



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication:

0 058 628
A2

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 82450003.7

(51) Int. Cl.³: **F 25 B 39/00**
F 28 D 7/12, F 28 F 13/18
F 28 F 13/04

(22) Date de dépôt: 12.02.82

(30) Priorité: 13.02.81 FR 8103033

(43) Date de publication de la demande:
25.08.82 Bulletin 82/34

(84) Etats contractants désignés:
BE DE FR GB IT LU NL

(71) Demandeur: Aragou, Yvan
32 Hameau de Russac
F-33400 Talence(FR)

(72) Inventeur: Aragou, Yvan
32 Hameau de Russac
F-33400 Talence(FR)

(74) Mandataire: Thebault, Jean-Louis
3, rue du Professeur Demons
F-33000 Bordeaux(FR)

(54) Echangeur de chaleur à structure capillaire pour machines frigorifiques et/ou pompes à chaleur et son procédé d'obtention.

(57) Echangeur de chaleur pour machines frigorifiques et/ou pompes à chaleur, du type dans lequel une structure capillaire annulaire est appliquée contre la paroi interne du réseau tubulaire d'échange de chaleur, caractérisé en ce que ladite structure capillaire (4) est constituée par un jeu de fibres libres et lisses (5) en matériau approprié sensiblement rectilignes et parallèles à l'axe des éléments tubulaires rectilignes et parallèles à l'axe des éléments tubulaires concernée (3), réparties régulièrement en anneau et plaquées par tous moyens appropriés (6) contre la paroi interne desdits éléments tubulaires, de préférence sur toute la longueur de ces derniers.

Application aux machines frigorifiques et/ou pompes à chaleur.

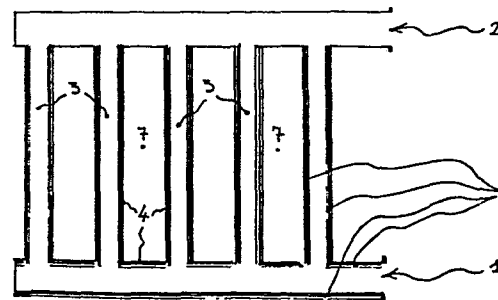


Figure 1

EP 0 058 628 A2

- 1 -

ÉCHANGEUR DE CHALEUR À STRUCTURE CAPILLAIRE POUR
MACHINES FRIGORIFIQUES ET/OU POMPES À CHALEUR
ET SON PROCÉDÉ D'OBTENTION

La présente invention concerne les échangeurs de chaleur utilisant l'énergie fournie lors du changement de phase liquide/vapeur ou vapeur/liquide de certains fluides et, plus particulièrement, ceux utilisés dans les machines
5 frigorifiques et/ou pompes à chaleur.

Dans les machines de ce type, les échangeurs de chaleur sont ou bien construits et dimensionnés en vue de jouer un rôle spécifique prédéterminé, soit comme évaporateur, soit comme condenseur, ou bien réalisés de façon à
10 servir aussi bien d'évaporateur que de condenseur.

Dans le cas où l'échangeur de chaleur est conçu pour être employé exclusivement comme évaporateur, il est sous-utilisé du fait qu'il n'est rempli qu'à moitié de liquide en général et aux 2/3 au maximum, afin d'éviter des
15 "coups de liquide" au compresseur.

Les 2/3 seulement, voire la moitié, de la surface d'échange de l'évaporateur lorsque le débit de fluide diminue, sont donc utilisés. En outre, du fait que l'échange se fait au niveau de surfaces froides réduites, la formation
20 de givre est favorisée dans le cas des évaporateurs à air ce qui nuit bien entendu au rendement.

Dans le cas des condenseurs conçus essentiellement comme tels, il faut, pour des raisons technologiques, que les vapeurs arrivant au condenseur soient complètement condensées à la sortie. Il en résulte un sur-dimensionnement
25 augmentant les coûts de revient de ces échangeurs.

