



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
16.05.2012 Bulletin 2012/20

(51) Int Cl.:
F17C 3/02 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **12154056.1**

(22) Date de dépôt: **30.06.2009**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR

- **Deletre, Bruno**
78000 VERSAILLES (FR)
- **Canler, Gery**
78720 LA CELLE LES BORDES (FR)

(30) Priorité: **08.10.2008 FR 0805567**

(74) Mandataire: **Loyer & Abello**
9, rue Anatole de la Forge
75017 Paris (FR)

(62) Numéro(s) de document de la (des) demande(s) initiale(s) en application de l'article 76 CBE:
09784452.6 / 2 337 984

Remarques:

Cette demande a été déposée le 06-02-2012 comme demande divisionnaire de la demande mentionnée sous le code INID 62.

(71) Demandeur: **GAZTRANSPORT ET TECHNIGAZ**
78470 Saint Rémy Lès Chevreuse (FR)

(72) Inventeurs:
• **Yataghene, Mokrane**
92220 BAGNEUX (FR)

(54) **Cuve a membrane ondulée renforcée**

(57) Cuve étanche et thermiquement isolée, dont au moins une paroi comprend une membrane étanche destinée à être en contact avec du produit contenu dans la cuve et une couche thermiquement isolante adjacente à

la membrane, dans laquelle la membrane comprend au moins une plaque (1) présentant au moins une onde (2, 3), caractérisée par le fait qu'elle comprend un élément de renfort (5) inséré sous l'onde, entre la membrane et la couche thermiquement isolante.

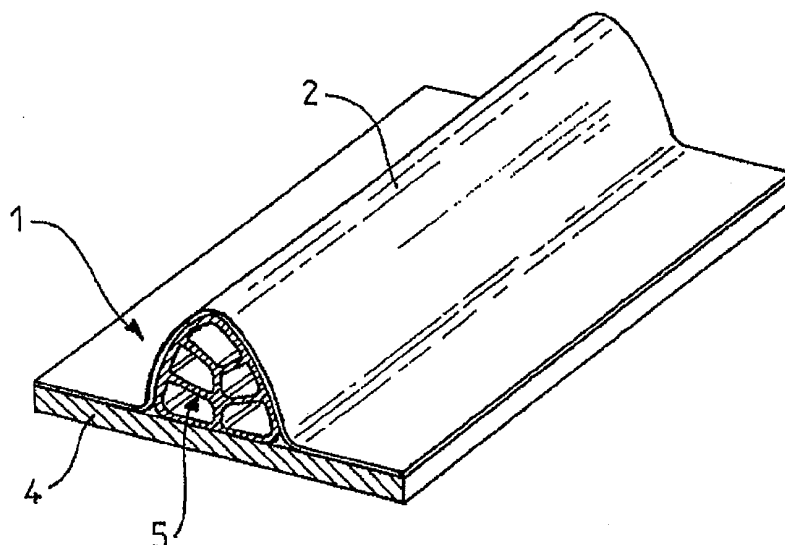


FIG. 2

Description

Domaine technique de l'invention

[0001] La présente invention se rapporte à une cuve étanche. En particulier, la présente invention se rapporte à une cuve étanche et thermiquement isolée destinée au transport de gaz naturel liquéfié (GNL) par navire.

Etat de la technique

[0002] Le document FR 2 781557 décrit une cuve intégrée dans la structure d'un navire, qui permet le transport de GNL. Les parois de la cuve comprennent successivement, depuis l'intérieur de la cuve vers l'extérieur, une barrière étanche primaire, une barrière thermiquement isolante primaire, une barrière étanche secondaire et une barrière thermiquement isolante secondaire. La barrière étanche primaire est une membrane réalisée avec des plaques métalliques ondulées, en acier inoxydable. Plus précisément, chaque plaque présente une série d'ondes parallèles à l'axe du navire et une autre série d'ondes perpendiculaires à l'axe du navire.

[0003] En fonctionnement, des contraintes mécaniques sont générées dans la membrane. Ces contraintes ont plusieurs sources: la rétraction thermique lors de la mise à froid de la cuve, l'effet de la poutre du navire, la pression hydrostatique due au chargement, ainsi que la pression dynamique due au mouvement de la cargaison, notamment en raison de la houle.

[0004] Les ondes prévues sur les plaques métalliques de la membrane sont destinées à permettre à la membrane de se déformer pour limiter les contraintes engendrées par la rétraction thermique et l'effet de la poutre du navire.

