

⑬



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

⑪

Numéro de publication:

0 133 384
A1

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑳

Numéro de dépôt: **84401285.6**

㉔

Int. Cl.⁴: **B 21 D 53/06, F 17 C 3/08**

㉕

Date de dépôt: **21.06.84**

㉓

Priorité: **24.06.83 FR 8310473**

㉑

Demandeur: **L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE, 75, Quai d'Orsay, F-75321 Paris Cedex 07 (FR)**

㉒

Date de publication de la demande: **20.02.85**
Bulletin 85/8

㉒

Inventeur: **Faudou, Jean-Yves, 2, rue des Botteleurs, F-94450 Villecresnes (FR)**
Inventeur: **Pelloux-Gervais, Pierre, 17, avenue de la Poste Seyssinet Pariset, F-38170 Seyssins (FR)**

㉔

Etats contractants désignés: **BE DE FR GB IT SE**

㉒

Mandataire: **Jacobson, Claude et al, L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE 75, quai d'Orsay, F-75321 Paris Cedex 07 (FR)**

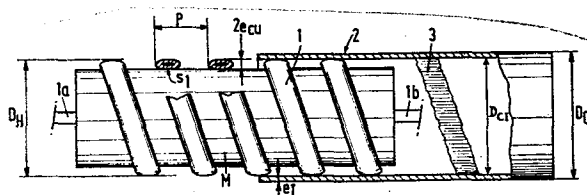
㉔

Procédé de fabrication d'une virole, notamment pour récipient de stockage de fluide cryogénique, et virole ainsi obtenue.

㉕

On bobine sur un mandrin (M) un tube (1) de section droite aplatie pour lui donner la forme d'une hélice, on enfle sur le mandrin et le tube un cylindre en tôle (2), on applique le tube contre la paroi du cylindre par extension du mandrin, on injecte dans le tube un fluide sous pression pour qu'il prenne, par expansion, la forme d'un serpentín de section circulaire et déforme localement la paroi du cylindre selon une empreinte hélicoïdale, et on fixe le serpentín au cylindre pour obtenir la virole.

L'invention s'applique en particulier à des récipients pour fluides cryogéniques munis de serpentíns de réchauffage dans une interparoi sous vide entre la virole et le réservoir intérieur.



EP 0 133 384 A1

L'invention concerne un procédé de fabrication d'une virole en tôle, notamment pour un récipient de stockage d'un fluide cryogénique formé d'un réservoir logé dans ladite virole et séparé de cette dernière par une interparoi maintenue sous vide et d'au moins un serpentín de réchauffage placé dans ladite interparoi.

Les recipients de stockage de fluide cryogénique sont en général constitués d'un réservoir interne et d'une enveloppe externe tous deux métalliques séparés par un volume scellé maintenu sous vide et appelé "interparoi".

Les enveloppes externes de ces recipients sont formées généralement d'un corps cylindrique en tôle fermé à chacune de ses extrémités par un fond et doivent être prévues pour résister à la pression atmosphérique ainsi qu'aux contraintes mécaniques. On y parvient soit en donnant à la tôle une épaisseur uniforme suffisante, soit en munissant l'enveloppe d'organes de raidissement uniformément répartis.

Pour certains recipients, le stockage se fait à l'état liquide ; le fluide est maintenu en pression par l'intermédiaire d'un serpentín de réchauffage dit "de mise en pression" et est vaporisé, avant utilisation, par l'intermédiaire d'un serpentín de réchauffage dit "d'utilisation", ces deux serpentins étant placés dans l'interparoi précitée, contre la paroi extérieure. Cette disposition a l'intérêt d'employer la surface externe du récipient comme élément d'échange thermique et permet donc de réaliser un ensemble très compact.

Les recipients actuels, du fait qu'ils sont munis, pour résister à la pression atmosphérique et aux efforts verticaux résultant du poids du réservoir interne, d'enveloppes à paroi épaisse ou renforcée par organes de raidissement, présentent l'inconvénient d'avoir un poids prohibitif. On a proposé d'utiliser le ou les serpentins pour contribuer au raidissement de l'enveloppe, mais l'expérience a montré que cette utilisation faite avec les procédés de montage actuellement connus n'apporte pas un gain substantiel.