Enfin, actuellement, l'utilisation de machines frigorifiques réversibles oblige à réaliser des échangeurs qui soient un compromis entre évaporateur et condenseur, puisque devant fonctionner aussi bien en évaporateur qu'en condenseur, et qui, de ce fait, outre les inconvénients des échangeurs spécifiques rappelés ci-dessus, ont un mauvais rendement.

Afin d'améliorer les rendements d'échange thermique, on a déjà imaginé de tapisser la paroi interne des tubes échangeurs d'une structure capillaire en vue d'avoir une meilleure répartition de la phase liquide sur la paroi interne de ces tubes.

Cependant les diverses solutions de ce type conçues jusqu'à présent ne donnent pas satisfaction sur deux points importants.

Toutes les structures capillaires proposées, soit ne permettent pas d'avoir une capillarité sur toute la surface interne des tubes, soit (c'est le cas notamment des structures à base de toiles métalliques tissées ou maillées) constituent des chicanes et des obstacles freinant et retenant l'huile de lubrification du compresseur du système, certaines structures cumulant les deux inconvénients.

Le but de la présente invention est de pallier simultanément ces deux inconvénients majeurs en proposant une nouvelle structure capillaire pour échangeurs de chaleur permettant les échanges thermiques sur toute la surface utile des échangeurs avec un rendement sensiblement accru, tout en n'entravant pas la circulation d'huile de lubrification.

A cet effet, l'invention a pour objet un échangeur de chaleur pour machines frigorifiques et/ou pompes à chaleur, du type dans lequel une structure capillaire annulaire est appliquée contre la paroi interne du réseau tubulaire d'échange de chaleur, caractérisé en ce que ladite structure capillaire est constituée par un jeu de fibres libres et lisses en matériau approprié, sensiblement rectilignes et parallèles à l'axe des éléments tubulaires concernés, réparties régulièrement en anneau et plaquées par tous moyens appropriés contre la paroi interne desdits éléments tubulaires, de préférence sur toute la longueur de ces derniers.

Un tel agencement permet grâce à l'effet de mèche procuré par les fibres libres sur toute la surface interne une excellente répartition de la phase liquide sans aucune entrave à la circulation d'huile du fait que les fibres sont

5 lisses, rectilignes et parallèles à l'axe des tubes.

De plus, une telle structure est particulièrement simple et peu coûteuse à réaliser.

D'autres caractéristiques et avantages ressortiront de la description qui va suivre de divers modes de réalisation d'une telle structure capillaire suivant l'invention,

10 ainsi que d'un procédé de réalisation et de mise en place d'un mode préféré de ladite structure capillaire, description donnée à titre d'exemple uniquement et en regard des dessins annexés sur lesquels :

- 15 - Fig. 1 représente une coupe schématique d'un échangeur conforme à l'invention et pouvant fonctionner en évaporateur ou en condenseur :
- Fig. 2 représente une vue en section transversale d'un élément tubulaire de l'échangeur de la Fig. 1 ;
- 20 - Fig. 3 représente une coupe longitudinale partielle d'un élément tubulaire de l'échangeur de la Fig. 1 ;
- Fig. 4 représente une coupe schématique d'un évaporateur conforme à l'invention;
- Fig. 5 représente une coupe schématique d'un condenseur
- 25 également conforme à l'invention;
- Fig. 6 est une coupe partielle d'un mode de réalisation préféré d'une structure capillaire selon l'invention ;
- Fig. 7 est une variante de réalisation du dispositif de la Fig. 6 , et
- 30 - Fig. 8 est une coupe axiale d'un dispositif permettant la réalisation et la mise en place d'une structure capillaire suivant la Fig. 6 ou 7 associé à une tête d'extrusion de tubes dans laquelle est intégré ledit dispositif.

35 L'échangeur de la Fig. 1 comporte deux collecteurs 1 et 2 reliés par un réseau de tubes 3 d'échange de chaleur, rectilignes parallèles et identiques, en matériau bon conducteur thermique tel que le cuivre par exemple.

Conformément à l'invention, tous les tubes 3 comportent une structure annulaire capillaire 4 sur toute leur longueur, de même que le collecteur de la phase liquide (collecteur 1 sur la Fig.) du fluide caloporteur (ou frigorigène).

