



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt : **94870012.5**

(51) Int. Cl.⁵ : **F28F 1/12, F28F 19/06**

(22) Date de dépôt : **26.01.94**

(30) Priorité : **27.01.93 BE 9300085**

(43) Date de publication de la demande :
03.08.94 Bulletin 94/31

(84) Etats contractants désignés :
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**

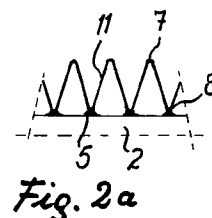
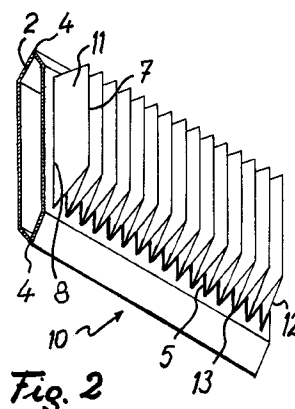
(71) Demandeur : **HAMON-LUMMUS B.V.**
Martinus Nijhofflaan, 2
NL-2624 ES Delft (NL)

(72) Inventeur : **Vouche, Michel Louis Simon**
19, rue Guillaume Stock
B-1050 Bruxelles (BE)

(74) Mandataire : **Overath, Philippe et al**
Cabinet Bede,
Place de l'Alma, 3
B-1200 Bruxelles (BE)

(54) **Tubes à ailettes et procédé pour leur fabrication.**

(57) Le tube à ailette est constitué d'un tube (2) présentant des surfaces planes et pourvues extérieurement d'ailettes (11), sous forme de tôles ondulées présentant des génératrices externes (7) et des génératrices internes (8) ainsi que deux arêtes situées aux extrémités des génératrices des ailettes et est caractérisé en ce qu'au moins une des arêtes (12) des tôles ondulées est biseautée par rapport au plan desdites surfaces planes.



La présente invention se rapporte aux tubes à ailettes et, plus particulièrement, aux échangeurs de chaleur entre deux fluides sans contact direct entre ces fluides, constitués de tubes à ailettes galvanisés, le fluide intérieur aux tubes étant soit un liquide, soit un gaz se condensant, notamment la vapeur d'eau saturante, le fluide externe aux tubes étant un gaz, notamment l'air atmosphérique.

L'invention se rapporte également au procédé de fabrication de ces tubes à ailettes.

Les tubes ailetés considérés ici sont réalisés en acier galvanisé et ont une section allongée dont les deux côtés longs opposés présentent des surfaces rectilignes. Ces tubes sont normalement droits, c'est-à-dire non courbés, présentant donc deux faces opposées planes; ces tubes sont dits plats. Ces faces planes sont pourvues extérieurement d'ailettes sinueuses constituées par des tôles fines ondulées. Il y a une tôle ondulée par face de tube. Un tube à ailettes peut être constitué par le soudage de deux tôles profilées pourvues des ailettes sinueuses. On peut également souder les tôles ondulées directement sur un tube plat. Après réalisation du tube aileté, voire après constitution de batteries de tubes, a lieu la galvanisation de l'ensemble par immersion dans un bain de galvanisation à chaud.

Le concept d'échangeur de chaleur où les ailettes sinueuses sont appliquées sur des tubes plats est déjà mentionné dans le brevet US 2 063 757 de General Motors du 29 décembre 1934. C'est l'échangeur de chaleur qui constitue classiquement les radiateurs de véhicules automobiles.

Depuis lors de nombreux brevets se rapportent à de tels types d'échangeurs. Chaque ailette peut s'étendre sur plusieurs tubes plats, comme représenté à la figure 4 du brevet EP-B 325 844 de Modine ou sur un seul tube, comme représenté à la figure 6 du même brevet.

