

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 701 680 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

08.01.1997 Bulletin 1997/02

(21) Numéro de dépôt: **94917707.5**

(22) Date de dépôt: **02.06.1994**

(51) Int Cl.⁶: **F28F 1/42**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR94/00646

(87) Numéro de publication internationale:
WO 94/29661 (22.12.1994 Gazette 1994/28)

(54) **TUBES RAINURES POUR ECHANGEURS THERMIQUES D'APPAREILS DE
CONDITIONNEMENT D'AIR ET DE REFRIGERATION, ET ECHANGEURS CORRESPONDANTS**

**RIPPENRÖHRE FÜR WÄRMETAUSCHER FÜR KLIMA UND KÜHLUNGSANLAGEN UND
ENTSPRECHENDE WÄRMETAUSCHER**

**GROOVED TUBES FOR HEAT EXCHANGERS USED IN AIR CONDITIONING AND COOLING
APPARATUSES, AND CORRESPONDING EXCHANGERS**

(84) Etats contractants désignés:
BE DE ES GB GR IE IT LU NL SE

(30) Priorité: **07.06.1993 FR 9307021**

(43) Date de publication de la demande:
20.03.1996 Bulletin 1996/12

(73) Titulaire: **TREFIMETAUX
92400 Courbevoie (FR)**

(72) Inventeurs:
• **MESSANT, Michel
F-78000 Versailles (FR)**

• **PINET, Véronique
F-92000 Nanterre (FR)**
• **PREDKI, René
F-08600 Landrichamps (FR)**

(74) Mandataire: **Pigasse, Daniel et al
Pechiney,
Service Brevets,
28, rue de Bonnel
69433 Lyon Cedex 03 (FR)**

(56) Documents cités:
EP-A- 0 305 632 EP-A- 0 518 312
DE-U- 8 531 100

EP 0 701 680 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

DOMAINE DE L'INVENTION

L'invention concerne le domaine des tubes servant à fabriquer des échangeurs thermiques d'appareils de conditionnement d'air et de réfrigération ou pour toute autre application de chauffage ou de refroidissement, tubes contribuant à assurer l'échange thermique entre un fluide circulant dans ces tubes et l'atmosphère circulant dans lesdits échangeurs.

L'invention concerne aussi lesdits échangeurs, qui comprennent généralement un assemblage de tubes en cuivre, aluminium ou acier, généralement en épingles (portions droites + coudes), et de plaques, appelées ailettes, en cuivre ou aluminium, en contact thermique avec lesdits tubes et généralement perpendiculaires auxdites portions droites des tubes et offrant une grande surface d'échange avec ladite atmosphère.

ART ANTERIEUR

On connaît déjà de très nombreuses variantes de tubes, généralement de tubes de cuivre et alliages de cuivre, et de moyens pour améliorer les échanges thermiques entre le fluide circulant dans le tube et l'atmosphère extérieure.

A titre d'illustration de ces variantes, on peut citer le brevet US-A-4 480 684 ainsi que les demandes européennes EP-A-148 609 et EP-A-0 518 312 qui décrivent des tubes rainurés intérieurement.

Dans le brevet US-A-4 480 684, les rainures sont caractérisées par la combinaison des moyens suivants :

- rainures spiralées avec un angle d'hélice, par rapport à l'axe du tube compris entre 16° et 35°,
- rainures dont la profondeur est comprise entre 0,1 et 0,6 mm,
- rainures dont le pas est compris entre 0,2 et 0,6 mm,
- rainures à section en "V" d'angle compris entre 50° et 100°. Les figures 2 et 6 de ce brevet illustrent respectivement un échangeur et une portion de profil de tube selon une coupe perpendiculaire à l'axe du tube montrant des rainures en "V" séparées par des nervures en "V" de même angle, dit angle d'apex (alpha).

La demande européenne EP-A-148 609 décrit aussi des tubes rainurés, dont les rainures hélicoïdales sont de section trapézoïdale et les nervures de section triangulaire, tubes caractérisés par la combinaison des moyens suivants :

- le rapport de la profondeur H de ces rainures - ou la hauteur H des nervures - au diamètre intérieur Di du tube est compris entre 0,02 et 0,03,
- l'angle d'hélice de ces rainures est compris entre 7° et 30°,
- le rapport de section transversale S de la rainure par rapport à la profondeur H est compris entre 0,15 et 0,40 mm,
- l'angle d'apex d'une nervure est compris entre 30° et 60°.

Enfin, la demande EP-A-0 518 312 décrit un tube tel que défini dans le préambule de la revendication 1.

PROBLEME POSE

L'homme du métier connaît depuis longtemps l'intérêt de tubes rainurés pour augmenter l'échange thermique entre le fluide qui circule à l'intérieur du tube et le tube lui-même.

L'homme du métier sait que, pour un tube de cuivre typique de 9,52 mm de diamètre extérieur, il est préférable d'avoir des nervures / des rainures hélicoïdales (angle d'hélice compris entre 10 et 30°), en nombre suffisant (de 45 à 65). Cependant, si ces caractéristiques semblent émerger de l'analyse de l'art antérieur par l'homme du métier, par contre, pour beaucoup d'autres caractéristiques relatives à la forme précise des nervures et rainures, l'art antérieur n'offre pas une image unie, un enseignement homogène, vers lequel pourrait aller l'homme du métier pour obtenir à coup sur un tube échangeur doté de performances élevées.

Par ailleurs, dans le cadre de ses travaux pour mettre au point des batteries compactes à contact thermique amélioré entre tubes et ailettes, la demanderesse a utilisé des moyens, connus en eux-mêmes, pour cintrer les tubes rainurés de l'art antérieur et pour les serrer aux ailettes, typiquement à l'aide d'un mandrin circulant à l'intérieur du tube, de manière à provoquer une légère expansion du tube contre le bord des orifices des ailettes et ainsi obtenir un excellent contact thermique sans faire appel à des techniques de soudure ou brasage onéreuses.

La demanderesse a constaté, par des examens sur des coupes de tubes sertis (tube standard à 60 nervures en "V"), un écrasement des nervures, qui se traduit par une diminution importante de la profondeur H et de la section S de la rainure :

	avant sertissage	après sertissage
H	0,20 mm	0,13 mm
S	0,060 mm ²	0,024 mm ² (- 60%)

En ce qui concerne l'échange thermique entre le fluide circulant dans le tube et le tube lui-même, les mesures comparatives effectuées sur des portions de tubes, avant et après sertissage, ont confirmé la dégradation des performances après sertissage, due à la diminution de 60% de la section S.

Ainsi, la demanderesse en est arrivée à la conclusion, selon laquelle considérer et optimiser les performances d'un tube en lui-même ne serait pas d'une grande utilité, si l'on ne prenait pas aussi en compte les déformations des nervures / rainures susceptibles de se produire durant l'assemblage des tubes et des ailettes.

La demanderesse a donc recherché un profil de rainure / nervure optimisé tenant compte du sertissage, et permettant donc de limiter les effets néfastes du sertissage, sertissage qui a par ailleurs des effets bénéfiques sur l'échange thermique entre le tube et les ailettes, et qui constitue une technique économique d'assemblage.

DESCRIPTION DE L'INVENTION

Le tube, premier objet de l'invention, destiné à la fabrication d'échangeurs de chaleur par sertissage dudit tube avec des ailettes, de diamètre extérieur D_e compris entre 3 et 30 mm, est rainuré intérieurement par n nervures hélicoïdales, avec n compris entre 35 et 90, d'angle d'hélice compris entre 5 et 50°, d'angle d'apex (α) compris entre 30 et 60°, et est caractérisé en ce que lesdites nervures forment un profil périodique comprenant au moins deux nervures, de hauteur différente, l'une dite "haute" de hauteur H_h , et l'autre dite "basse" de hauteur H_b , avec un rapport H_b/H_h compris entre 0,40 et 0,97, chaque nervure "haute" étant comprise entre deux rainures à fond plat.