5 Les Fig. 2 et 3 illustrent un mode de réalisation de ladite structure annulaire capillaire 4 suivant lequel cette structure est constituée par un certain nombre de fibres individuelles 5 identiques, lisses, rectilignes et de diamètre constant. Ces fibres sont libres entre elles tout
10 en étant en contact les unes les autres et avec la paroi interne du tube (1 ou 3) et confinées dans un espace annulaire par tous moyens appropriés. La répartition des fibres 5 est uniforme, l'épaisseur de la couche annulaire étant dans une proportion déterminée par rapport au diamètre du
15 tube afin d'avoir une circulation et un débit appropriés du fluide en phase liquide dans les conduits 1 et 3.

Les fibres 5 tapissent la paroi interne de ces derniers sur toute leur longueur utile et sont appliquées contre la paroi des tubes, par exemple à la manière connue, par
20 un élément hélicoïdal 6 (Fig. 3) formant ressort, engagé dans la partie centrale des tubes (3,1).

Cet élément hélicoïdal 6 pourrait bien entendu être remplacé par tous autres organes susceptibles de plaquer les fibres 5 contre la paroi tels que des anneaux par exemple.

25 Les fibres 5 et les organes de maintien 6 sont en matériau métallique ou plastique, ou autre, compatible avec la nature du fluide circulant dans l'échangeur.

Le diamètre des fibres 5 peut varier dans la mesure où les espaces interstitiels entre fibres permettent d'obtenir l'effet de capillarité recherché pour le fluide caloporteur ou frigorigène considéré.
30

Les fibres 5 disposées dans le collecteur 1 assurent une répartition uniforme du liquide vers les tubes échangeurs 3 cependant que les fibres 5 de ces derniers permettent au liquide de "mouiller" absolument toute la surface
35 utile des tubes 3 et assurent donc un échange thermique maximal entre le fluide en phase liquide en contact avec la paroi interne des tubes 3 et le fluide extérieur.

D'autre part, du fait de la géométrie des espaces

interstitiels aussi bien entre fibres 5 qu'entre celles-ci et la paroi interne des tubes 3 et de l'absence d'obstacle transversal à l'écoulement axial de l'huile de lubrification celle-ci n'est pas retenue et peut s'écouler librement.

5 Le compresseur du système ne risque donc pas de manquer d'huile.

Lorsque le fluide de travail arrive en phase liquide en 1 et repart en phase gazeuse en 2, l'échangeur travaille en évaporateur et refroidit le fluide (par exemple de l'air)
10 circulant en 7 entre les tubes 3.

Le fluide circulant dans les tubes 3 est alors appelé frigorigène.

Si, au contraire, le fluide de travail arrive en phase gazeuse en 2 et repart par 1 en phase liquide, le fluide
15 de est caloporteur et cède une partie de ses calories au fluide circulant en 7. Lorsque ce dernier est de l'air, on peut avantageusement munir extérieurement les tubes 3 d'ailettes en aluminium ou autre matériau bon conducteur de la chaleur. L'échangeur travaille alors en condenseur.

20 La phase liquide se répartit sur les tubes 3 au fur et à mesure qu'elle se forme et est évacuée et la structure capillaire 4 assure ainsi une bonne répartition de la température et améliore d'autant les échanges thermiques.

Ainsi, un échangeur tel que celui de la Fig. 1 travaillant en évaporateur a une efficacité bien supérieure à
25 celle des évaporateurs traditionnels dont le remplissage des tubes d'échange en phase liquide est de l'ordre habituellement de la moitié et au maximum des 2/3 alors que, grâce à la structure capillaire 4 selon l'invention dans l'évaporateur agencé suivant la Fig. 1, toute la surface interne
30 des tubes d'échange 3 est en contact avec la phase liquide, de manière uniforme, grâce à l'effet de mèche capillaire.

On supprime donc, en outre, dans le cas où le fluide circulant en 7 est de l'air, l'apparition prématurée de
35 points froids engendrant la formation de givre sur les tubes 3. Il a été ainsi constaté qu'avec un évaporateur selon l'invention, la formation de givre n'apparaissait que pour une température de l'air circulant en 7 inférieure de 4 à 5°C à celle à laquelle apparaît le givre habituellement sur
40 les évaporateurs classiques.