Dans ce brevet, chaque ailette est appliquée entre deux tubes, les creux de l'ondulation de l'ailette étant reliés à un tube, tandis que les sommets de l'ondulation sont reliés à l'autre tube. Mais il existe aussi des échangeurs où chaque tube possède ses propres ailettes, une sur chaque face. C'est le cas de l'échangeur de chaleur décrit dans le brevet US 4 256 177 de Modine.

La figure 2 de ce brevet représente un tube à ailettes typique de l'art connu auquel notre invention se rapporte.

Un matériau industriel très courant est l'acier galvanisé, bon marché et résistant relativement bien à la corrosion atmosphérique.

La galvanisation des tubes plats à ailettes sinueuses pose un problème dû à la rétention par capillarité de quantités trop grandes de zinc à l'arête inférieure des ailettes, lorsqu'on retire les tubes du bain de galvanisation.

Les tubes sont retirés en position horizontale des

bains de galvanisation, les parois des ailettes étant disposées verticalement (chenaux d'air verticaux dans les ailettes). Lorsqu'une ailette quitte la surface du bain de zinc, un bourrelet de zinc (bavure) reste accroché à son arête inférieure, par effet de capillarité, de tension de surface, voire un voile de zinc peut obturer les lumières entre ailettes et tubes.

Ces bourrelets de zinc entravent le passage de l'air dans les chenaux des ailettes et augmentent fortement les pertes de charge aérauliques.

Quant à araser l'arête inférieure des ailettes pour en supprimer les bavures de zinc, c'est un travail très onéreux. Quant à l'électrozingage, il donne des épaisseurs de zinc beaucoup trop faibles, de l'ordre du micron, alors que l'on recherche une épaisseur d'au moins 60 microns. Il en est de même avec des tôles préalablement zinguées, telles que les tôles du procédé Zenzimir où l'épaisseur de zinc ne peut atteindre que quelques dizaines de microns, inférieures à 60 microns.

De plus, ces procédés de zingage ne permettent pas d'avoir aux pieds des ailettes, c'est-à-dire au contact entre la tôle sinueuse et la face du tube, la bonne quantité de zinc que donne la galvanisation à chaud à plein bain, avec sa rétention de zinc dans les angles très aigus formés entre la tôle sinueuse et la face des tubes, assurant un excellent transfert thermique (pont thermique).

Il y a deux moyens connus pour réduire, voire pratiquement supprimer, les bourrelets de zinc aux extrémités des ailettes.

Un procédé consiste à élever la température du bain de zinc d'une centaine de degrés et à galvaniser ainsi vers 550°C au lieu de 450°C. Le zinc est nettement plus fluide, moins visqueux, plus mouillant. Sa viscosité et sa tension superficielle sont plus faibles. Les épaisseurs de zinc sont plus régulières, et notamment les surépaisseurs de zinc aux arêtes inférieures des pièces à la sortie des bains sont négligeables. Mais de telles installations sont beaucoup plus coûteuses en investissements; en effet, les cuves ne peuvent plus être en acier, mais doivent être en céramique. La consommation d'énergie est également beaucoup plus importante, à cause de la déperdition calorifique nettement plus grande à 550°C qu'à 450°C.

De telles installations sont plus rares à travers le monde, voire inexistantes dans les pays peu développés, où il peut être intéressant de fabriquer les tubes à ailettes, avec des machines aisément transportables dans ces pays, et où il faudrait terminer l'ouvrage par une galvanisation à faire au voisinage du lieu où s'est effectuée la fabrication. Enfin, une température plus élevée augmentant la fluidité du zinc donne une plus faible épaisseur de zinc qu'à plus basse température, de l'ordre de 40 à 50 microns au lieu de 60 à 70 microns couramment obtenus à 450°C.

L'autre procédé donnant moins de bavures de

zinc consiste à ajouter au zinc davantage d'additifs, notamment de l'aluminium ou du plomb, afin d'en diminuer la viscosité. Il en résulte comme pour la galvanisation à haute température une moindre épaisseur de zinc sur la pièce galvanisée. Le procédé est également plus coûteux (coût des additifs), et la conduite de la galvanisation (contrôle des bains) plus délicate.

