroidir est sensiblement plus élevée que celle de l'air, l'adjonction d'une cheminée de hauteur suffisante dans le prolongement de la gaine est susceptible de créer un tirage naturel capable de vaincre la perte de charge au passage de l'air au travers des toiles métalliques appropriées. Cette disposition permet d'éviter l'installation de ventilateurs, la consommation d'électricité, et la nuisance sonore de ventilateurs.

La disposition inverse avec cheminée inférieure permet de capter l'enthalpie de l'air par un fluide à réchauffer.

L'invention décrite qui permet d'utiliser le haut pouvoir convecteur des fils métalliques présente de nombreux avantages.

L'avantage le plus important est certainement le maintien d'un coefficient d'échange thermique élevé même à faible vitesse frontale du gaz perpendiculairement aux toiles métalliques.

Cette caractéristique permet de limiter la vitesse du gaz à un niveau suffisant pour assurer le débit d'enthalpie cédée au gaz (cas des aéroréfrigérants) ou extraites du gaz (cas des refroidisseurs de gaz) au cours de son passage dans l'échangeur à toiles métalliques.

Il en résulte la possibilité de fortes réductions de la vitesse frontale de l'air, susceptibles d'apporter des économies très élevées de l'énergie consommée par les ventilateurs. En effet, la consommation d'énergie pour un circuit déterminé est proportionnelle au cube de la vitesse du gaz. Si la structure des toiles donne la même perte de charge que des échangeurs à tubes ailetés ou à plaques, la possibilité de réduction de la vitesse du gaz par exemple de 3 m/sec à 1 m/sec entraîne une réduction de la consommation d'énergie dans le rapport $1^3/3^3 = 1/27$.

En outre, si un écart faible entre les températures du gaz et du fluide circulant dans les tubes est requis, comme par exemple dans les procédés de séchage faisant l'objet du brevet belge n°902120 et du brevet français n°8604883, les échangeurs à toiles métalliques permettent d'obtenir économiquement cet écart faible, car même à faible vitesse du gaz, la différence entre la température du gaz et la température du fluide peut être très faible.

Du fait de leur conception, les échangeurs à toiles métalliques sont nettement plus compacts et plus légers que les échangeurs à tubes ailetés habituellement utilisés dans l'industrie, et la disposition en étoile permet de réduire fortement la surface occupée au

sol.

En particulier, dans certains procédés de l'industrie chimique impliquant la condensation d'un gaz, il est possible grâce à l'écart réduit entre la température de l'air et celle du fluide refroidi, de dissocier l'élimination d'enthalpie dans l'atmosphère par un aéroréfrigérant à toiles métalliques du type revendiqué, et la condensation du gaz avec éventuel refroidissement du liquide obtenu, en utilisant un liquide caloporteur intermédiaire entre l'aéroréfrigérant et le condenseur/refroidisseur du produit chimique. Ce liquide peut être de l'eau éventuellement glycolée pour la protection contre le gel.

La présente invention sera mieux comprise à l'aide des figures 1 et 2.

La figure 1 représente un panneau unitaire formé de 2 ensembles de 2 toiles métalliques entre lesquels sont soudés à intervalles, des tubes métalliques disposés substantiellement parallèlement entre eux, dans lesquels circule le fluide.

La figure 2 montre une vue en plan d'un ensemble de 24 échangeurs disposés par paire dans les 12 branches d'une étoile.

Suivant la figure 1, le panneau unitaire 1 comprend les ensembles 2 et 3 formés chacun de 2 toiles métalliques 4 et 5, 6 et 7, qui sont soudées respectivement aux points 8 et 9, 10 et 11, aux tubes 12 et 13.

Les deux ensembles 2 et 3 sont soudés à intervalles réguliers aux tubes voisins 12 et 13.

Les toiles métalliques utilisées sont obtenues par tissage de fils métalliques, par exemple en cuivre, d'un diamètre de 0,3 mm en trame et 0,6 mm en chaîne.

Les tubes d'un diamètre de 5 mm sont disposés parallèlement entre eux et espacés entre eux, par exemple de 3 cm.

Les tubes métalliques 12 et 13 présentent des méplats aux points de soudure 8 et 9, 10 et 11.

Les méplats ont été obtenus par tout moyen connu tel qu'un aplatissement partiel du tube, ou directement en fabrication à partir d'une filière profilée.

Les méplats des tubes utilisés dans l'exemple présenté à la figure 1, ont une largeur d'environ 3 mm.

Les toiles sont séparées entre elles d'un espace de quelques millimètres.

Suivant la figure 2, un ensemble 14 de 24 échangeurs disposés verticalement et groupés par paire 15 et 16, en 12 branches semblables à la branche 17, forment l'étoile 18 autour et en dessous de la gaine circulaire 19.