La présente invention a pour but de pallier les inconvénients susmentionnés et, par conséquent, de réaliser une

0133384

virole capable de résister à des contraintes importantes, qu'elles soient dues à la pression atmosphérique ou aux impératifs mécaniques, et nettement plus légère que celles obtenues par les techniques antérieures.

5 L'invention propose à cet effet un procédé de fabrication d'une virole en tôle, caractérisé en ce que :

- on bobine, sur un mandrin radialement extensible (respectivement dans un mandrin radialement contractable), au moins un tube métallique ayant, en section droite, une forme aplatie, de façon à
- 10 obtenir une hélice de pas p et de diamètre extérieur (respectivement intérieur) D_H ;
- on enfle sur (respectivement dans) le mandrin et le tube un cylindre en tôle de section droite circulaire ayant un diamètre
- 15 interne $D_{CI} = D_H + \epsilon$ (respectivement un diamètre externe $D_{CO} = D_H - \epsilon$) permettant un coulisement à frottement doux sur ledit tube ;
- on applique le tube contre la paroi du cylindre par extension (respectivement contraction) du mandrin ; et
- 20 - on injecte dans le tube aplati précité un fluide, notamment un fluide hydraulique, sous une pression suffisante pour qu'il prenne, par expansion, la forme d'un serpentín de section droite circulaire et déforme localement la paroi du cylindre selon une empreinte hélicoïdale.

25 L'invention réalise la déformation, donc le raidissement du cylindre, au moyen du serpentín, et y incorpore simultanément ce dernier, l'ensemble ainsi constitué formant la virole. Ceci a l'avantage d'ajouter les inerties du cylindre déformé et du serpentín tout en profitant du raidissement apporté par l'écrouissage

30 du métal. Il en résulte que l'on peut utiliser une tôle moins épaisse que celles qui étaient utilisées jusqu'ici.

Si l'on désire assurer un bon contact thermique entre le tube et le cylindre, il est préférable de les fixer l'un à l'autre après ladite injection. Dans ce cas, de façon avantageuse, ils sont

35 munis, sur leurs parois en regard, d'une couche d'un produit d'étamage, et la fixation précitée est effectuée par brasage. On

obtient également ainsi une virole assurant les meilleures conditions de résistance au flambage.

L'invention vise également une virole pour récipient de stockage de fluide cryogénique obtenue par un procédé tel que défini ci-dessus.

Selon l'invention, la paroi de cette virole présente une empreinte hélicoïdale faisant saillie vers l'extérieur et le serpentín est fixé à ladite paroi en coïncidence avec ladite empreinte.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre.

Dans les dessins annexés donnés uniquement à titre d'exemple non limitatif :

- la figure 1 montre, de façon schématique, en coupe et avec arrachement partiel, une virole en cours de fabrication selon le procédé de l'invention ;
- la figure 2 est une vue identique de la figure 1 mais montrant une phase ultérieure de la fabrication ;
- la figure 3 est une vue schématique d'une virole achevée selon un premier mode de réalisation ;
- la figure 4 est une vue également schématique d'une virole selon un second mode de réalisation de l'invention en cours de fabrication ;
- la figure 5 montre la virole de la figure 4 après achèvement.

Le but de l'invention est d'obtenir un raidissement important de la virole en utilisant uniquement le métal qui la constitue et en déformant ce métal pour lui conférer la fonction de raidissement recherchée, solution qui a l'avantage de supprimer l'adjonction de raidisseurs rapportés et de permettre l'utilisation d'une tôle plus fine que pour les viroles antérieurement connues. De plus, cette déformation entraîne un écrouissage du métal qui augmente sensiblement le raidissement.

La déformation précitée est réalisée en utilisant le ou les serpentins de réchauffage et en les incorporant à la virole, ce qui permet d'additionner les inerties de la virole déformée et écrouie et du ou des serpentins.