L'invention a pour but de permettre une galvanisation à chaud des tubes plats à ailettes sinueuses exempte de bourrelets ou bavures de zinc aux arêtes inférieures des ailettes (dans la position de retrait du bain de galvanisation), dans les bains courants (classiques) de galvanisation à chaud, c'est-à-dire dans des bains à 445 à 460°C, sans additifs spéciaux, bains tels qu'il s'en présente couramment à travers le monde.

La galvanisation des tubes plats à ailettes sinueuses selon l'invention ne nécessite ni de bains de galvanisation spéciaux, ni de techniques spéciales de galvanisation. A cet effet, un tube à ailettes galvanisé selon l'invention est constitué d'un tube présentant des surfaces planes et pourvues extérieurement d'ailerettes, sous forme de tôles fines ondulées présentant des génératrices externes et des génératrices internes ainsi que deux arêtes, une supérieure et une inférieure, situées aux extrémités des génératrices des ailettes, dont au moins une des deux, l'arête inférieure, est biseautée selon un angle α par rapport au plan longitudinal des faces planes du tube.

L'invention consiste donc à biseauter une des extrémités des ailettes sinueuses et à constituer chaque tube à ailettes de telle sorte que les ailettes des tubes aient toutes leurs parties biseautées du même côté, qui est le côté inférieur lors de la galvanisation.

Pareillement, si la galvanisation a lieu par batterie de tubes plats à ailettes sinueuses, plutôt que tube par tube, tous les tubes d'une même batterie sont disposés de telle sorte qu'ils présentent la partie biseautée de leurs ailettes du même côté, qui sera le côté bas lors de la galvanisation.

On décrira ci-après un exemple de réalisation de l'invention en se référant aux dessins annexés dans lesquels:

- la figure 1 représente une vue en perspective d'un tube plat à ailettes sinueuses selon l'art connu;
- la figure 1a est une vue de dessous, illustrant les sections de passage d'air entre les ailettes selon la figure 1 après galvanisation;
- la figure 2 représente une vue en perspective d'un tube plat à ailettes sinueuses galvanisé selon l'invention;
- la figure 2a est une vue de dessous, illustrant les sections de passage d'air entre les ailettes galvanisées selon la figure 2;
- la figure 3 représente une coupe transversale dans le tube d'échange de chaleur à ailettes si-

nueuses selon l'invention;

- la figure 3a est une vue en coupe selon la ligne AA dans la figure 3;
- la figure 4 représente le profil de l'arête de découpe de l'outil (poinçon) de biseautage de la tôle plane des ailettes non encore ondulée.

Sur la figure 1 on a représenté un ensemble d'un tube à ailettes 1 selon la technique connue. Le tube plat est composé de deux tôles profilées 2 constituant les demi-tubes reliés aux extrémités 4 par soudure sur toute la longueur du tube assurant l'étanchéité. La section plane d'un demi-tube 2 est pourvue d'une tôle ondulée formant les ailettes sinueuses 3 avec génératrices externes 7 et génératrices internes 8. Ces ailettes 3 sont soudées sur le côté extérieur et plan du demi-tube 2 par leur génératrice interne 8. Lors de la galvanisation, cet ensemble 1 est immergé et retiré dans une position telle que représentée à la figure 3, c'est-à-dire le tube plat 2, en position horizontale, et les ailettes 3 avec les génératrices 7 et 8, en position verticale.

La figure 1a, représentant une vue de face du côté inférieur des ailettes 3, montre la formation de bourrelets de zinc 6 après solidification, ne laissant qu'un passage fortement obstrué 9, voire complètement bouché pour l'air de refroidissement. Ces bourrelets de zinc 6 résultent de la galvanisation à chaud dans un bain normal, c'est-à-dire à une température de 445 à 460°C, sans additifs.