L'échangeur représenté sur la Fig. 1 fonctionnant indifféremment en évaporateur ou en condenseur, améliore le coefficient de performance des machines réversibles dans des proportions substantielles (de l'ordre de 30 à 40%).

5 La Fig. 4 illustre un échangeur suivant l'invention conçu essentiellement pour fonctionner en évaporateur.

Le fluide frigorigène arrive en phase liquide dans le collecteur 8 comportant intérieurement une structure capillaire 4 comme le collecteur 1 de la Fig. 1. Le fluide est
10 réparti en débit identique pour chaque tube d'échange 9 également muni intérieurement d'une structure annulaire capillaire 4 sur toute sa longueur.

Ces tubes 9 sont en cul-de-sac. le liquide est réparti le long de chaque tube 9 uniformément et s'évapore
15 totalement et uniformément sous l'effet de la chaleur apportée par le fluide circulant en 10. La vapeur produite est collectée par des conduits 11 piqués sur le collecteur 12 d'évacuation de la phase gazeuse et engagés dans l'extrémité des tubes 9 coaxialement à ces derniers.

20 La Fig. 5 représente schématiquement un échangeur conforme à l'invention conçu pour travailler essentiellement en condenseur.

Le fluide caloporteur arrive en phase gazeuse dans le collecteur 13, se condense en phase liquide au contact
25 avec la paroi interne, pourvue d'une structure annulaire capillaire 4, des tubes d'échange 14 et ressort en phase liquide par le collecteur 15 également muni d'une structure annulaire capillaire 4 conforme à l'invention.

Des conduits 16 piqués sur le collecteur 13 d'amenée en phase liquide du fluide caloporteur et engagés
30 chacun dans l'extrémité d'un des tubes 14, coaxialement à ceux-ci, permettent de répartir uniformément le fluide caloporteur.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation représenté et décrit ci-dessus mais en couvre
35 au contraire toutes les variantes, notamment celles concernant la nature du matériau constitutif des fibres 5, leur dimensionnement, leur distribution le long de la paroi interne des organes tubulaires d'échange et collecteurs de la phase liquide du fluide de travail ainsi que les moyens pour
40 plaquer ou contenir lesdites fibres contre la paroi interne

desdits organes tubulaires.

La nappe de fibres 5 peut ne comporter qu'une seule couche de fibres plus ou moins parallèles à l'axe du tube et jointives ou non.

5 La Fig. 6 représente un mode de réalisation particulièrement intéressant par sa simplicité et son efficacité. Sur cette Fig., on a représenté une nappe de fibres 5 constituée d'une seule couche de fibres parallèles et non jointives, ladite nappe étant plaquée contre la paroi interne du
10 tube 3 par un système élastique constitué par une nappe de fils 17 d'acier à ressort (ou matériau susceptible de présenter les mêmes caractéristiques d'élasticité). Les fils 17 sont parallèles, non jointifs et enroulés en hélice.

Les fibres 5 sont d'axe sensiblement parallèle à
15 l'axe du tube 3 cependant que les fils 17 forment avec les fibres 5 un angle aigu plus ou moins important.

L'hélice réalisée par les fils 17 ne comporte pas un fil unique mais plusieurs en parallèle, le faisceau de fils étant enroulé en hélice. On peut donc faire varier fa-
20 cilement l'inclinaison entre les fibres 5 et les fils 17 tout en ayant un réseau serré de fils 17 en contact en de nombreux points avec la nappe de fibres 5.

Il est à noter que par un dimensionnement et une distribution appropriés des fils 17, la nappe élastique cons-
25 tituée de ces fils augmente les effets de capillarité procurés par la structure capillaire 5.