On appelle profil périodique la succession de nervures et d'ailettes qui est reproduite régulièrement à chaque pas p .

Les essais réalisés par la demanderesse ont montré qu'un rapport H_b/H_h , même seulement légèrement inférieur à 1, suffit déjà pour obtenir un effet significatif. Mais, de préférence, ce rapport H_b/H_h est compris entre 0,6 et 0,95, la capacité d'échange thermique du tube après sertissage des ailettes diminuant en dehors de ces limites, et diminuant encore plus en dehors des limites 0,40-0,97.

La solution trouvée comprend, de manière générique, deux moyens essentiels constitués, d'une part, par un profil périodique comprenant au moins deux nervures de hauteur différente (H_h et H_b), et d'autre part, par le fait que chaque nervure "haute" est comprise entre deux rainures à fond plat ayant une section d'aire S .

Ces deux éléments sont essentiels pour l'invention, pour obtenir, après sertissage des tubes rainurés et des ailettes, des tubes dont les rainures à fond plat présentent une section d'aire $S' < S$, mais de valeur suffisante pour obtenir un échange thermique efficace.

De manière imprévue, la demanderesse a observé que le profil périodique selon l'invention était favorable en ce qui concerne les performances d'échange thermique après assemblage des tubes (parties droites et coudées) et des ailettes par sertissage.

En effet, le fait de différencier les nervures par leur hauteur, qui conduit à leur conférer des fonctions différentes lors du sertissage (les nervures "hautes" ont une fonction "protectrice" ou "sacrificielle", les nervures "basses" étant elles "protégées") ne laissait pas présager les résultats obtenus selon l'invention.

Ainsi, la demanderesse ne s'est pas contentée d'optimiser la configuration intérieure des tubes considérés en eux-mêmes par leurs propriétés d'échange thermique (en évaporation ou en condensation), elle a pris en considération à la fois la fabrication des tubes eux-mêmes, ainsi que celle des échangeurs correspondants par assemblage de tubes et d'ailettes à l'aide d'un mandrin de sertissage. C'est dans ce cadre-là que l'invention constitue une solution efficace au problème posé.

DESCRIPTION DES FIGURES

Les figures 1a et 1b représentent une portion de coupe transversale d'un tube rainuré (1) de l'art antérieur, coupe perpendiculaire à l'axe du tube, la partie claire de la photo sur fond noir correspondant au tube.

A la figure 1a, le tube (1) présente des nervures (2) de section triangulaire et d'angle d'apex voisin de 90°, formant entre elles des rainures de section sensiblement triangulaires.

A la figure 1b, les nervures (2), de section sensiblement triangulaire et d'angle d'apex voisin de 50°, forment entre elles des rainures de section trapézoïdale.

La figure 2 est relative à l'art antérieur et correspond à la figure 1b, après sertissage d'un tube dans les ailettes lors de l'assemblage d'une batterie, avec des nervures (20) aplaties et déformées, la partie claire de la photo sur fond noir correspondant au tube.

La figure 3a représente une portion de coupe transversale d'un tube rainuré (1) selon l'invention, coupe perpendiculaire à l'axe du tube, la partie claire de la photo sur fond noir correspondant au tube. Il est formé par une alternance de nervures "hautes" (2h) et de nervures "basses" (2b).

La figure 3b est le schéma correspondant à la photo 3a, sur lequel sont repérées les deux types de nervures (2h et 2b) de hauteur respective H_h et H_b , les rainures (3) de section ayant une aire S , le diamètre extérieur D_e et l'épaisseur E_p du tube (épaisseur à fond de rainure).

On a indiqué le pas p dudit profil périodique constitué par la succession : nervure "haute" (2h) / rainure à fond plat (3) / nervure "basse" (2b) / rainure à fond plat (3) / etc...

Ce profil peut être symbolisé par "h/b" où h désigne une nervure "haute" et b une nervure "basse", si on limite la description aux nervures.

Les figures 4a et 4b correspondent aux figures 3a et 3b, mais après sertissage des ailettes et du tube. La nervure (2h) (avant sertissage) est devenue, après sertissage, la nervure trapézoïdale (20h) de hauteur H_h' , avec $H_h' < H_h$ et de même, la nervure référencée (20b) correspond à la nervure initiale (2b), le sertissage ne l'ayant pratiquement pas altérée ($H_b' = H_b$).

On a représenté sur la figure 4b, la nouvelle rainure (30) dont la section présente une aire $S' < S$.

Les figures 5a à 5c, analogues à la figure 4b, représentent différentes modalités de l'invention. On a représenté sur les mêmes figures le profil des nervures (2h) et (2b) avant sertissage (en trait épais) et le profil des nervures (20h) et (20b) après sertissage (en trait mince) avec les largeurs à mi-hauteur correspondantes L_h et L_b , ainsi que les aires S et S' des sections des rainures (3) et (30), respectivement avant et après sertissage.

A la figure 5a, la nervure (2h) est trapézoïdale, et après sertissage, $H_h' > H_b'$ avec $H_b' = H_b$.

A la figure 5b, la nervure (2h) (angle d'apex de 50°) est triangulaire, la nervure (2b) (angle d'apex 30°) également. Après sertissage, H_h' est voisin de H_b' , avec $H_b' = H_b$.

A la figure 5c, les nervures (2h) et (2b) sont triangulaires. Après sertissage, H_h' est voisin de H_b' et $H_b' < H_b$.

Les figures 6a et 6b représentent, en coupe selon l'axe du tube rainuré (1), le sertissage d'ailettes (4) à l'aide d'un mandrin (5), respectivement avant le début du sertissage et en cours de sertissage.

Les figures 7a et 7b représentent schématiquement différents profils selon l'invention.

Ces figures représentent un profil de type h/b/b, avec les conventions définies à la figure 3b, avec, entre les deux nervures "basses" (2b), une rainure trapézoïdale à fond plat dans le cas de la figure 7a, et une nervure triangulaire dans le cas de la figure 7b. Dans tous les cas, chaque nervure "haute" (2h) est comprise entre deux rainures à fond plat (3).

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

De préférence, ledit profil périodique comprend l'alternance, symbolisée par h/b d'une nervure "haute" (2h) et d'une nervure "basse" (2b), comme représenté aux figures 3a et 3b, ou la succession, symbolisée par h/b/b, d'une nervure "haute" et de deux nervures "basses", comme représenté aux figures 7a et 7b.

Parmi les profils h/b et h/b/b, on préfère le profil h/b, avec une alternance de nervures "hautes" (2h) et "basses" (2b), qui forment entre elles des rainures (3) à fond plat.

L'invention s'applique à des tubes de diamètre extérieur D_e très différent pouvant aller de 3 à 30 mm. La hauteur H_h des nervures "hautes" variera avec D_e , mais pas nécessairement proportionnellement.

D'une manière générale, pour conserver l'efficacité optimum des tubes rainurés après sertissage, il faut que le rapport H_h/D_e soit compris entre 0,003 et 0,05, et de préférence compris entre 0,015 et 0,04.

Selon une modalité de l'invention, ladite nervure "haute" (2h) présente une section sensiblement triangulaire de hauteur H_h . Comme illustré sur les figures 3a et 3b, on entend par section sensiblement triangulaire une section dont l'angle au sommet est relativement arrondi comme le montre en particulier la figure 3a qui correspond à une coupe transversale d'un tube réel (celui décrit à l'exemple) obtenue à partir d'une photographie.

Selon une autre modalité, ladite nervure "haute" (2h) présente une section sensiblement trapézoïdale de hauteur H_h , comme représenté à la figure 5a.

De préférence, ladite nervure "basse" (2b) présente une section sensiblement triangulaire de hauteur H_b , comme on peut l'observer sur les figures 3a et 3b, et pour laquelle la remarque précédente concernant l'interprétation de l'expression "sensiblement triangulaire" s'applique aussi.