La figure 2 montre un ensemble 10 réalisé selon l'invention avec un tube plat 2 constitué de deux demi-tubes soudés dont un côté extérieur est pourvu d'ailerettes sinueuses 11. Conformément à l'invention, une des arêtes de ces ailettes 11 présente une partie biseautée 12 du même côté, qui est le côté inférieur lors de la galvanisation.

L'angle α du biseau est tel que le zinc s'écoule le long de l'arête inclinée 12 sans plus y former de bourrelets ou bavures. Le seul endroit où pourrait se manifester une rétention de zinc est la pointe inférieure 13 des ondulations de l'ailette en contact avec le tube, ce qui n'entrave nullement le passage de l'air, parce que cette surépaisseur est très locale, ponctuelle, et parce que le biseau agrandit nettement les orifices des chenaux d'air entre ailettes sinueuses et tubes.

En outre, les bourrelets de zinc 5 situés au pied des ailettes, le long des génératrices internes 8, résultant de la galvanisation réalisent un pont thermique très favorable entre le tube 2 et ses ailettes 11.

De préférence le biseau se présente, vu en coupe, transversalement aux tubes, sous forme rectiligne avec un angle α de 30° entre l'arête biseautée vue en coupe et la face du tube (voir figure 3). Cet angle α , de préférence constant, peut être compris entre 15 et 60°. Mais cet angle peut aussi varier le long du biseau.

Sur la figure 3 on a montré la position de l'ensem-

ble du tube à ailettes 10 selon l'invention, avant immersion dans un bain 14 rempli de zinc 15 à une température d'environ 450°C.

L'invention couvre également un procédé de fabrication de tube à ailettes 10 selon l'invention et plus particulièrement la réalisation des ailettes biseautées.

Comme montré sur la figure 4, les biseaux 12 sont réalisés par découpe 16 dans la tôle 17 des ailettes avant la mise en forme (ondulation) de cette tôle, c'est-à-dire par découpe à plat du feuillard. L'outil de découpe a une arête de découpe dont le profil est sinueux. Le profil de l'arête de découpe 16 doit correspondre judicieusement au profil des ondulations des ailettes pour que le biseau se présente en coupe transversale sous forme rectiligne. Notamment la découpe est triangulaire si le profil des ailettes est triangulaire. Elle est sinusoïdale s'il est sinusoïdal. Sinon, l'arête biseautée des ailettes vue en coupe transversale est courbe, voire ondulée, ce qui est toutefois acceptable et satisfait aux buts de l'invention pour autant que les angles entre les tangentes locales à l'arête biseautée sinueuse et la face du tube soient suffisamment aigus pour permettre l'écoulement aisé du zinc.

L'ensemble des opérations de fabrication de batteries galvanisées de tubes plats à ailettes sinueuses se déroule normalement selon le processus suivant:

- en ce qui concerne les ailettes:
 - a) découpe sinueuse à plat d'un côté du feuillard 17 constituant les ailettes, destinée à former le futur biseau;
 - b) ondulation du feuillard, en correspondance (synchronisme) avec la sinuosité de la découpe 16 précédente du biseau 12.
- en ce qui concerne le tube:
 - découpe et mise en forme des tôles des demi-tubes 2;
 - soudage des ailettes 11 sur le côté extérieur des demi-tubes 2;
 - assemblage par soudage en 4 des demi-tubes 2 pour constituer les tubes entiers à ailettes 10;
 - assemblage des ensembles de tubes à ailettes en batteries;
 - galvanisation des batteries de tubes à ailettes, les génératrices des ailettes ondulées étant disposées verticalement, biseaux 12 situés en bas, comme représenté à la figure 3.

Un autre avantage du biseautage des ailettes est la possibilité de peinture par trempage des batteries galvanisées de tubes plats à ailettes sinueuses, sans formation de bourrelets de peinture aux arêtes inférieures (dans la position de retrait du bain de peinture) des ailettes.