La Fig. 7 illustre une variante suivant laquelle la paroi interne du tube 3 n'est plus lisse mais striée, rainurée ou cannelée. A cet effet, on réalise par tous moyens
30 appropriés des stries 18 ou analogues, parallèles à l'axe du tube 3 et de préférence à section en forme générale de V largement évasé. Ces creux 18 sont chargés de faciliter le positionnement correct des fibres 5 étant entendu que la profondeur de ces stries ou analogues est inférieure au rayon
35 des fibres 5 lesquelles sont maintenues en place par un système élastique identique à celui de la Fig. 6 ou différent.

Par ailleurs, la structure capillaire peut être constituée de deux couches de fibres 5 de caractéristiques dimensionnelles identiques ou non, parallèles et non jointi-
40 ves, les fibres de l'une des couches étant inclinées par rap-

port aux fibres de l'autre couche et l'ensemble de cette structure étant plaqué contre le tube par un système élastique identique ou non à celui de la Fig. 6.

Il est à noter que l'une des couches peut comporter
5 des fibres parallèles à l'axe du tube, cette couche étant, soit en contact avec la paroi interne du tube, soit en contact avec ledit système élastique (côté vapeur).

La Fig. 8 illustre un procédé pour la réalisation d'une structure capillaire suivant la Fig. 6 et son insertion
10 dans un tube en aluminium ou alliage léger réalisé par extrusion. Sur un mandrin cylindrique 19 est enroulé en hélice une nappe 20 de fils à ressort ou analogue, en acier par exemple. Les fils 21 de cette nappe forment des spires jointives sur le mandrin 19.

La nappe 20 est enveloppée d'une nappe 22 de fibres
15 lisses libres 5 parallèles à l'axe du mandrin 19. Les fibres 5 sont régulièrement réparties en une seule couche autour de la nappe en hélice 20.

Les nappes 20 et 22 au débouché du mandrin 19 sont
20 guidées et maintenues en forme par un manchon cylindrique 23 dans le prolongement du mandrin 19 et intégré dans une tête d'extrusion 24 coaxialement à l'orifice annulaire 25 d'extrusion d'un tube 3 par exemple en aluminium, ledit orifice 25 étant délimité entre le manchon 23 et la filière 26.

Au fur et à mesure que se forme le tube 3 il est
25 muni intérieurement automatiquement de la nappe capillaire 22 et de la nappe élastique de maintien 20, les nappes 20 et 22 étant formées en continu et introduites dans le tube 3 à la même vitesse de défilement.

A la sortie du manchon 23, les nappes 20 et 22 se
30 dilatent radialement sous l'action élastique des fils à ressort 21 et se plaquent contre la paroi interne du tube 3.

Le tube ainsi équipé est conforme à ce qui est représenté à la Fig. 6.

Le tube 3 peut comporter intérieurement des stries
35 telles que 18 (Fig. 7) réalisées au cours de l'extrusion.

Le tube 3 peut, bien entendu, être obtenu d'une autre manière, par exemple par roulage d'une plaque plane puis soudage ou à partir d'une bande enroulée en hélice sur un
40 mandrin, ces deux techniques étant parfaitement connues.

Dans ce cas, c'est l'ensemble des deux nappes
20 - 22 qui est introduit dans le tube 3 préalablement formé.

Dans le cas où le fluide à vaporiser ou à condenser
circule à l'extérieur des tubes, une telle structure capil-
laire est appliquée à l'extérieur du tube comme dans le cas
5 des condenseurs à eau où cette dernière circule à l'intérieur
des tubes, le fluide frigorigène s'évaporant ou se condensant
à l'extérieur des tubes.

R E V E N D I C A T I O N S

=====

1. Echangeur de chaleur pour machines frigorifiques et/ou pompes à chaleur, du type dans lequel une structure capillaire annulaire est appliquée contre la paroi interne du réseau tubulaire d'échange de chaleur, caractérisé en ce
5 que ladite structure capillaire (4) est constituée par un jeu de fibres libres et lisses (5) en matériau approprié, sensiblement rectilignes et parallèles à l'axe des éléments tubulaires concernés (3), réparties régulièrement en anneau et plaquées par tous moyens appropriés (6) contre la paroi
10 interne desdits éléments tubulaires, de préférence sur toute la longueur de cesderniers.