Il est avantageux, selon l'invention, de choisir des tubes dont lesdites rainures (3) à fond plat, non-trapézoïdale (car $H_h > H_b$), présentent une section d'aire S comprise entre 0,020 et 0,15 mm², et de préférence comprise entre 0,060 et 0,15 mm² dans le cas d'un tube de diamètre extérieur D_e supérieur ou égal à 7,93 mm, et de préférence comprise entre 0,020 et 0,070 mm² dans le cas d'un tube de diamètre extérieur D_e inférieur à 7,93 mm.

Ces valeurs sont obtenues typiquement pour :

* une hauteur H_b comprise entre 0,10 et 0,20 mm,

- * une hauteur Hh comprise entre 0,20 et 0,30 mm,
- * un fond plat (sensiblement plat, compte non tenu de la courbure du tube) de longueur comprise entre 0,10 et 0,20 mm, le pas (pas = somme de la longueur du fond plat, plus la demi-base de la nervure "haute", plus la demi-base de la nervure "basse") étant généralement compris entre 0,40 et 0,50 mm pour un tube standard de diamètre intérieur (à fond de rainure) de l'ordre de 8,8 mm.

Dans le cas d'un tube de plus petit diamètre (7 mm par exemple), les hauteurs Hb et Hh, la hauteur Hh en particulier, seraient diminuées (voir les exemples 5 et 6).

En ce qui concerne l'aire S, sa limite inférieure résulte de la nécessité d'avoir un échange thermique suffisamment élevé entre le fluide circulant à l'intérieur du tube et l'atmosphère extérieure.

Par contre, la limite supérieure de l'aire S résulte d'abord de considérations d'ordre géométrique, compte tenu des dimensions habituelles des tubes et du nombre n de nervures (2h, 2b).

Un second objet de l'invention est l'échangeur de chaleur formé par sertissage d'ailettes et de tubes rainurés selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 dans lequel, suite au passage d'un mandrin de sertissage à l'intérieur desdits tubes pour assembler, grâce à une expansion des tubes sous l'action du mandrin, lesdites ailettes et lesdits tubes, les nervures forment un profil périodique comprenant au 5 moins deux nervures de largeur différente, l'une, dite "large" (20h), à section trapézoïdale et à largeur à mi-hauteur Lh élevée, l'autre, dite "étroite" (20b), à section triangulaire ou trapézoïdale et à largeur à mi-hauteur Lb basse, avec un rapport (Lh-Lb)/De au moins égal à 0,003, la valeur de Lh-Lb étant généralement au moins égale à 0,03 mm pour un tube de diamètre extérieur de 9,52 mm.

On a représenté sur les figures 5a à 5c le profil des nervures et rainures avant et après sertissage : la nervure "haute" (2h) avant sertissage devient la nervure (20h) de hauteur moindre après sertissage, par contre, la nervure "basse" (2b) devient la nervure (20b) après sertissage - par symétrie de désignation - mais elle est en fait peu modifiée par le sertissage (légèrement aplatie à la figure 5c, inchangée aux figures 5a et 5b).

Dans le cas particulier où ladite rainure "basse" (2b) présente une hauteur relativement élevée, ou, ce qui revient sensiblement au même, lorsque Hh-Hb est faible, alors, après sertissage, ladite nervure "large" et ladite nervure "étroite" ont sensiblement la même hauteur ($H'h = H'b$) et ladite section d'aire S' desdites rainures à fond plat (30) est trapézoïdale.

On observe toujours une réduction de l'aire S de la section des rainures (3), aire S qui devient $S' < S$ après sertissage, mais cette réduction est limitée grâce à l'invention. Généralement, la section S' desdites rainures à fond plat (30) présente une aire comprise entre 0,015 et 0,060 mm², de préférence comprise entre 0,35 et 0,60 pour un tube de 9,52 mm de diamètre extérieur.

EXEMPLES

Tous les tubes décrits dans les exemples ont été fabriqués par un procédé connu en lui-même, utilisant un mandrin flottant rainuré extérieurement (les rainures et nervures à la surface extérieure du mandrin correspondant aux nervures et rainures à obtenir sur la surface intérieure des tubes), procédé du type de celui décrit dans le brevet US 4,373,366.

Les exemples 1, 3, 5, 6, 8 et 9 sont selon l'invention, avec un profil de tube selon les figures 3a/3b, les exemples 2, 4 et 7 étant des exemples comparatifs selon l'art antérieur.

Les tubes de tous les exemples ont été réalisés en cuivre (Cub1-DHP), conformément à la norme NFA 51123 (= ASTM B68 et 280).

EXEMPLES 1 et 2

On a fabriqué des tubes rainurés intérieurement de diamètre extérieur De de 9,52 mm et d'épaisseur Ep à fond de rainure de 0,30 mm.

AUTRES CARACTERISTIQUES	EXEMPLE 1	EXEMPLE 2
des tubes fabriqués	(invention)	(art antérieur)
Hauteur de nervure (nervure haute pour exemple 1)	0,23 mm	0,20 mm
Hauteur de nervure adjacente (nervure basse pour ex. 1)	0,16 mm	0,20 mm
Angle d'apex des nervures (alpha)	40°	50°
Angle d'hélice (beta)	18°	18°
Nombre n de nervures	60	60
Aire S d'une section de rainure	0,070 mm ²	0,060 mm ²

EP 0 701 680 B1

Ces types de tubes ont été ensuite assemblés avec des ailettes par sertissage à l'aide d'un mandrin comme représenté aux figures 6a et 6b.

On a prélevé des échantillons de tubes sertis pour examiner les caractéristiques géométriques des nervures et rainures intérieures :

CARACTERISTIQUES	EXEMPLE 1	EXEMPLE 2
après sertissage	(invention)	(art antérieur)
Hauteur de nervure ("haute" (H'h) pour ex. 1)	0,20 mm	0,13 mm
Hauteur de nervure adjacente ("basse" (H'b) pour ex. 1)	0,16 mm	0,13 mm
Largeur de nervure à mi-hauteur Lh (nervure 20h pour ex. 1)	0,096 mm	0,25 mm
Largeur de nervure adjacente à mi-hauteur Lb (nervure 20b pour ex. 1)	0,048 mm	0,25 mm
Aire S' d'une section de rainure	0,042 mm ²	0,024 mm ²

Enfin, on a procédé à une évaluation comparative des performances des tubes des exemples 1 et 2, avant et après sertissage, en mesurant le coefficient d'échange moyen (W/m².K) en condensation (titre de vapeur = 50% et température de saturation = 30°C), et en évaporation (titre de vapeur = 30 % et température de saturation = 10°C) d'un liquide réfrigérant standard chlorofluorocarboné (Fréon R22 (R)) à une vitesse massique de 160 kg/m².s.

On a trouvé les valeurs suivantes :

	en évaporation	en condensation
Tube avant sertissage		
* selon exemple 1	9500 W/m ² .K	9400 W/m ² .K
*selon exemple 2	8500 W/m ² .K	9600 W/m ² .K
Tubes après sertissage		
* selon exemple 1	5700 W/m ² .K	5640 W/m ² .K
* selon exemple 2	3400 W/m ² .K	3840 W/m ² .K

La comparaison de ces valeurs montre que, si les tubes selon l'invention ne sont que voisins à légèrement supérieurs à un tube de l'art antérieur pris comme témoin (respectivement en 5 condensation et en évaporation), par contre, après sertissage, ils sont nettement supérieurs à un tube de l'art antérieur, que ce soit en condensation ou en évaporation, ce qui illustre tout l'intérêt de l'invention.

EXEMPLES 3 et 4

On a fabriqué des tubes rainurés intérieurement de diamètre extérieur De de 7 mm et d'épaisseur Ep à fond de rainure de 0,25 mm.