Revendications

1. Tube à ailettes constitué d'un tube (2) présentant des surfaces planes et pourvues extérieurement d'ailettes (11), sous forme de tôles ondulées présentant des génératrices externes (7) et des génératrices internes (8) ainsi que deux arêtes situées aux extrémités des génératrices des ailettes, caractérisé en ce qu'au moins une des arêtes (12) des tôles ondulées est biseautée par rapport au plan desdites surfaces planes.
2. Tube à ailettes selon la revendication 1, caractérisé en ce que les ailettes du tube aient toutes leurs arêtes biseautées (12) du même côté, qui est le côté inférieur lors d'une opération de traitement par immersion (dans un produit liquide ou pâteux).
3. Tube à ailettes selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'arête biseautée (12) se présente, vue en coupe, transversalement au tube sous forme rectiligne avec un angle (α) constant compris entre 15 et 60° entre l'arête biseautée vue en coupe et la face plane du tube (2).
4. Tube à ailettes selon la revendication 3, caractérisé en ce que le biseau (12) se présente sous un angle (α) de 30°.
5. Tube à ailettes selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'arête biseautée (12) se présente, vue en coupe, transversalement au tube sous forme curviligne, les angles entre les tangentes locales à l'arête biseautée vue en coupe et la face plane du tube étant compris entre 15 et 60°.
6. Procédé de fabrication d'un tube à ailettes selon les revendications 1 à 5, caractérisé par les étapes suivantes:
 - découpe sinueuse à plat d'un côté du feuillard constituant les ailettes;
 - ondulation du feuillard en correspondance avec la découpe sinueuse;
 - découpe et mise en forme des tôles constituant les demi-tubes;
 - soudure des ailettes de la tôle ondulée sur le côté extérieur des demi-tubes;
 - assemblage par soudage des demi-tubes pour constituer un tube entier à ailettes.
7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé par l'étape additionnelle d'assemblage d'ensembles de tubes à ailettes en batteries.
8. Procédé selon la revendication 6 ou 7 pour la fabrication de tubes à ailettes, caractérisé en ce

qu'on effectue une immersion complète de l'ensemble de tubes à ailettes dans un bain de produits liquides ou pâteux, les génératrices externes et internes des tôles ondulées étant disposées verticalement avec l'arête bisautée située vers le bas. 5

9. Procédé selon la revendication 6 ou 7 pour la fabrication de tubes à ailettes galvanisés, caractérisé en ce qu'on effectue une immersion complète de l'ensemble des tubes à ailettes dans un bain de zinc à une température comprise entre 445 et 460°C, sans y ajouter davantage d'additifs, les génératrices externes et internes des tôles ondulées étant disposées verticalement avec l'arête biseautée située vers le bas. 10 15