2. Echangeur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites fibres (5) sont réparties en une seule couche de fibres non jointives.

15 3. Echangeur suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la paroi interne des éléments tubulaires (3) équipés de ladite structure capillaire comporte des stries, rainures ou cannelures longitudinales servant de logement aux fibres de la structure capillaire, la profondeur des stries
20 ou analogue étant sensiblement inférieure au rayon des fibres.

4. Echangeur suivant la revendication 3, caractérisé en ce que la strie ou analogue a une section en forme généralement de V évasé.

25 5. Echangeur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits fibres (5) sont réparties en au moins une couche de fibres jointives de diamètres identiques ou différents.

30 6. Echangeur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites fibres (5) sont réparties en une première couche de fibres non jointives sensiblement parallèles à l'axe des éléments tubulaires et en une seconde couche de fibres non jointives parallèles et enroulées en hélice à grand pas et plaquées contre la première couche, la paroi interne des éléments tubulaires étant en contact direct, soit avec la pre-
35 mière couche, soit avec la seconde.

7. Echangeur suivant l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que lesdits moyens pour appliquer la struc-

ture capillaire contre la paroi interne des éléments tubulaires sont constitués par une nappe de fils à ressort ou analogues, parallèles, non jointifs, enroulée en hélice, les caractéristiques dimensionnelles des fils, de la nappe et
5 de l'enroulement étant telles que ladite nappe augmente les effets de capillarité procurés par la structure capillaire.

8. Echangeur suivant l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le réseau d'échange de chaleur comporte plusieurs tubes rectilignes parallèles reliés à un collecteur
10 (1) de la phase liquide commun, rectiligne et également muni intérieurement de ladite structure capillaire à fibres libres (5), un tel échangeur étant susceptible de fonctionner aussi bien en évaporateur qu'en condenseur.

9. Echangeur suivant l'une des revendications 1 à 8,
15 et plus particulièrement destiné à fonctionner en évaporateur, caractérisé en ce que les tubes d'échange (9) munis de leur structure annulaire capillaire (4) à fibres libres (5) sont branchés en cul-de-sac sur le collecteur (8) d'arrivée du fluide de travail en phase liquide, également muni de ladite
20 structure annulaire capillaire (4), le collecteur (12) d'évacuation en phase gazeuse du fluide de travail étant relié auxdits tubes d'échange (9) par l'intermédiaire de conduits (11) engagés dans le débouché des tubes d'échange coaxialement à ceux-ci.

25 10. Echangeur suivant l'une des revendications 1 à 8 et plus particulièrement destiné à fonctionner en condenseur, caractérisé en ce que les tubes d'échange (14) munis de leur structure annulaire capillaire (4) à fibres libres (5) sont branchés en cul-de-sac sur le collecteur (15) d'évacuation en
30 phase liquide du fluide de travail, également muni de ladite structure annulaire capillaire, le collecteur (13) d'amenée en phase vapeur du fluide de travail étant relié auxdits tubes d'échange (14) par l'intermédiaire de conduits (16) engagés dans le débouché des tubes d'échange coaxialement à
35 ceux-ci.

11. Procédé d'obtention et de mise en place, dans les éléments tubulaires d'échange, d'une structure capillaire suivant la revendication 6 et l'une des revendications 2 à 4, caractérisé en ce qu'il consiste à enrouler en hélice en

continu sur un mandrin cylindrique (19) une nappe (20) de
fils à ressort ou analogues (21) jointifs, à entourer en
continu ladite nappe en hélice d'un manchon formé d'une nappe
(22) de fibres (5) parallèles à l'axe de l'hélice et consti-
5 tuant la structure capillaire et à introduire en continu à
l'intérieur d'un tube (3) dont la paroi interne est striée ou
non, les deux nappes coaxiales susdites, le tube (3) et les
deux nappes (20,22) défilant à la même vitesse relativement
audit mandrin (19), le diamètre dudit manchon au droit du
10 mandrin (19) étant sensiblement inférieur au diamètre interne
du tube en sorte que par élasticité de ladite hélice, les-
dites fibres (5) de la structure capillaire soient plaquées
et maintenues contre la paroi interne dudit tube.