AUTRES CARACTERISTIQUES	EXEMPLE 3	EXEMPLE 4
des tubes fabriqués	(invention)	(art antérieur)
Hauteur de nervure (nervure haute pour exemple 3)	0,18 mm	0,18 mm
Hauteur de nervure adjacente (nervure basse pour ex. 3)	0,15 mm	0,18 mm
Angle d'apex des nervures (alpha)	40°	40°
Angle d'hélice (beta)	18°	18°
Nombre n de nervures	44	50
Aire S d'une section de rainure	0,060 mm ²	0,053 mm ²

Ces types de tubes ont été ensuite assemblés avec des ailettes par sertissage à l'aide d'un mandrin comme représenté aux figures 6a et 6b.

EP 0 701 680 B1

Ces tubes ont été testés, avant et après sertissage des ailettes sur les tubes, et les mêmes variations de performances que celles notées entre les tubes de l'exemple 1 et de l'exemple 2 ont été observées :

- avant sertissage : performances voisines des tubes selon les exemples 3 et 4.
- après sertissage : performances supérieures des tubes selon l'exemple 3 (invention) par rapport aux tubes selon l'exemple 4 (art antérieur).

Comme dans le cas des exemples 1 et 2, on observe, avec les exemples 3 et 4, que la baisse des performances résultant du sertissage des ailettes sur les tubes est moindre avec des tubes selon l'invention.

EXEMPLES 5, 6 et 7

Pour les exemples 5 et 7, on a fabriqué des tubes rainurés intérieurement de diamètre extérieur D_e de 9,52 mm et d'épaisseur E_p à fond de rainure de 0,30 mm.

Pour l'exemple 6, on a fabriqué des tubes rainurés intérieurement de diamètre extérieur D_e de 7,93 mm et d'épaisseur E_p à fond de rainure de 0,30 mm.

AUTRES CARACTERISTIQUES	EXEMPLE 5	EXEMPLE 6	EXEMPLE 7
des tubes fabriqués	(invention)	(invention)	(art antérieur)
Hauteur de nervure (nervure haute pour exemples 5&6)	0,23 mm	0,18 mm	0,20 mm
Hauteur de nervure adjacente (nervure basse pour ex. 5&6)	0,16 mm	0,15 mm	0,20 mm
Angle d'apex des nervures (alpha)	40°	40°	40°
Angle d'hélice (beta)	18°	18°	18°
Nombre n de nervures	54	46	60
Aire S (section de rainure)	0,075	0,061	0,062

On a mesuré, avant et après sertissage, les pertes de pression (ou pertes de charge) pour un débit de fréon de 110 kg/m².s et un titre massique de vapeur compris entre 10 et 60%. On a trouvé que la perte de charge des tubes des exemples 5 et 6 selon l'invention était, avant sertissage, inférieure de 15% à celle du tube de l'exemple 7, et, après sertissage, inférieure de 13% à celle du tube de l'exemple 7.

EXEMPLES 8, 9 et 10

On a fabriqué des tubes rainurés intérieurement de diamètre extérieur D_e de 12,70 mm et d'épaisseur E_p à fond de rainure de 0,36 mm.

AUTRES CARACTERISTIQUES	EXEMPLE 8	EXEMPLE 9	EXEMPLE 10
des tubes fabriqués	(invention)	(invention)	(hors invention)
Hauteur de nervure (nervure haute pour exemples 5&6)	0,25 mm	0,25 mm	0,25 mm
Hauteur de nervure adjacente (nervure basse pour ex. 5&6)	0,22 mm	0,22 mm	0,25 mm
Angle d'apex des nervures (alpha)	50°	50°	50°
Angle d'hélice (beta)	18°	30°	0°
Nombre n de nervures	65	65	65
Aire S (section de rainure)	0,089	0,089	0,082

On a effectué les coefficients d'échange thermique (W/m².K) en fonction de l'angle d'hélice beta (18° pour le tube de l'essai 8, 30° pour le tube de l'essai 9 et 0° pour le tube de l'essai 10) de tubes après sertissage.

Les mesures ont été effectuées en condensation pour différentes valeurs de débit de fréon R22.

Résultats = valeur du coefficient d'échange thermique en W/m².K)

Débit de fréon en kg/s	Exemple 8	Exemple 9	Exemple 10
0,08	2000	3450	1750
0,10	2700	4300	2150

(suite)

Débit de fréon en kg/s	Exemple 8	Exemple 9	Exemple 10
0,12	3500	4950	2500
0,14	4500	5600	3000
0,16	5000	6400	3500
0,18	5800	7300	4000
0,20	6550	8000	4450

Ces essais, ainsi que d'autres réalisés avec un angle d'hélice supérieur à 30°, ont montré que, si l'on voulait privilégier le coefficient d'échange thermique, il était souhaitable de choisir un angle d'hélice au moins égal à 30°, et de préférence compris entre 30 et 50°, la vitesse de fabrication tendant à diminuer au fur et à mesure que l'on choisit un angle d'hélice plus élevé.

Par contre, si l'on veut privilégier la vitesse de production, il est préférable de choisir un angle d'hélice allant de 5 à 30°.

AVANTAGES DE L'INVENTION

L'avantage essentiel de l'invention est donc de limiter la diminution de performances (coefficient d'échange en particulier) lors de l'assemblage des tubes et des ailettes, par sertissage, pour fabriquer un échangeur de chaleur. Grâce à l'invention, grâce au concept du profil périodique à au moins deux nervures de hauteur différente, dont une "est sacrifiée" durant le sertissage pour "protéger" la / les nervure(s) plus basse(s), il est donc possible d'utiliser un procédé économique et efficace d'assemblage tout en conservant une capacité d'échange élevée pour le tube lui-même.

Par ailleurs, comme la production de tubes selon l'invention ne nécessite pas de moyens autres que les moyens habituels pour produire les tubes rainurés standards, le tube selon l'invention ne revient donc pas plus cher qu'un tube selon l'art antérieur.

Les tubes rainurés selon l'invention ont aussi l'avantage d'être particulièrement adaptés à la fabrication d'échangeurs thermiques à ailettes serties, sans pour autant perdre de leur efficacité par rapport aux tubes rainurés de l'art antérieur dans les applications qui n'altèrent pas ou peu les rainures des tubes de départ, par exemple dans des échangeurs à ailettes soudées ou brasées.

Il importe de noter en particulier l'effet très positif de l'invention sur la perte de charge, comme le montrent les exemples 5, 6 et 7.

Une nette diminution de diamètre du tube (diamètre extérieur = 9,52 mm pour les tubes de l'exemple 5 et 7,93 mm pour les tubes de l'exemple 6) n'a pas entraîné d'augmentation sensible de la perte de charge, contrairement à ce qui se produit avec les tubes de l'art antérieur.

Par ailleurs, la diminution de perte de charge observée avec les tubes selon l'invention par rapport aux tubes de l'art antérieur, est d'un grand intérêt pratique pour réduire le coût, l'encombrement et le poids du compresseur utilisé dans le circuit frigorifique.

Revendications

1. Tube (1), destiné à la fabrication d'échangeurs de chaleur par sertissage dudit tube (1) avec des ailettes (4), de diamètre extérieur D_e compris entre 3 et 30 mm, rainuré intérieurement par n nervures hélicoïdales (2), avec n compris entre 35 et 90, d'angle d'hélice compris entre 5 et 50°, d'angle d'apex (α) compris entre 30 et 60°, caractérisé en ce que lesdites nervures (2) forment un profil périodique comprenant au moins deux nervures, de hauteur différente, l'une dite "haute" (2h) de hauteur H_h , et l'autre dite "basse" (2b) de hauteur H_b , avec un rapport H_b/H_h compris entre 0,40 et 0,97, chaque nervure "haute" (2h) étant comprise entre deux rainures (3) à fond plat.

2. Tube selon la revendication 1 dans lequel le rapport H_b/H_h est, de préférence, compris entre 0,6 et 0,95.

3. Tube selon une quelconque des revendications 1 et 2 dans lequel ledit profil périodique comprend l'alternance, symbolisée par h/b d'une nervure "haute" (2h) et d'une nervure "basse" (2b), ou la succession, symbolisée par h/b , d'une nervure "haute" et de deux nervures "basses".