[0005] On a constaté que la pression dynamique pouvait provoquer des déformations plastiques des ondes. Or, à l'usage, de telles déformations peuvent conduire à dégrader la flexibilité des plaques et nuire à l'étanchéité de la membrane, notamment au niveau des jonctions entre plaques.

[0006] Pour augmenter la résistance à la pression de la membrane et limiter les déformations plastiques, le document FR 2 861 060 propose de prévoir des nervures de renfort sur les ondes.

[0007] Cependant, il peut être intéressant d'accroître encore la résistance à la pression de la membrane.

Résumé de l'invention

[0008] Un problème que la présente invention propose de résoudre est de fournir une cuve qui ne présente pas au moins certains des inconvénients précités de l'art antérieur. En particulier, un but de l'invention est d'améliorer la résistance à la pression de la membrane, afin d'éviter ou d'en limiter les déformations plastiques.

[0009] La solution proposée par l'invention est une cuve étanche, dont au moins une paroi comprend une mem-

brane étanche destinée à être en contact avec du produit contenu dans la cuve et un support adjacent à la membrane, dans laquelle la membrane comprend au moins une plaque présentant au moins une onde, caractérisée par le fait qu'elle comprend un élément de renfort inséré sous l'onde, entre la membrane et le support.

[0010] On a constaté qu'un tel élément de renfort permet de limiter les contraintes générées dans la membrane. Bien entendu, la membrane peut comprendre plusieurs plaques, la plaque peut présenter plusieurs ondes, et un élément de renfort peut être agencé sous une ou plusieurs ondes d'une ou plusieurs plaques. Le support peut être par exemple une couche thermiquement isolante, et plus précisément un panneau en contreplaqué d'une couche thermiquement isolante.

[0011] Selon un mode de réalisation, l'élément de renfort présente un passage interne qui permet à du gaz de circuler entre l'onde et le support en traversant l'élément de renfort.

[0012] Selon un mode de réalisation, un passage externe permet à du gaz de circuler entre l'onde et le support en contournant l'élément de renfort.

[0013] Avantagusement, l'élément de renfort est réalisé en un matériau choisi parmi : le contreplaqué, le polyéthylène, le polycarbonate, le polycarbonate renforcé de fibres de verres, le polyéther imide, et le polystyrène expansé.

[0014] Selon un mode de réalisation, l'élément de renfort comprend une enveloppe externe dont la forme correspond sensiblement à la forme de l'onde.

[0015] De préférence, l'élément de renfort comprend au moins un voile de renfort à l'intérieur de ladite enveloppe.

[0016] Avantagusement, en l'absence de produit contenu dans la cuve, la distance minimale entre l'élément de renfort et l'onde est comprise entre 0 % et 5 % de la hauteur de l'onde.

[0017] De préférence, la plaque présente une première série d'ondes parallèles entre elles, et une deuxième série d'ondes parallèles entre elles et transverses aux ondes de la première série, l'élément de renfort étant inséré sous une onde de la première série. Bien entendu, plusieurs éléments de renfort peuvent être insérés sous plusieurs ondes de la première série.

[0018] Selon un mode de réalisation, l'élément de renfort présente une longueur correspondant à la distance entre deux ondes de la deuxième série. En variante, cette longueur peut être plus petite ou plus grande.

[0019] Avantagusement, l'élément de renfort est inséré sous l'onde de manière glissante par rapport à la membrane et au support. Dans ce cas, la fabrication de la cuve ne nécessite pas d'étape de fixation de l'élément de renfort.

[0020] Dans une variante, l'élément de renfort est fixé à la membrane ou au support. Cela permet d'assurer que l'élément de renfort reste positionné à l'endroit voulu.

[0021] Selon un mode de réalisation, la membrane présente une contre-dépouille, l'élément de renfort étant

clipsé à, ou coincé dans, la contre-dépouille.

[0022] Selon un mode de réalisation, au moins deux éléments de renfort sont agencés respectivement sous deux ondes adjacentes de la membrane, l'un desdits deux éléments de renfort formant une butée pour l'autre desdits deux éléments de renfort. Ainsi, un élément de renfort est rendu prisonnier par l'autre et est donc maintenu en place.

[0023] Avantageusement, l'élément de renfort présente au moins un point faible apte à se déformer ou se rompre s'il est soumis à une contrainte supérieure à un seuil déterminé.