12. Procédé suivant la revendication 11, caractérisé
15 en ce que les deux nappes coaxiales (20,22) quittent le man-
drin (19) et sont introduites à l'intérieur d'un tube (3) en
cours d'extrusion par l'intermédiaire d'un manchon (23) pro-
longeant ledit mandrin (19), intégré dans la tête d'extrusion
(24) et débouchant à l'intérieur du tube (3) à la naissance
20 de celui-ci.

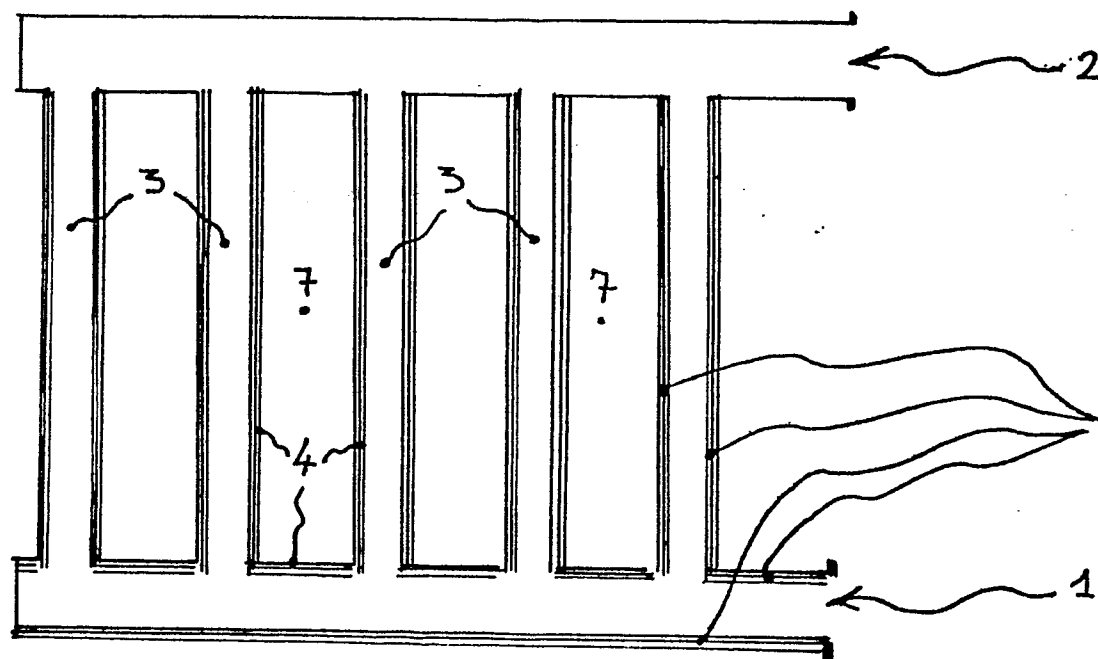


Figure: 1

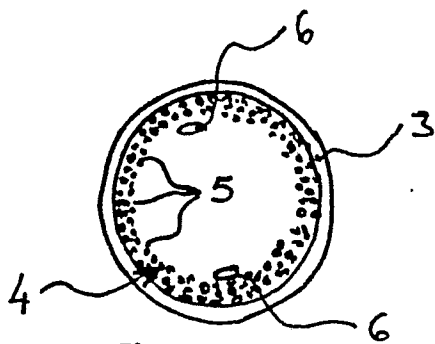


Fig 2

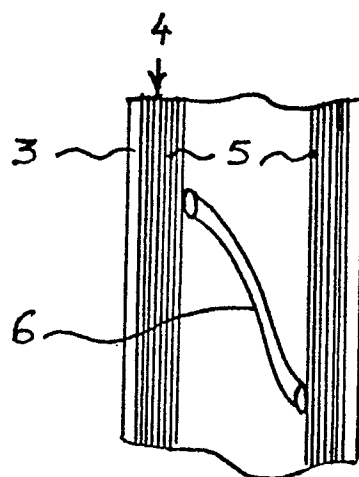


Fig 3