4. Tube selon la revendication 3 dans lequel ledit profil périodique est constitué par ladite alternance h/b , de nervures "hautes" (2h) et basses (2b), qui forment entre elles des rainures (3) à fond plat.

5. Tube selon une quelconque des revendications 1 à 4 dans lequel ladite nervure "haute" (2h) présente une hauteur Hh telle que Hh/De soit compris entre 0,003 et 0,05, et de préférence compris entre 0,015 et 0,04.
- 5 6. Tube selon la revendication 5 dans lequel ladite nervure "haute" (2h) présente une section sensiblement triangulaire de hauteur Hh.
7. Tube selon la revendication 5 dans lequel ladite nervure "haute" (2h) présente une section sensiblement trapézoïdale, de hauteur Hh.
- 10 8. Tube selon une quelconque des revendications 1 à 7 dans lequel ladite nervure "basse" (2b) présente une section sensiblement triangulaire, de hauteur Hb.
9. Tube selon une quelconque des revendications 1 à 6 dans lequel la section desdites rainures (3) à fond plat est non-trapézoïdale et présente une aire S comprise entre 0,020 et 0,15 mm², et de préférence entre 0,060 et 0,15 mm² pour un tube de diamètre extérieur De au moins égal à 7,93 mm.
- 15 10. Echangeur de chaleur formé par sertissage d'ailettes et de tubes rainurés selon une quelconque des revendications 1 à 9 dans lequel, suite au passage d'un mandrin de sertissage à l'intérieur desdits tubes pour assembler lesdites ailettes et lesdits tubes, les nervures forment un profil périodique comprenant au moins deux nervures de largeur différente, l'une, dite "large" (20h), à section trapézoïdale et à largeur à mi-hauteur Lh élevée, l'autre, dite "étroite" (20b), à section triangulaire ou trapézoïdale et à largeur à mi-hauteur Lb basse, avec un rapport (Lh-Lb)/De au moins égal à 0,003.
- 20 11. Echangeur selon la revendication 10 dans lequel ledit profil périodique comprend l'alternance, symbolisée par l/e d'une nervure "large" (20h) et d'une nervure "étroite" (20b), ou la succession, symbolisée par l/e/e, d'une nervure "large" et de deux nervures "étroites".
- 25 12. Echangeur selon la revendication 11 dans laquelle ladite nervure "large" (20h) et ladite nervure "étroite" (20b) ont sensiblement la même hauteur (H'h = H'b) et dans laquelle lesdites rainures à fond plat (30) présentent une section trapézoïdale d'aire S'.
- 30 13. Echangeur selon la revendications 10 dans laquelle la section desdites rainures à fond plat (30) présente une aire S' comprise entre 0,015 et 0,060 mm².

Patentansprüche

1. Rohr (1), das zur Herstellung von Wärmetauschern durch Quetschverbindung des Rohres (1) mit Flügeln (4) bestimmt ist, mit einem Außendurchmesser De zwischen 3 und 30 mm, das innen durch n schraubenförmige Rippen (2) gerillt ist, wobei n im Bereich von 35 bis 90 ist, der Schraubenwinkel im Bereich von 5 bis 50 ist und der Scheitelwinkel (α) im Bereich von 30 bis 60° ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Rippen (2) ein periodisches Profil mit wenigstens zwei Rippen verschiedener Höhe, von denen die eine, "hohe" genannte (2h) von einer Höhe Hh ist und die andere, "niedrige" genannte (2b) von einer Höhe Hb ist, bilden, wobei das Verhältnis Hb/Hh im Bereich von 0,40 bis 0,97 ist und jede "hohe" Rippe (2h) zwischen zwei Rillen (3) mit ebenem Boden liegt.
2. Rohr nach dem Anspruch 1, bei dem das Verhältnis Hb/Hh vorzugsweise im Bereich von 0,6 bis 0,95 ist.
- 50 3. Rohr nach irgendeinem der Ansprüche 1 und 2, bei dem das periodische Profil die mit h/b bezeichnete Abwechslung einer "hohen" Rippe (2h) und einer "niedrigen" Rippe (2b) oder die mit h/b/b bezeichnete Aufeinanderfolge einer "hohen" Rippe und zweier "niedrigen" Rippen aufweist.
4. Rohr nach dem Anspruch 3, bei dem das periodische Profil aus der Abwechslung h/b von "hohen" (2h) und "niedrigen" Rippen (2b) besteht, die zwischen sich Rillen (3) mit ebenem Boden bilden.
- 55 5. Rohr nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die "hohe" Rippe (2h) eine solche Höhe Hh aufweist, daß Hh/De im Bereich von 0,003 bis 0,05 und vorzugsweise von 0,015 bis 0,04 ist.

6. Rohr nach dem Anspruch 5, bei dem die "hohe" Rippe (2h) einen im wesentlichen dreieckigen Querschnitt der Höhe Hh aufweist.
7. Rohr nach dem Anspruch 5, bei dem die "hohe" Rippe (2h) einen im wesentlichen trapezförmigen Querschnitt der Höhe Hh aufweist.
8. Rohr nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem die "niedrige" Rippe (2b) einen im wesentlichen dreieckigen Querschnitt der Höhe Hb aufweist.
9. Rohr nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem der Querschnitt der Rillen (3) mit ebenem Boden nicht trapezförmig ist und eine Fläche S im Bereich von 0,020 bis 0,15 mm² und vorzugsweise von 0,060 bis 0,15 mm² für ein Rohr eines Außendurchmessers De von wenigstens gleich 7,93 mm aufweist.
10. Wärmetauscher, der durch Quetschverbindung von Flügeln und gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 9 gerillten Rohren gebildet ist, bei dem nach dem Durchgang eines Quetschdorns durch das Innere der Rohre zum Verbinden der Flügel und der Rohre die Rippen ein periodisches Profil mit wenigstens zwei Rippen verschiedener Breite bilden, von denen die eine, "breite" genannte (20h) einen trapezförmigen Querschnitt und eine auf halber Höhe hohe Breite Lh hat und die andere, "schmale" genannte (20b) einen dreieckförmigen oder trapezförmigen Querschnitt und eine auf halber Höhe niedrige Breite Lb hat, wobei das Verhältnis (Lh-Lb)/De wenigstens gleich 0,003 ist.
11. Tauscher nach dem Anspruch 10, bei dem das periodische Profil die mit l/e bezeichnete Abwechslung einer "breiten" Rippe (20h) und einer "schmalen" Rippe (20b) oder die mit l/e/e bezeichnete Aufeinanderfolge einer "breiten" Rippe und zweier "schmalen" Rippen aufweist.
12. Tauscher nach Anspruch 11, bei dem die "breite" Rippe (20h) und die "schmale" Rippe (20b) im wesentlichen die gleiche Höhe (H'h = H'b) haben und bei dem die Rillen (30) mit ebenem Boden eine trapezförmige Querschnittsfläche S' aufweisen.
13. Tauscher nach dem Anspruch 10, bei dem der Querschnitt der Rillen (30) mit ebenem Boden eine Fläche S' zwischen 0,015 und 0,060 mm² aufweist.