On a représenté aux figures 1 et 2 deux des phases principales de fabrication de la virole selon l'invention qui est constituée essentiellement par le tube 1 et par le cylindre 2. Le tube 1 est fait en un matériau suffisamment malléable, généralement du cuivre, et présente une section droite S_1 de forme aplatie, c'est-à-dire que ses parois en regard sont presque jointives, ne ménageant entre elles qu'un très faible espace juste suffisant pour l'admission d'un fluide hydraulique sous haute pression. Ce tube peut être obtenu à partir d'un tube ordinaire de section droite circulaire que l'on aplatit par étirage. Un tel tube de section droite circulaire ayant une épaisseur de paroi e_{cu} amène ainsi, après étirage, à un tube aplati ayant une épaisseur $2e_{cu}$. On procède ensuite à l'étamage de la paroi externe du tube 1, alors qu'il est sous forme aplatie, en le faisant passer dans un bain approprié. Le tube 1, ainsi recouvert d'une couche de produit d'étamage, est bobiné sur un mandrin extensible schématiquement indiqué en M, de façon à constituer une hélice de pas p et de diamètre externe D_H .

On forme par ailleurs le cylindre 2 à partir d'une tôle d'épaisseur e_T faite en un métal à haute résistance mécanique et haute tenue à la corrosion, généralement en acier inoxydable. On dépose sur cette tôle, alors qu'elle est à plat, un produit d'étamage disposé selon des bandes 3 correspondant au développé de l'hélice de pas p précitée. On procède ensuite au roulage de la tôle ainsi préétamée pour obtenir un cylindre de section droite circulaire, dont les deux bords sont soudés selon une génératrice. On a désigné par D_{CI} et D_{CE} les diamètres respectivement interne et externe du cylindre 2 ainsi obtenu. Le diamètre interne D_{CI} est très légèrement supérieur au diamètre D_H de l'hélice formée par le tube aplati 1 ($D_{CI} = D_H + \epsilon$).

On procède ensuite à l'enfilage du cylindre 2 sur le mandrin et l'hélice, cet enfilage se faisant sans difficulté en raison de la légère différence de cote précitée. On positionne le cylindre de façon que les bandes de produit d'étamage 3 de sa paroi interne coïncident avec le tube bobiné aplati 1.

On met ensuite le mandrin M en extension radiale, ce qui a

0133384

pour effet de plaquer le tube aplati 1 contre la paroi interne du cylindre 2, de façon à supprimer tout jeu, donc empêcher tout mouvement relatif entre le tube et le cylindre au cours des opérations ultérieures.

On raccorde ensuite les deux extrémités 1_a et 1_b du tube 1 à un dispositif de mise en pression hydraulique (non représenté), délivrant une pression P capable de réaliser une expansion du tube 1 qui prend ou reprend une section droite circulaire s_2 de diamètre externe D et constitue un serpentín de diamètre externe D_{SH} . Cette expansion du tube entraîne celle du cylindre 2 qui prend alors la forme indiquée en 4, c'est-à-dire d'une virole dont la paroi 5 présente une empreinte hélicoïdale 6 de pas p, égal au pas du tube hélicoïdal 1 avant ou après expansion.

On sépare ensuite l'ensemble constitué par le tube et la virole 4 du mandrin M après les avoir rendus provisoirement solidaires l'un de l'autre (par exemple par brasage des deux extrémités 1_a et 1_b à ladite virole 4) et on passe ledit ensemble au four à 220°C environ pour provoquer la fusion de la matière d'étamage et assurer ainsi le brasage. On procède ensuite au rinçage de la virole ainsi obtenue.

Un certain nombre d'essais ont été faits pour déterminer, dans le cas où la virole doit être obtenue à partir d'un tube de cuivre et d'une tôle en acier inoxydable, les valeurs les plus appropriées pour l'épaisseur et le diamètre du tube et pour l'épaisseur de la tôle.

En adoptant, pour le cylindre, un diamètre extérieur de 508 mm, valeur courante pour les récipients habituels de stockage de fluides cryogéniques, et une épaisseur de tôle comprise entre 1 et 1,5 mm capable de présenter une résistance suffisante au flambage ainsi qu'aux chocs ponctuels qui peuvent être imposés à ce type d'appareil, on a déterminé expérimentalement les relations suivantes:

$$(1) \quad \frac{e_{cu}}{D} = K \cdot \frac{e_T}{D_{CE}}$$

avec $K = 45$

cette valeur de K étant imposée par les propriétés mécaniques des

matériaux et

$$(2) \quad \frac{D}{2} = h$$

5 h étant la hauteur de l'empreinte en saillie sur la paroi de la virole, c'est-à-dire la flèche que présente l'empreinte hélicoïdale 6 par rapport au diamètre extérieur initial D_{CE} du cylindre 2.