[0024] Cela permet de connaître, par des déformations plastiques contrôlées des la membrane, les pressions subies par la membrane et d'identifier d'éventuels risques d'endommagement pour le support sous-jacent.

[0025] De préférence, à distance de l'onde, la membrane est en contact avec le support.

[0026] L'invention fournit également un ouvrage flottant comprenant une cuve selon l'invention ci-dessus. Il peut s'agir d'un navire ou d'un autre type d'installation flottante.

Breve description des figures

[0027] L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description suivante d'un mode de réalisation particulier de l'invention, donné uniquement à titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés. Sur ces dessins :

- la figure 1 est une vue en perspective d'une plaque ondulée d'une cuve selon un mode de réalisation de l'invention,
- la figure 2 est une vue en perspective et en coupe d'une onde de la plaque ondulée de la figure 1, et d'un élément de renfort selon une première variante,
- les figures 3 à 9 représentent, en perspective, différentes variantes de l'élément de renfort, et
- les figures 10 et 11 représentent, en coupe, d'autres variantes de l'élément de renfort,
- la figure 12 montre une vue de dessus de la plaque de la figure 1, au niveau d'un croisement d'ondes, ainsi qu'une vue en perspective et en coupe partielle d'un élément de renfort fixé par clipsage sous une onde,
- la figure 13 représente un élément de renfort destiné à être agencé simultanément sous plusieurs ondes, et
- la figure 14 représente, en perspective éclatée, deux éléments de renfort coopérant entre eux.

Description détaillée d'un mode de réalisation de l'invention

[0028] Une cuve selon un mode de réalisation de l'invention peut présenter une structure multicouche de ma-

nière similaire aux cuves des documents FR 2 781 557 et FR 2 861 060 cités en introduction. En particulier, la cuve présente une membrane étanche primaire réalisée avec des plaques métalliques ondulées qui reposent sur un panneau en contreplaqué d'une couche thermiquement isolante primaire. Les aspects généraux de cette structure multicouche étant connus, on décrit ci-dessous les particularités de la cuve selon un mode de réalisation de l'invention.

[0029] La plaque 1 représentée sur la figure 1 est une plaque ondulée, réalisée en inox, de forme globalement rectangulaire. La membrane étanche primaire de la cuve est réalisée en soudant bord à bord plusieurs plaques de ce type.

[0030] Comme le montre la figure 1, la plaque 1 comprend trois grandes ondes 2 s'étendant selon la longueur de la plaque 1, et neuf petites ondes 3 s'étendant selon la largeur de la plaque 1. On parle de grandes ondes 2 et de petites ondes 3 car la hauteur des grandes ondes 2 est supérieure à celle des petites ondes 3.

[0031] En variante, la plaque 1 pourrait présenter un nombre différent de grandes ondes 2 et/ou de petites ondes 3. En variante également, les ondes de la plaque 1 pourraient présenter des nervures de renfort comme décrit dans FR 2 861 060. Les ondes de la plaque 1 pourraient aussi présenter d'autres configurations, par exemple comme dans les documents FR 2 735 847 ou KR-10-2005-0050170.

[0032] Sur la figure 2, on voit que la plaque 1 repose sur le contreplaqué 4 de la couche thermiquement isolante sous-jacente. En variante, la plaque 1 pourrait reposer sur un autre type de support. On voit également sur cette figure qu'un élément de renfort 5 est agencé sous la grande onde 2, entre la plaque 1 et le contreplaqué 4. Dans le cadre de la présente description, « sous » signifie que l'élément de renfort 5 est recouvert par l'onde, mais ne signifie pas nécessairement qu'il se trouve plus bas. En effet, sur les parois verticales de la cuve, l'élément de renfort 5 se trouve à l'horizontal de l'onde qui le recouvre.

[0033] Dans l'exemple de la figure 2, la longueur de l'élément de renfort 5 correspond à la distance entre deux petites ondes 3.

[0034] Plusieurs éléments de renfort 5 peuvent être agencés, chacun sous une grande onde 2 entre deux petites ondes 3. Le nombre et la répartition des éléments de renfort 5 peuvent être déterminés en fonction de la répartition des contraintes prévues en fonctionnement dans la membrane de la cuve.

[0035] En variante, la longueur de l'élément de renfort 5 peut être inférieure à la distance entre deux petites ondes 3 ou, si la géométrie du croisement entre ondes le permet, supérieure à cette distance. En variante également, des éléments de renfort 5 peuvent être prévus sous les petites ondes 3.