Le ventilateur à axe vertical 20 centré dans la gaine 19 crée dans l'étoile 18 la dépression nécessaire à l'aspiration de l'air au travers des échangeurs.

Le circuit de l'air pour l'échangeur 15 a été indiqué par les flèches 21 et 22.

Les échangeurs schématisés à la figure 2 peuvent être d'un type quelconque. Par exemple, ils peu-

vent être constitués de panneaux unitaires 1 de la figure 1, qui sont assemblés de manière à créer une disposition en quinconce des tubes métalliques des panneaux successifs. L'échangeur unitaire utilisé peut comprendre de 1 à plus de 10 panneaux unitaires.

De telles réalisations permettent d'obtenir des coefficients d'échange thermique élevés.

Revendications

1. Echangeur de chaleur entre un gaz et un fluide formé d'un ou de plusieurs panneaux unitaires d'échange constitués de toiles tissées en fils métalliques à haute conductivité thermique, entre lesquels sont soudés à intervalles des tubes métalliques disposés substantiellement parallèlement entre eux, dans lesquels circule le fluide, caractérisé en ce que le panneau unitaire comprend deux ensembles d'au moins deux toiles; les toiles d'un même ensemble sont espacées entre les points de soudure au contact des tubes.
2. Echangeur de chaleur entre un gaz et un fluide suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le panneau unitaire comprend deux ensembles de 2 ou 3 toiles tissées.
3. Echangeur de chaleur entre un gaz et un fluide, suivant les revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les fils métalliques à haute conductivité thermique des toiles tissées sont en cuivre d'un diamètre compris entre 0, 1 et 3 mm.
4. Echangeur de chaleur entre un gaz et un fluide, suivant les revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les fils métalliques des toiles perpendiculaires aux tubes sont d'un diamètre plus élevé que les fils parallèles aux tubes.
5. Echangeur de chaleur entre un gaz et un fluide, suivant les revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les surfaces de contact entre fils sont augmentées par laminage des toiles.
6. Echangeur de chaleur entre un gaz et un fluide, suivant les revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les tubes métalliques sont disposés à intervalles réguliers, et présentent deux méplats parallèles entre eux, sur lesquels sont soudées les toiles métalliques.
7. Ensemble d'échangeurs de chaleur entre un gaz et un fluide, suivant les revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les échangeurs de chaleur employés comme aéroréfrigérants, sont dispo-

sés verticalement en étoile autour et en dessous d'une gaine d'aspiration de l'air.

Patentansprüche

1. Wärmeaustauscher für den Wärmeaustausch zwischen einem Gas und einem Fluid, aus einer oder mehreren Austausch-Einheitsplatten, die Gewebe aus Drähten mit hoher Wärmeleitfähigkeit umfassen, und zwischen denen in Abständen im wesentlichen parallel zueinander angeordnete Metallrohre angeschweißt sind, in denen das Fluid strömt, dadurch gekennzeichnet, daß die Einheitsplatte zwei Einheiten aus mindestens zwei Geweben umfaßt; und die Gewebe derselben Einheit zwischen den Schweißpunkten auf den Rohren einen gewissen Abstand voneinander aufweisen.
2. Wärmeaustauscher für den Wärmeaustausch zwischen einem Gas und einem Fluid, gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einheitsplatte zwei Einheiten mit 2 oder 3 Geweben umfaßt.
3. Wärmeaustauscher für den Wärmeaustausch zwischen einem Gas und einem Fluid, gemäß Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Gewebedrähte mit hoher Wärmeleitfähigkeit aus Kupfer sind und einen Durchmesser zwischen 0,1 und 3 mm haben.
4. Wärmeaustauscher für den Wärmeaustausch zwischen einem Gas und einem Fluid, gemäß Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die zu den Rohren senkrechten Drähte der Gewebe einen größeren Durchmesser als die zu den Rohren parallelen Drähte haben.
5. Wärmeaustauscher für den Wärmeaustausch zwischen einem Gas und einem Fluid, gemäß Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktflächen zwischen den Drähten durch Walzen der Gewebe vergrößert sind.
6. Wärmeaustauscher für den Wärmeaustausch zwischen einem Gas und einem Fluid, gemäß Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallrohre in gleichmäßigen Abständen angeordnet sind und zwei zueinander parallele, halbfache Schienen aufweisen, auf die die Drahtgewebe aufgeschweißt sind.
7. Einheit, aus Wärmeaustauschern für den Wärmeaustausch zwischen einem Gas und einem Fluid gemäß Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die als Kühltürme verwendeten

Wärmeaustauscher in vertikaler Richtung sternförmig um einen Luftansaugkanal herum und unter einem Luftansaugkanal angeordnet sind.