Claims

1. A tube (1), intended for manufacturing a heat exchanger by crimping vanes (4) on said tube (1), having an external diameter De of between 3 and 30 mm, being grooved internally with n helical ribs (2), where n is between 35 and 90, with a helix angle of between 5 and 50°, with an apex angle (alpha) of between 30 and 60°, characterised in that said ribs (2) form a periodic profile comprising at least two ribs of different height, the one known as the "tall" rib (2h) being of a height Hh, and the other one known as the "low" rib (2b) being of a height Hb, with a Hb/Hh ratio of between 0.40 and 0.97, each "tall" rib (2h) being disposed between two flat-bottomed grooves (3).
2. A tube according to Claim 1 wherein the Hb/Hh ratio is preferably between 0.6 and 0.95.
3. A tube according to any one of Claims 1 and 2 wherein said periodic profile comprises the alternation, symbolised by h/b, of a "tall" rib (2h) and a "low" rib (2b), or the succession, symbolised by h/b/b, of a "tall" rib and two "low" ribs.
4. A tube according to Claim 3 wherein said periodic profile is constituted by said alternation h/b of "tall" ribs (2h) and low ribs (2b) which form flat-bottomed grooves (3) between them.
5. A tube according to any one of Claims 1 to 4 wherein said "tall" rib (2h) has a height Hh such that Hh/De is between 0.003 and 0.05, and is preferably between 0.015 and 0.04.
6. A tube according to Claim 5 wherein said "tall" rib (2h) is substantially triangular in section and is of a height Hh.
7. A tube according to Claim 5 wherein said "tall" rib (2h) is substantially trapezoidal in section and is of a height Hh.
8. A tube according to any one of Claims 1 to 7 wherein said "low" rib (2b) is substantially triangular in section and

is of a height H_b .

9. A tube according to any one of Claims 1 to 6 wherein the section of said flat-bottomed grooves (3) is non-trapezoidal and has an area S of between 0.020 and 0.15 mm², preferably of between 0.060 and 0.15 mm² in the case of a tube of external diameter D_e which is at least equal to 7.93 mm.

10. A heat exchanger formed by crimping vanes and grooved tubes according to any one of Claims 1 to 9 wherein subsequent to a crimping mandrel passing through the inside of said tubes to assemble said vanes and said tubes, the ribs form a periodic profile comprising at least two ribs of different width, one known as the "wide" rib (20h) being trapezoidal in section and of large width L_h at mid-height, and the other known as the "narrow" rib (20b) being triangular or trapezoidal in section and of small width L_b at mid-height, with a $(L_h - L_b)/D_e$ ratio which is at least equal to 0.003.

11. An exchanger according to Claim 10 wherein said periodic profile comprises the alternation, symbolised by l/e of one "wide" rib (20h) and one "narrow" rib (20b), or the succession, symbolised by $l/e/e$ of one "wide" rib and two "narrow" ribs.

12. An exchanger according to Claim 11 wherein said "wide" rib (20h) and said "narrow" rib (20b) are substantially the same height ($H'h = H'b$) and wherein said flat-bottomed grooves (30) have a trapezoidal section of area S' .

13. An exchanger according to Claim 10 wherein the section of said flat-bottomed grooves (30) has an area S' of between 0.015 and 0.060 mm².