Les calculs de tenue au flambage de la virole ont donné :

$$h = 6 \text{ mm}$$

d'autre part la résolutions des deux équations (1) et (2) a donné :

10 $e_{cu} = 1,6 \text{ mm}$

$$D = 12 \text{ mm.}$$

On a représenté aux figures 3 à 5, dans lesquelles les mêmes chiffres de référence désignent les mêmes éléments que dans les figures 1 et 2, deux modes de réalisation différents d'une virole
15 selon l'invention.

La virole de la figure 3, réalisée à partir d'un cylindre en acier inoxydable, comporte deux serpentins hélicoïdaux en cuivre 7 et 8 dont les deux extrémités sont désignées par 7_a , 7_b et 8_a , 8_b et constituent un élément d'utilisation ou de soutirage et un élément de
20 mise en pression respectivement. Ces deux serpentins ont été obtenus à partir de deux tubes séparés qui ont été bobinés sur le même mandrin, simultanément ou séparément, mais avec le même pas. Dans la virole terminée, ils sont disposés à la suite l'un de l'autre et se trouvent logés dans l'interparoi 9 qui sépare la virole proprement
25 dite du réservoir interne 10.

La virole des figures 4 et 5 est réalisée à partir d'un tube en cuivre unique 12 dont les extrémités sont désignées par 12_a et 12_b qui, après brasage, est sectionné en deux points S_1 et S_2 de l'une de ses spires. On raccorde ensuite aux deux points S_1 et S_2
30 deux éléments rectilignes 13 et 14 dont les extrémités sont désignées par 13_a et 14_a respectivement. On obtient ainsi un serpent 12 - 13 d'utilisation et un serpent 12 - 14 de mise en pression, comme à la figure 3. Ce mode de réalisation a l'avantage de simplifier les diverses opérations de fabrication en particulier le bobinage. Il
35 convient de remarquer que le sectionnement de la spire aux points S_1

0133384

et S_2 est effectué de préférence après l'opération d'expansion.

A titre d'exemple, une virole selon l'invention a été réalisée de la façon suivante :

Le cylindre est constitué par une tôle en acier inoxydable
5 Z5 CN 18.09 NFA 36209 d'épaisseur 1,5 mm. Il est étamé intérieurement selon le développé d'une hélice de pas de 80 mm sur une largeur de 20 mm au moyen d'un mélange de plomb, d'étain, d'antimoine et de flux. Il est ensuite roulé pour donner un cylindre de section droite circulaire de diamètre extérieur $D_{CE} = 508$ mm.

10 Le serpentín (ou les serpentins) est réalisé à partir d'un tube en cuivre Cu état 0 NFA SI 124 de section droite circulaire, ayant un diamètre extérieur $D = 12$ mm et d'épaisseur $e_{Cu} = 1,6$ mm. Après aplatissage, le tube est revêtu, sur sa paroi externe, d'une couche de produit d'étamage par passage dans un
15 bain comportant un mélange de 60 % de plomb et de 40 % d'étain. On enroule le tube sur le mandrin selon une hélice au pas de 80 mm qui correspond, bien entendu, à celui de l'étamage du cylindre. Après extension du mandrin, on procède à l'expansion du tube en le raccordant à un dispositif de mise en pression hydraulique qui y fait
20 pénétrer un liquide sous une pression de 500 bars. Après expansion, les deux extrémités du serpentins sont fixées à la tôle, de préférence par brasage à l'argent, et on enlève l'ensemble du mandrin. On peut alors, dans le cas où on désire obtenir une virole du type représenté à la figure 5, procéder au raccordement des
25 éléments rectilignes nécessaires à cet effet. On place ensuite la virole dans un four de brasage pour l'amener à une température de 220°C environ. On procède enfin à un rinçage de la virole pour éliminer les corps étrangers, résidus de brasage ou autres.

Des essais de flambage effectués sur des viroles ainsi
30 réalisées ont montré que la pression au flambage était supérieure à 3b.