[0036] L'élément de renfort 5 est mis en place comme représenté sur la figure 2, sans être fixé ni à la plaque 1 ni au contreplaqué 4. Il peut donc éventuellement glisser

sous la grande onde 2. La fabrication de la cuve ne nécessite donc pas d'étape de fixation des éléments de renfort 5. En variante, l'élément de renfort 5 peut être fixé à la membrane ou au contreplaqué 4.

[0037] De nombreuses formes peuvent convenir pour l'élément de renfort 5. Les figures 3 à 11 représentent différentes formes qui peuvent convenir. Les vues des figures 3 à 9 sont des vues en perspective d'une tranche de l'élément de renfort 5, dont la longueur peut être plus grande que celle représentée. Les vues des figures 10 et 11 sont des vues en coupe. Sur ces différentes figures, on utilise les mêmes signes de référence pour désigner des éléments similaires.

[0038] L'élément de renfort 5 de la figure 3 présente une section pleine. Ses deux faces latérales 6 sont courbes et de forme correspondant à celle de l'onde 2. Toutefois, les faces latérales 6 ne s'étendent pas jusqu'au sommet de l'onde 2 et l'élément de renfort 5 présente une face supérieure 7 plane. Du gaz peut circuler entre le sommet de l'onde 2 et la face supérieure 7.

[0039] L'élément de renfort 5 de la figure 4 présente une enveloppe 8 dont la forme extérieure correspond à la forme de l'onde 2. Un passage 9 circulaire permet à du gaz de passer à travers l'élément de renfort 5. Dans la variante de la figure 5, le passage 9 a une forme correspondant à la forme extérieure de l'enveloppe 8, afin d'offrir une plus grande surface de passage.

[0040] L'élément de renfort 5 de la figure 6 présente également une enveloppe 8 dont la forme extérieure correspond à la forme de l'onde 2 et un passage 9. Afin d'améliorer la résistance mécanique de l'élément de renfort 5, des voiles 10 internes traversent le passage 9. Les figures 7 à 9 représentent des configurations alternatives des voiles 10.

[0041] Les éléments de renfort des figures 3 à 9 peuvent être réalisés par exemple en l'un des matériaux suivants : le polyéthylène, le polycarbonate, le polycarbonate renforcé de fibres de verres, le polyéther imide, et le polystyrène expansé. Ils peuvent être fabriqués par toute technique appropriée (injection, moulage, extrusion, usinage,...).

[0042] Les éléments de renfort 5 des figures 10 et 11 présentent une section pleine. Leurs faces latérales 6 présentent chacune deux bandes planes. Comme pour l'élément de renfort de la figure 3, du gaz peut passer entre la face supérieure 7 et le sommet de l'onde. Les éléments de renfort 5 des figures 10 et 11. peuvent par exemple être réalisés en contreplaqué, par usinage.

[0043] L'élément de renfort 5 de la figure 11 présente une languette 22 fixée à sa face inférieure 23. La languette 23 permet de fixer l'élément de renfort 5 au contreplaqué 4, par exemple au niveau de la jonction entre deux plaques de contreplaqué.

[0044] La figure 12 montre, en partie gauche, la géométrie des ondes au niveau d'un croisement entre une grande onde 2 et une petite onde 3. On peut constater que la membrane présente à ce niveau une contre-dépouille 20. La partie droite de la figure 12 montre que

l'élément de renfort 5 agencé sous une grande onde 2 présente, au niveau de son extrémité, des pattes 21 qui permettent de fixer l'élément de renfort 5 à la membrane, par clipsage au niveau de la contre-dépouille 20. En variante, les pattes 21 pourraient être coincées.

[0045] La figure 13 représente en perspective un élément de renfort 5 qui est destiné à être agencé simultanément sous plusieurs grandes ondes 2 et petites ondes 3. Sa forme correspond à celles des ondes, y compris au niveau des croisements. Des passages 9 internes sont prévus aussi bien dans les parties situées sous les petites ondes 3 que sous les grandes ondes 2.

[0046] La figure 14 représente deux éléments de renfort 5, l'un étant destiné à être agencé sous une grande onde 2 et l'autre sous une petite onde 3, en se croisant au niveau du croisement des ondes. A ce niveau, les éléments de renfort 5 présentent chacun une encoche 24 permettant de les positionner l'un par rapport à l'autre. Comme on le voit sur cette figure, les éléments de renfort 5 ont une section rectangulaire.