20

25

30

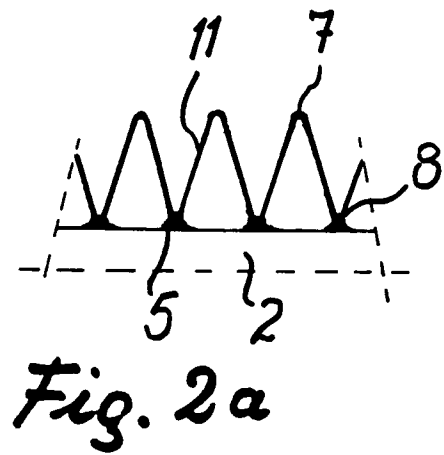
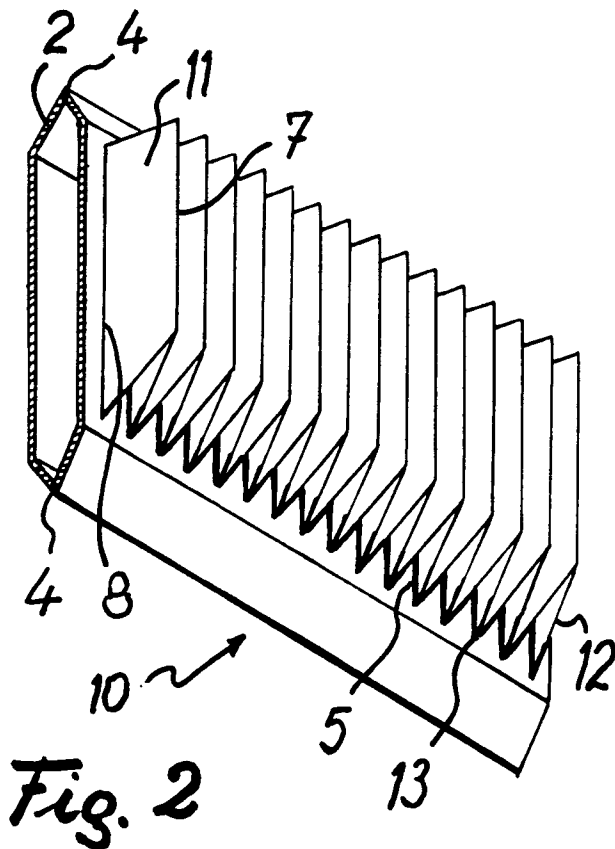
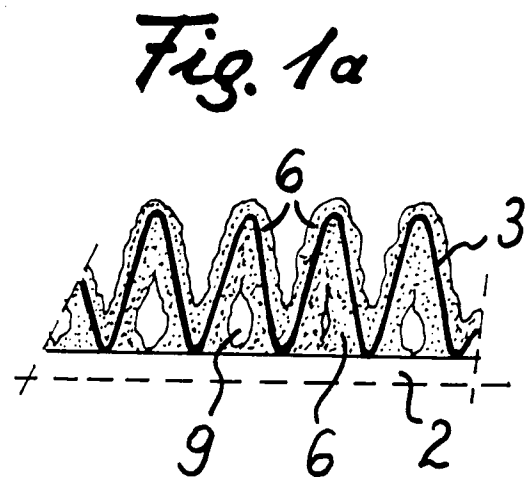
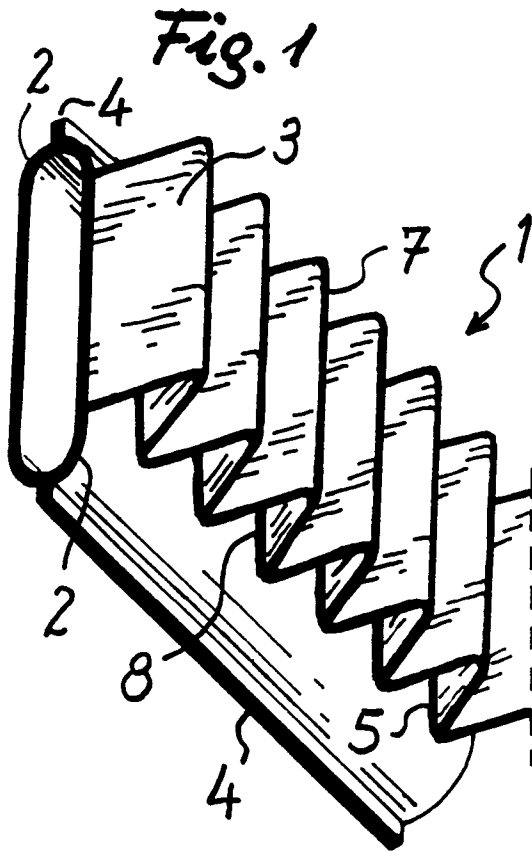
35