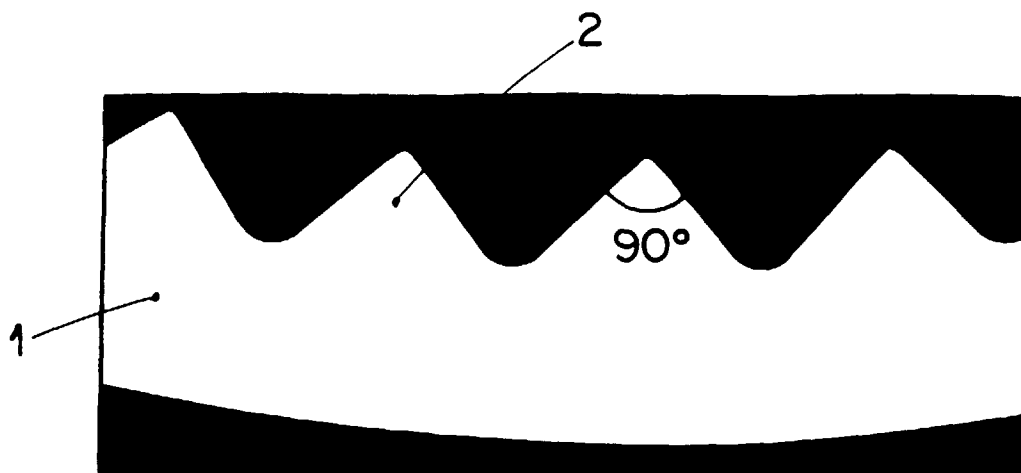


FIG.1a

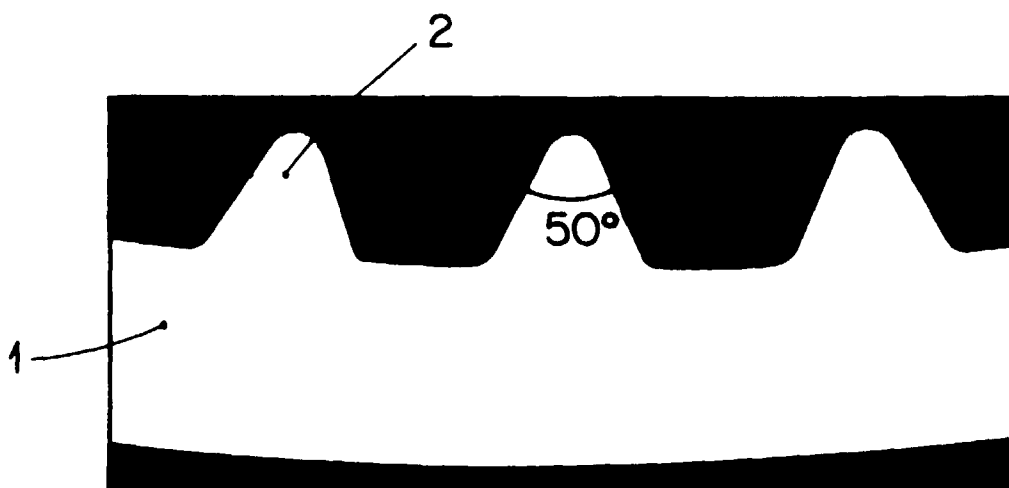


FIG.1b

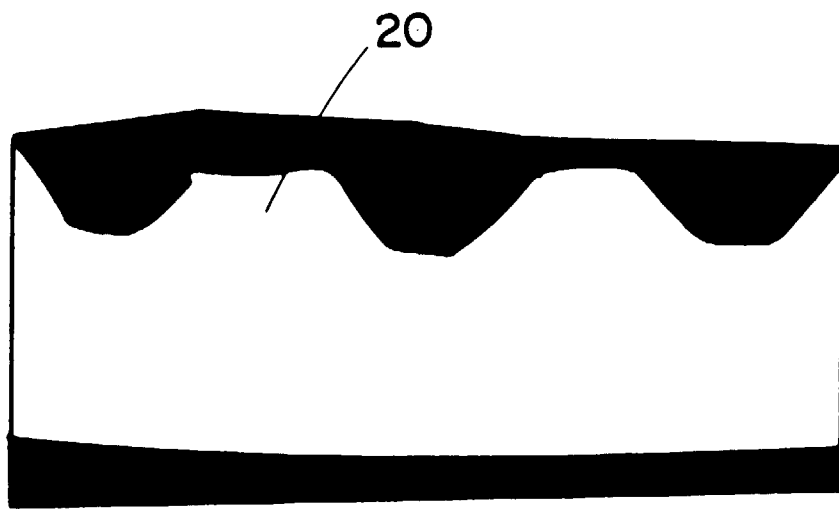


FIG. 2

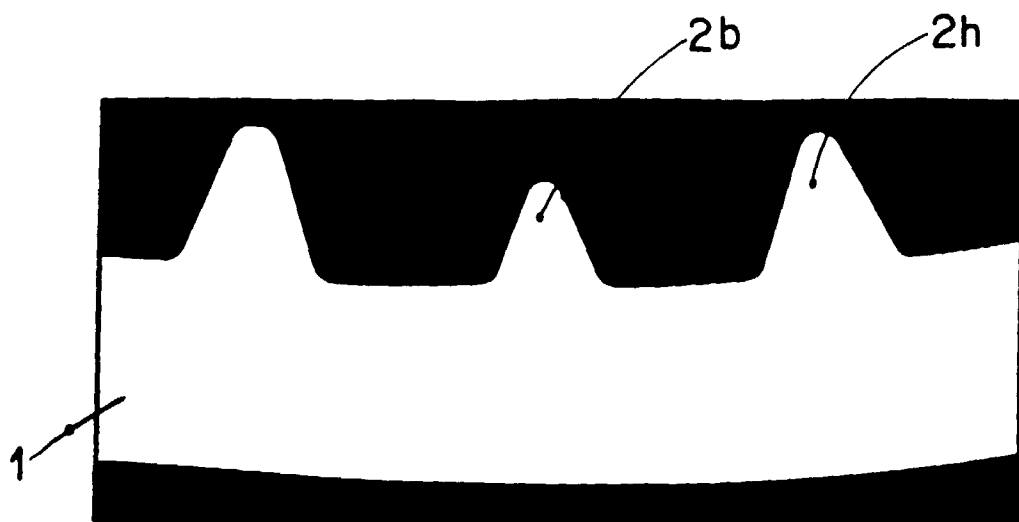


FIG. 3a

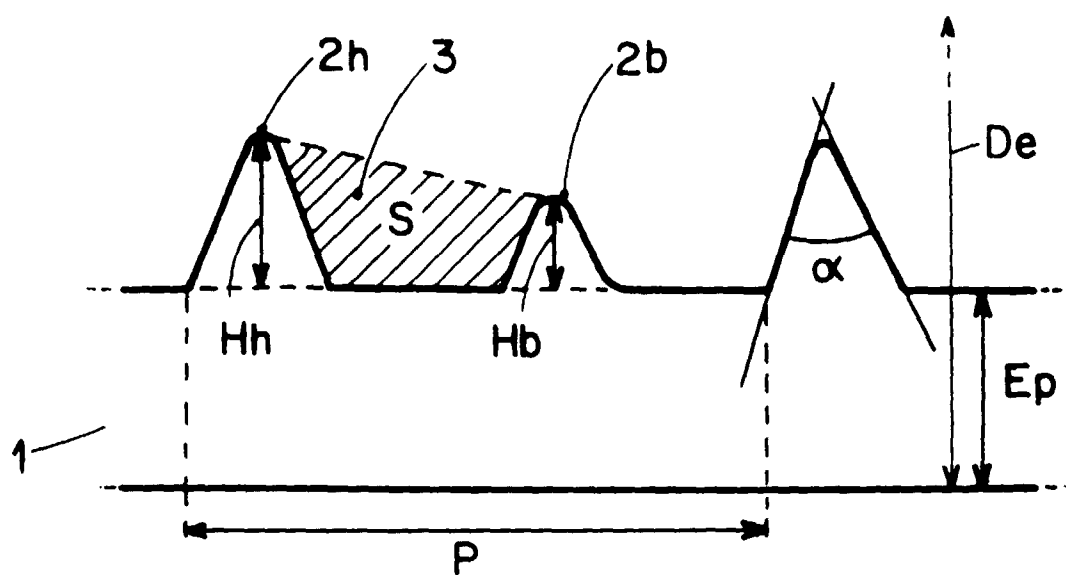


FIG. 3b

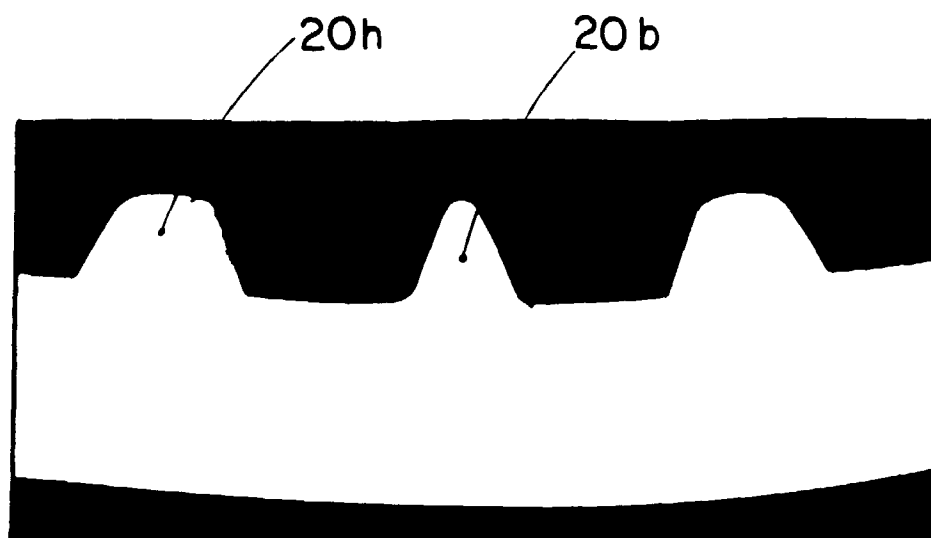


FIG. 4a

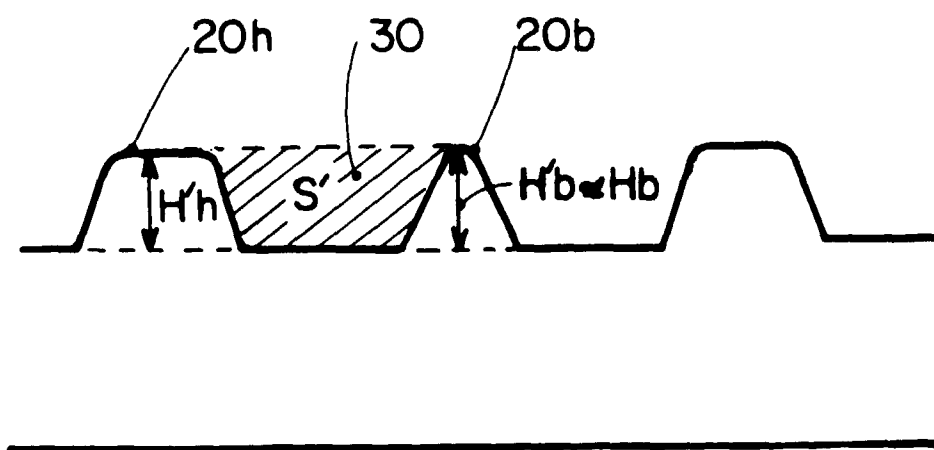


FIG. 4b