A titre de comparaison, on a pu constater également qu'une virole non renforcée ayant sensiblement les mêmes caractéristiques dimensionnelles, c'est-à-dire le même diamètre (508 mm) et la même
35 longueur (par exemple 1 m) doit, pour avoir une tenue équivalente au

flambage et une résistance équivalente aux chocs, être réalisée à partir d'une tôle en acier inoxydable du même type que précitée mais ayant une épaisseur de 2,5 mm.

5 De nombreuses variantes pourraient être apportées aux modes de réalisation décrits et représentés sans pour autant sortir du cadre de l'invention. C'est ainsi, par exemple, que le matériau de brasage pourrait être déposé sur le cylindre et sur le tube après l'opération d'expansion sous pression. On pourrait utiliser également un mode de fixation autre que le brasage, par exemple le soudage. De 10 plus, on comprend que le procédé peut être adapté très simplement à la fabrication de n'importe quelle virole munie d'un serpentin interne, et même d'un serpentin externe. Dans ce dernier cas, il suffit de bobiner le ou les tubes en cuivre dans un mandrin creux radialement contractable.

REVENDICATIONS

1. - Procédé de fabrication d'une virole en tôle, notamment pour un récipient de stockage d'un fluide cryogénique formé d'un réservoir logé dans ladite virole et séparé de cette dernière par une interparoi maintenue sous vide, et d'au moins un serpentin de

5 réchauffage placé dans ladite interparoi, caractérisé en ce que :
 - on bobine, sur un mandrin (M) radialement extensible (respectivement dans un mandrin radialement contractable), au moins un tube métallique (1) ayant, en section droite, une forme aplatie, de façon à obtenir une hélice de pas p et de diamètre extérieur (respectivement intérieur) D_H ;

10 - on enfile sur (respectivement dans) le mandrin et le tube un cylindre en tôle (2) de section droite circulaire ayant un diamètre interne $D_{CI} = D_H + \epsilon$ (respectivement un diamètre externe $D_{CE} = D_H - \epsilon$) permettant un coulisement à frottement doux sur ledit tube;

- on applique le tube contre la paroi du cylindre par extension (respectivement contraction) du mandrin ; et

20 - on injecte dans le tube aplati précité un fluide, notamment un fluide hydraulique, sous une pression suffisante pour qu'il prenne, par expansion, la forme d'un serpentin de section droite circulaire et déforme localement la paroi du cylindre selon une empreinte hélicoïdale.

25 2. - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, après ladite injection, on fixe le serpentin au cylindre.

3. - Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le tube et le cylindre sont munis, sur leurs parois en regard, d'une couche d'un produit d'étamage, et en ce que la fixation précitée est effectuée par brasage.

30 4. - Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que le produit d'étamage est déposé sur une tôle plane destinée à former, après roulage, le cylindre précité, selon le développé de l'hélice de pas p précitée.

5. - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, pour la fabrication d'une virole munie de deux serpentins (7, 8),

caractérisé en ce que l'on bobine séparément sur (respectivement dans) le mandrin deux tubes de section droite aplatie.

6. - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que, après ladite injection, le tube (12) est sectionné de façon à former deux serpentins (12-13, 12-14).

7. - Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que, la virole étant constituée d'un cylindre (2) en tôle d'acier inoxydable et d'un serpentín hélicoïdal formé d'un tube en cuivre (1) ayant, après expansion, une section droite circulaire, on a les relations :

$$(1) \quad \frac{e_{cu}}{D} = K \cdot \frac{e_T}{D_{CE}}$$

$$(2) \quad \frac{D}{2} = h$$

dans lesquelles :

e_{cu} = épaisseur du tube de cuivre

D = diamètre externe du tube en cuivre

e_T = épaisseur de la tôle

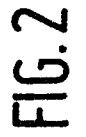
D_{CE} = diamètre externe du cylindre

K = 45 (pour $1 \text{ mm} < e_T < 1,5 \text{ mm}$)

h = Flèche de l'empreinte sur la paroi de la virole.

8. - Virole pour récipient de stockage d'un fluide cryogénique munie intérieurement d'au moins un serpentín de réchauffage et obtenue par un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que sa paroi (5) présente une empreinte hélicoïdale (6) faisant saillie vers l'extérieur, et en ce que le serpentín (7, 8, 12) est fixé à ladite paroi en coïncidence avec ladite empreinte.