40

45

50

55



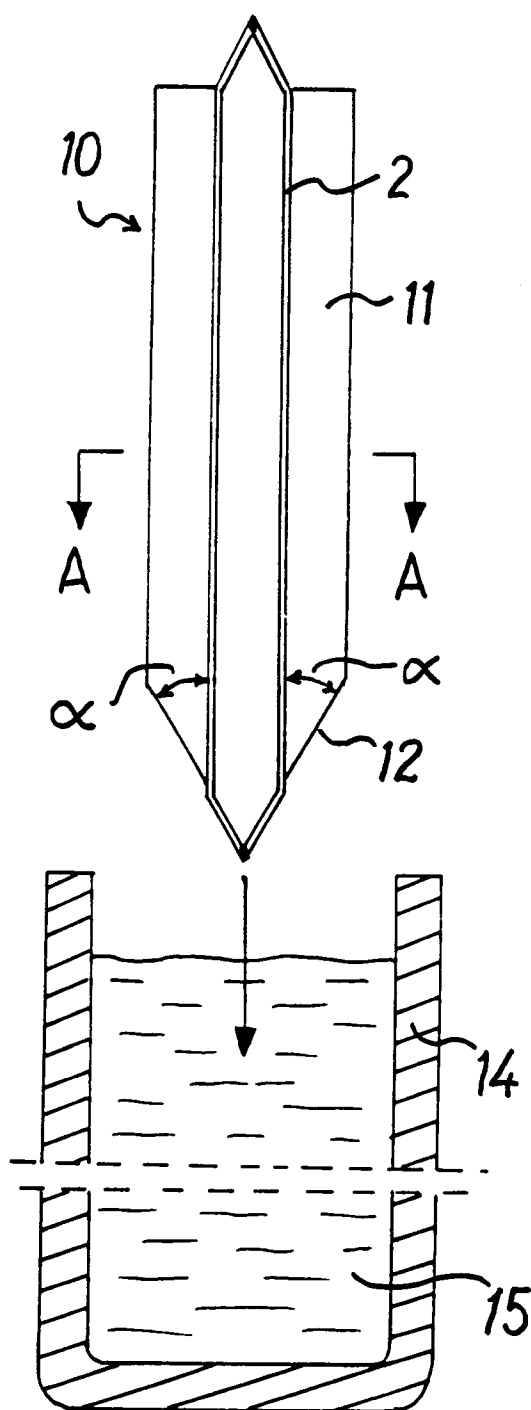


Fig. 3

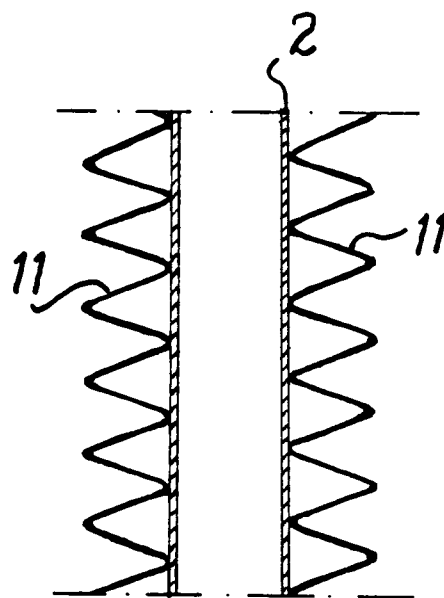


Fig. 3a

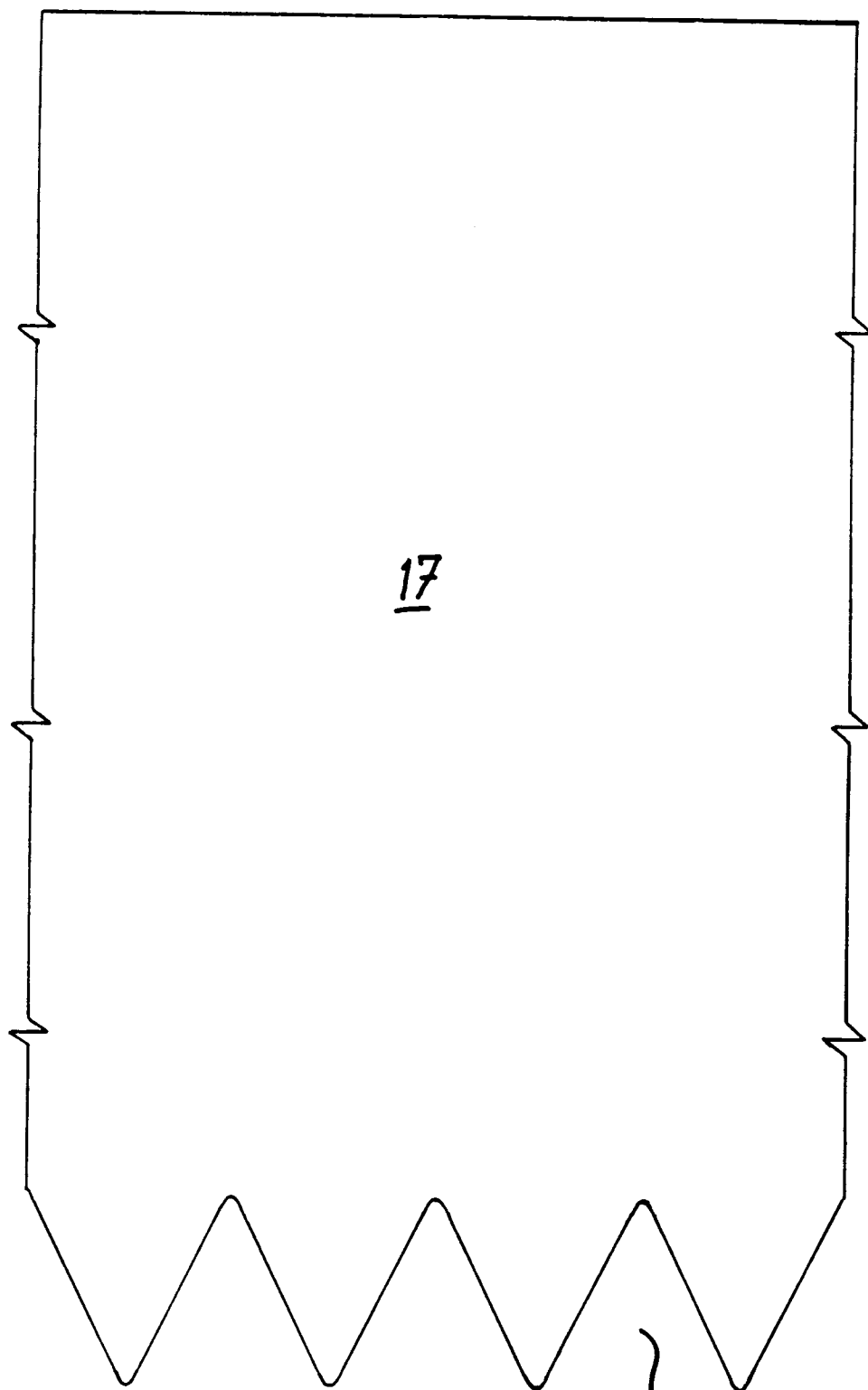


Fig. 4



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 94 87 0012

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.5)
A	US-A-4 171 015 (BUCEY ET AL.) * le document en entier * ---	1	F28F1/12 F28F19/06
A	GB-A-1 273 141 (THE GLACIER METAL COMPANY LTD.) * le document en entier * ---	1	
A	FR-A-2 323 118 (BORG-WARNER) * le document en entier * ---	1	
A	GB-A-2 124 659 (GKN BIRWELCO LTD.) * le document en entier * ---	1	
P,X	US-A-5 236 045 (JANEZICH ET AL.) * le document en entier * -----	1-5	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.5)
			F28F C23C B21C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 2 Juin 1994	Examineur Smets, E
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM L503 03.82 (P04C02)