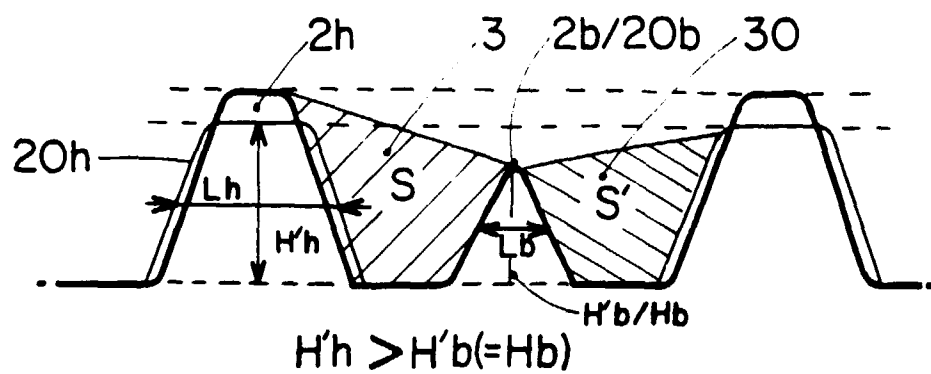


FIG. 5a

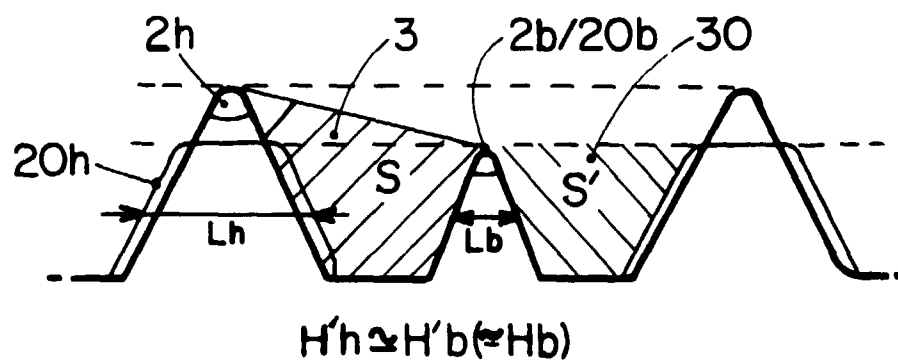


FIG. 5b

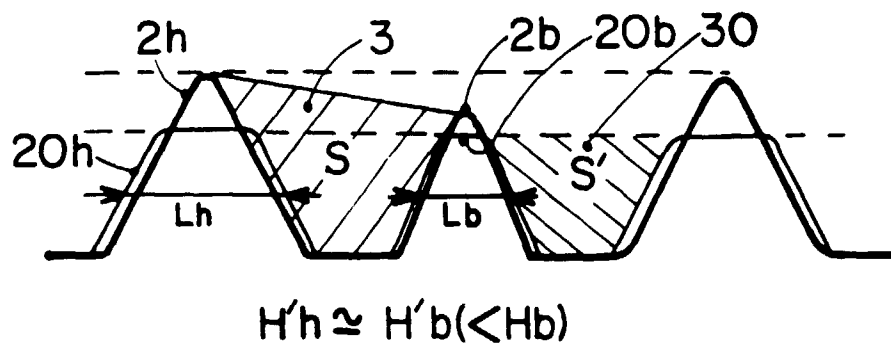


FIG. 5c

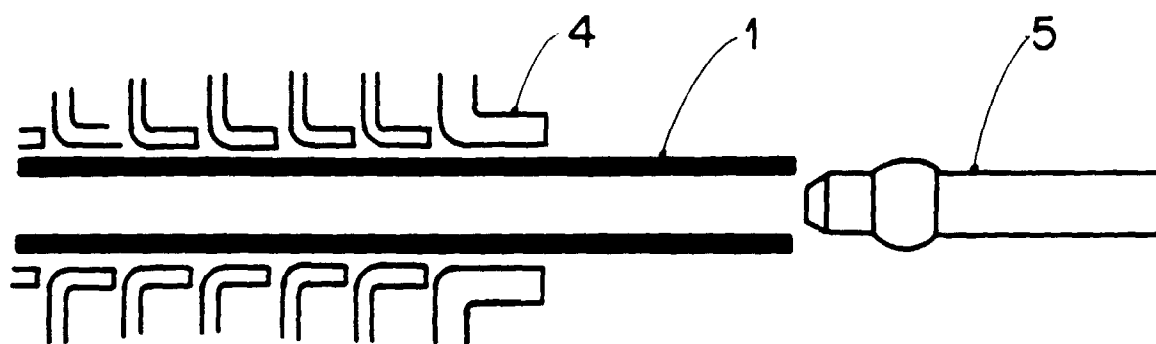


FIG. 6a

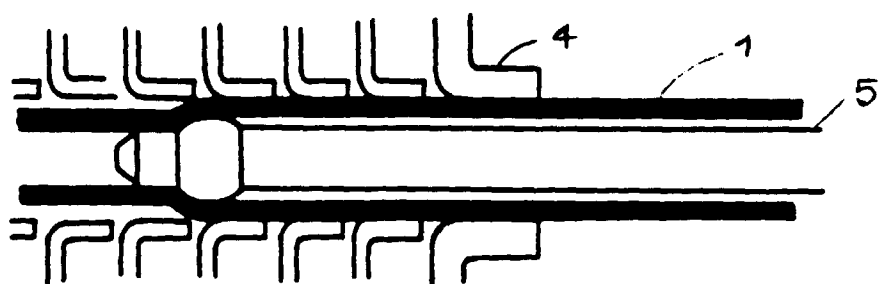


FIG. 6b

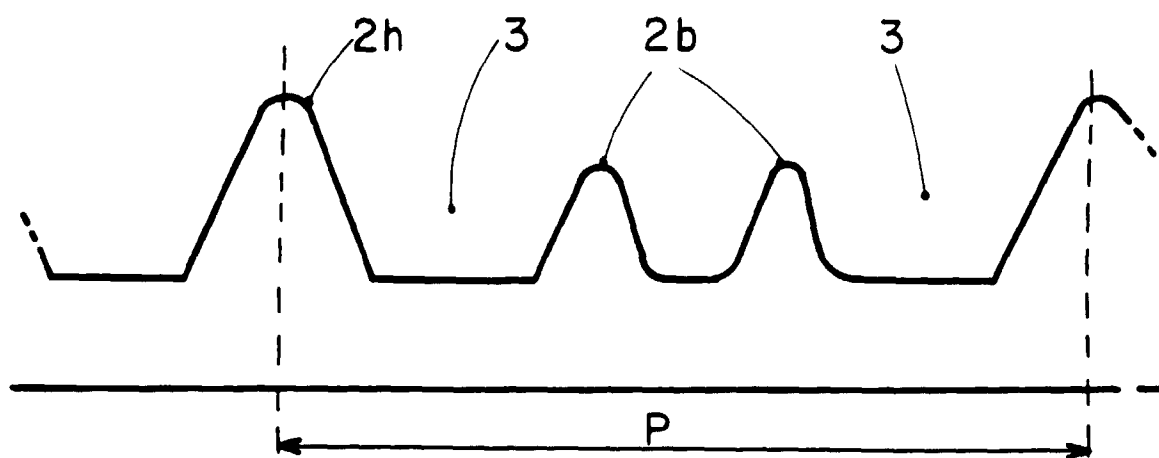


FIG. 7a

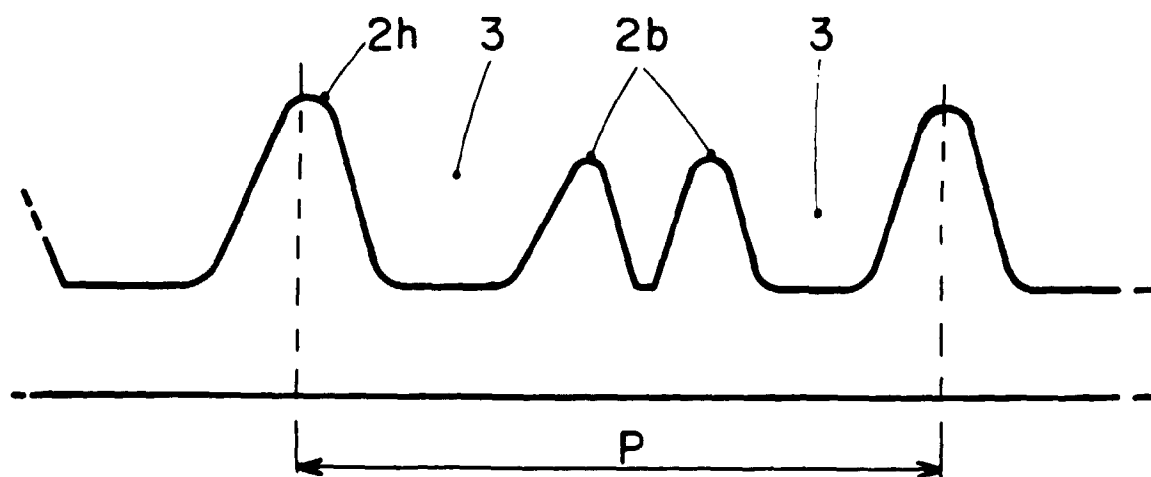


FIG. 7b