9. - Virole selon la revendication 8, caractérisée en ce qu'elle est en acier inoxydable et comporte deux serpentins (7, 8 ; 12-13, 12-14) en cuivre formés de deux éléments hélicoïdaux de même pas et disposés à la suite l'un de l'autre, le second serpentín étant un serpentín d'utilisation.



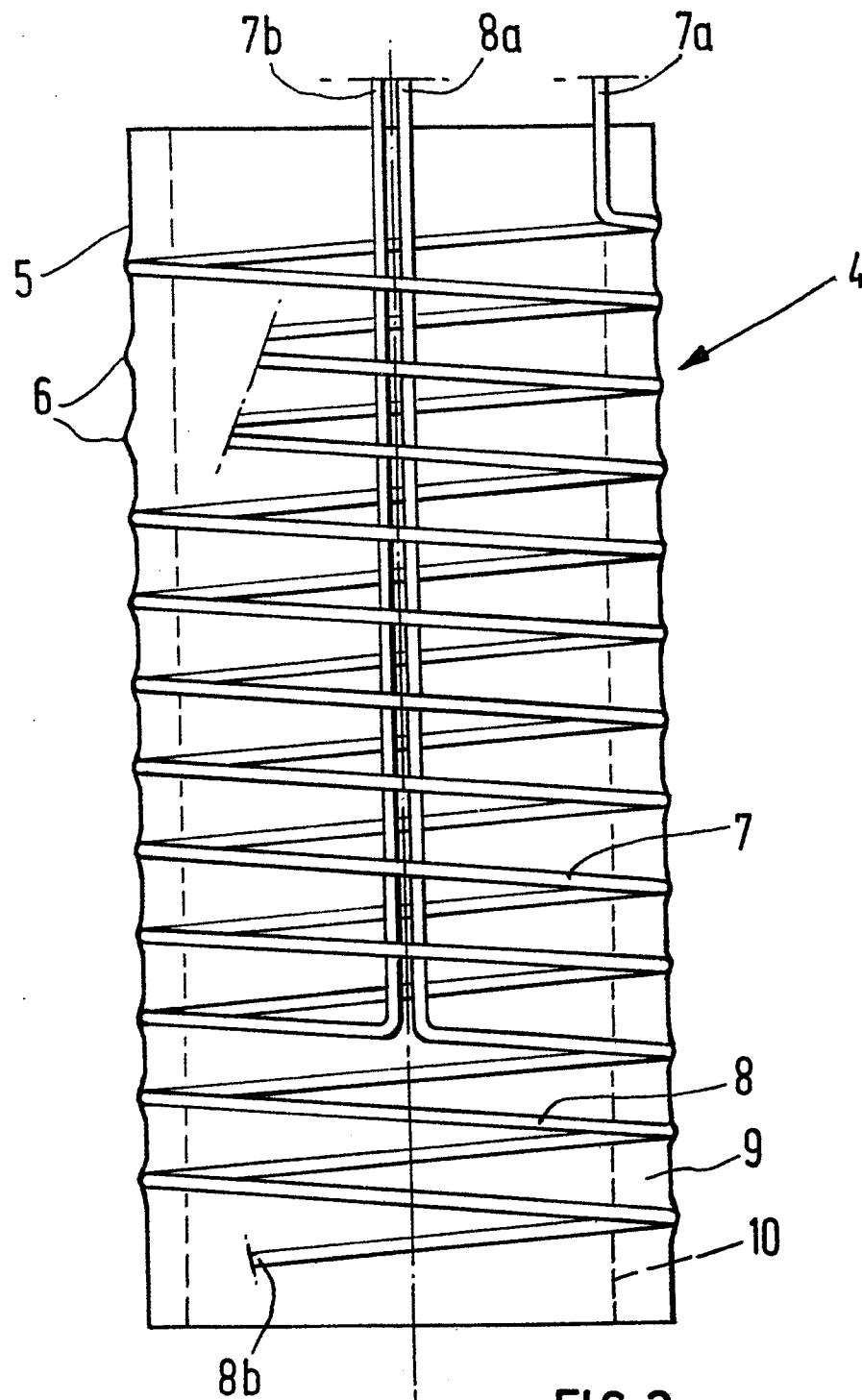


FIG.3

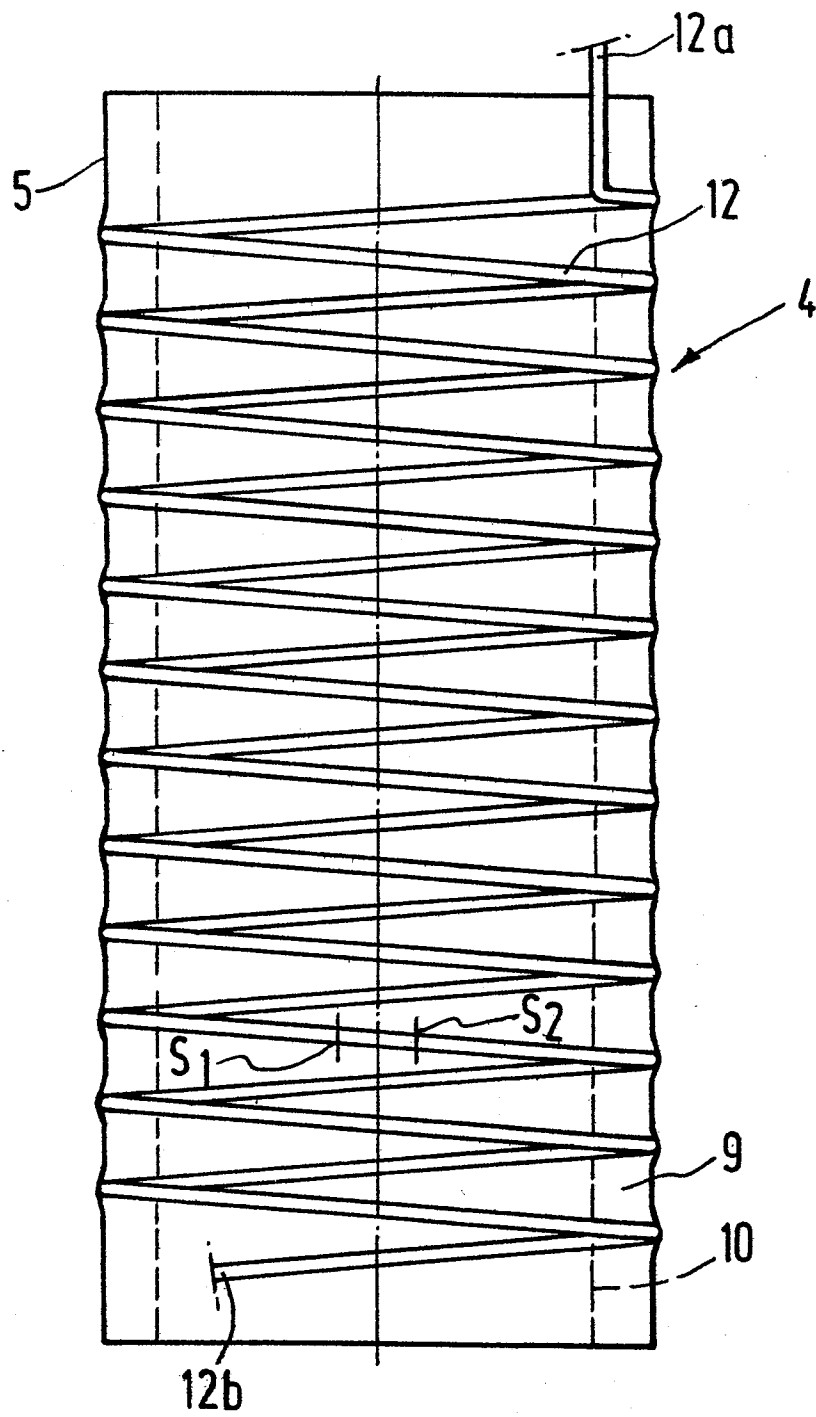


FIG. 4

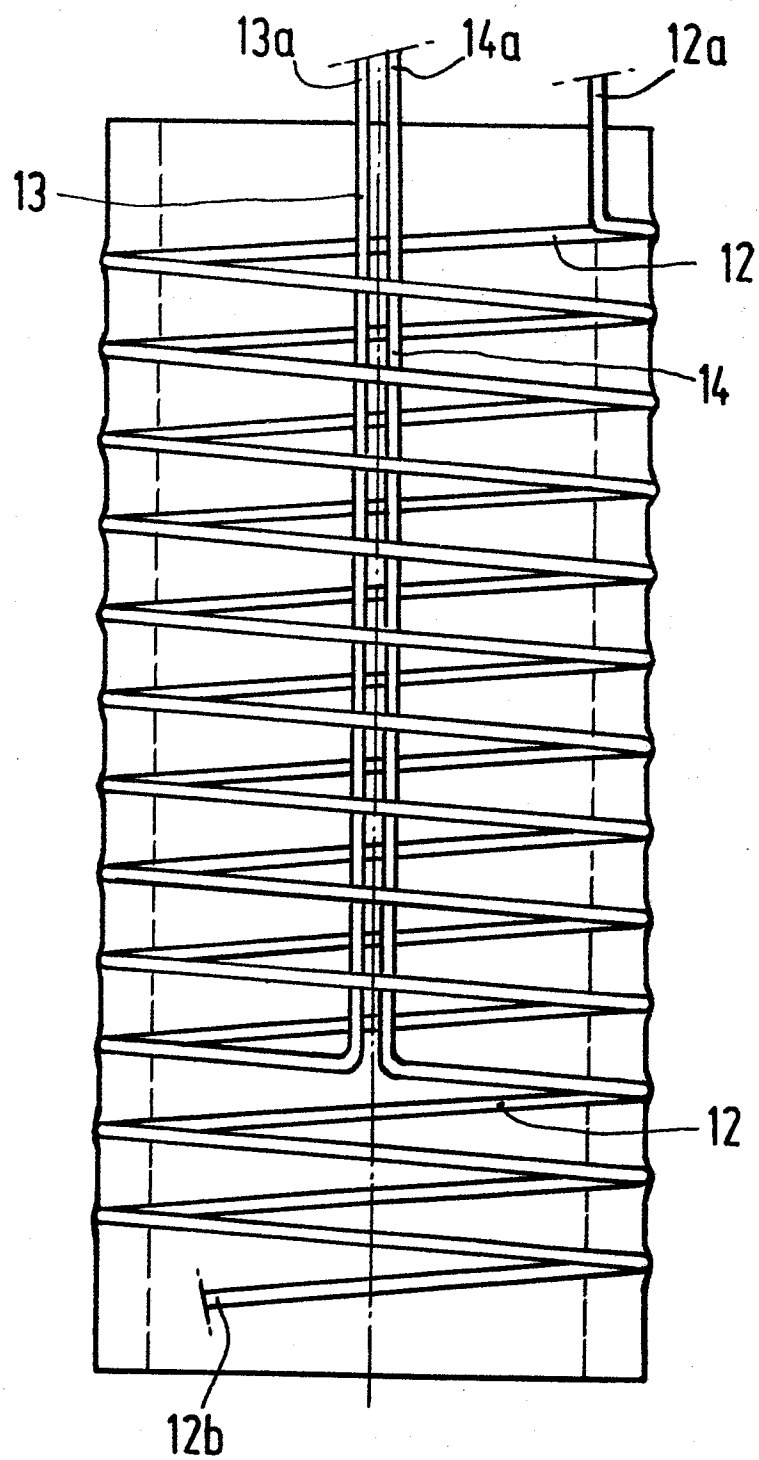


FIG. 5



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0133384

Numéro de la demande

EP 84 40 1285

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. 3)
A	US-A-3 030 780 (LOVEDAY) * colonne 2, lignes 46-54; colonne 5, lignes 2-9; figure 5 *	1,8	B 21 D 53/06 F 17 C 3/08
A	FR-A-1 429 875 (ATOMIC ENERGY) * page 1, colonne de gauche, lignes 6-25 *	1	
A	DE-A-2 441 664 (DÜSTERWALD) * page 3, lignes 1-18 *	1	
A	US-A-4 061 184 (RADCLIFFE) * à partir de colonne 3, ligne 51 jusqu'à colonne 4, ligne 42 *	1	
A	FR-A-1 246 917 (BOUCHAYER) * page 1, colonne de droite, lignes 24-39 *	8	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 3)
A	US-A-3 280 608 (PARILLA)		F 17 C B 21 D B 21 C F 28 D
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 14-09-1984	Examineur RIS M.
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	