5

Claims

1. Heat exchanger between a gas and a fluid made with one or more exchange unit panels formed by wire woven grids of high heat conductivity between which, at intervals and in a substantially parallel mutual relationship, metal tubes are welded in which a fluid is circulated, characterized in that the unit panel comprises two assemblies of at least two grids and the grids of a same assembly are spaced apart between the welding points in contact with the tubes. 10 15
2. Heat exchanger between a gas and a fluid according to claim 1, characterized in that the unit panel comprises two assemblies of 2 or 3 woven grids. 20
3. Heat exchanger between a gas and a fluid according to claims 1 and 2, characterized in that the metal wires of high heat conductivity of the woven grids are made of copper with a diameter between 0.1 and 3 mm. 25
4. Heat exchanger between a gas and a fluid according to claims 1 to 3, characterized in that the metal wires of the grids perpendicular to the tubes have a higher diameter than the wires parallel to the tubes. 30 35
5. Heat exchanger between a gas and a fluid according to claims 1 to 4, characterized in that the contact surfaces between wires are increased by rolling the grids. 40
6. Heat exchanger between a gas and a fluid according to claims 1 to 5, characterized in that the metal tubes are located at regular intervals and have two mutually parallel flat parts to which the wire grids are welded. 45
7. Heat exchange assembly between a gas and a fluid according to claims 1 to 6, characterized in that the heat exchangers used as air-coolers are located vertically in a star-shaped disposition around and under an air exhausting shaft. 50

55

Figure 1

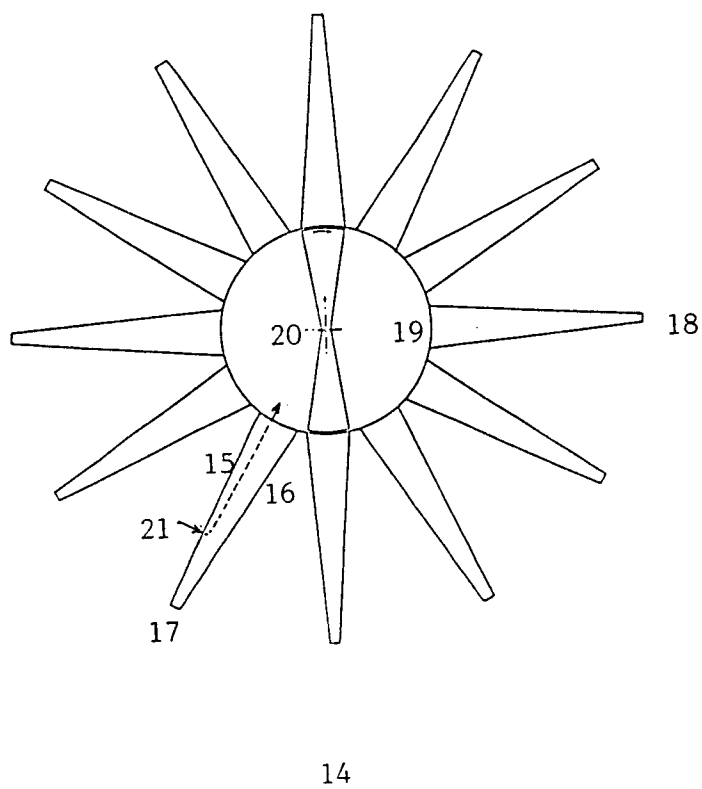
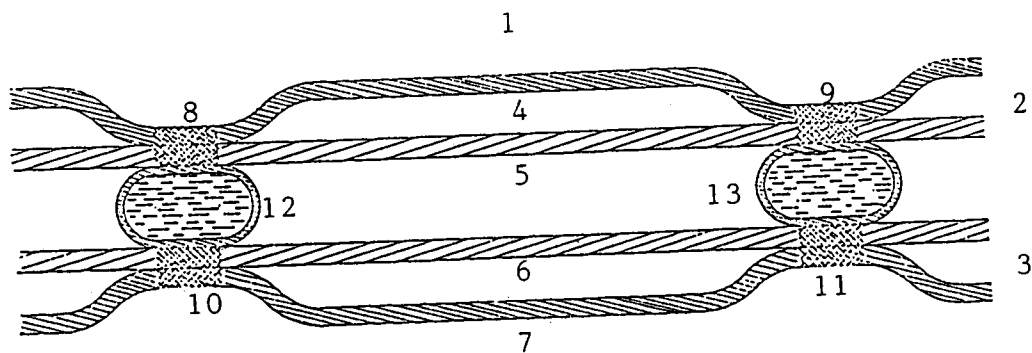


Figure 2