[0047] Les différentes formes d'élément de renfort 5 proposées ci-dessus permettent aux ondes de se déformer en cas de contraction thermique, et offrent un support aux ondes en cas de déformation due aux pressions hydrostatique et dynamique. Pour atteindre ce but, on peut prévoir que, lorsque la cuve est vide (donc en l'absence de chargement thermique et de pression hydrostatique ou dynamique), la distance minimale entre l'élément de renfort 5 et l'onde sous laquelle il se trouve soit comprise entre 0 % et 5 % de la hauteur de l'onde.

[0048] Les différentes formes d'élément de renfort 5 présentent chacune des propriétés particulières : coût et facilité de fabrication, résistance mécanique, quantité de matière,... En fonction des applications, on peut choisir la forme la plus appropriée.

[0049] Des simulations numériques ont été réalisées pour vérifier l'effet de l'élément de renfort 5 sur les contraintes engendrées dans la membrane, par comparaison avec une membrane sans élément de renfort. Ces simulations ont montré que:

- en cas de chargement thermique (contraction de la membrane due au froid), la présence d'un élément de renfort 5 n'introduit pas de contraintes indésirables dans la membrane,
- en cas de chargement thermique et de chargement en pression uniforme (correspondant à la pression hydrostatique de la cargaison), la présence d'un élément de renfort 5 permet de diminuer les contraintes dans la membrane, et
- en cas de chargement thermique et de chargement en pression asymétrique (correspondant à la pression dynamique de la cargaison), la présence d'un élément de renfort 5 permet de diminuer les contraintes dans la membrane.

[0050] Bien que l'invention ait été décrite en liaison avec un mode de réalisation particulier, il est bien évident

qu'elle n'y est nullement limitée et qu'elle comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention.

Revendications

1. Cuve étanche, dont au moins une paroi comprend une membrane étanche destinée à être en contact avec du produit contenu dans la cuve et un support adjacent à la membrane, dans laquelle la membrane comprend au moins une plaque (1) présentant au moins une onde (2, 3), **caractérisée par le fait qu'elle comprend un élément de renfort (5) inséré sous l'onde, entre la membrane et le support, l'élément de renfort comprenant une enveloppe externe dont la forme extérieure correspond sensiblement à la forme de l'onde sous laquelle l'élément de renfort est inséré, l'élément de renfort présentant un passage interne (9) qui permet à du gaz de circuler entre l'onde et le support en traversant l'élément de renfort.**
2. Cuve selon la revendication 1, dans laquelle le passage interne (9) présente une forme correspondant à la forme extérieure de l'enveloppe de l'élément de renfort, de sorte que l'enveloppe présente une paroi d'épaisseur uniforme sur sensiblement toute la périphérie de l'enveloppe.
3. Cuve selon la revendication 2, dans laquelle l'enveloppe de l'élément de renfort comporte une surface de base plane en contact avec le support, la paroi de l'enveloppe présentant une portion épaissie au niveau de deux extrémités de la surface de base.
4. Cuve selon la revendication 2 ou 3, dans laquelle l'élément de renfort comprend au moins un voile (10) de renfort à l'intérieur de ladite enveloppe.
5. Cuve selon la revendication 4, dans laquelle ledit au moins un voile (10) traverse le passage interne (9) de manière à diviser le passage interne (9) en plusieurs sections.
6. Cuve selon la revendication 1, dans laquelle le passage interne (9) présente une section circulaire.
7. Cuve selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle l'élément de renfort est réalisé en un matériau choisi parmi : le contreplaqué, le polyéthylène, le polycarbonate, le polycarbonate renforcé de fibres de verres, le polyéther imide et le polystyrène expansé.
8. Cuve selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle, en l'absence de produit contenu dans

la cuve, la distance minimale entre l'élément de renfort et l'onde est comprise entre 0 % et 5 % de la hauteur de l'onde.

9. Cuve selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle la plaque présente une première série d'ondes (2) parallèles entre elles, et une deuxième série d'ondes (3) parallèles entre elles et transverses aux ondes de la première série, l'élément de renfort (5) étant inséré sous une onde (2) de la première série.
10. Cuve selon la revendication 9, dans laquelle l'élément de renfort présente une longueur correspondant à la distance entre deux ondes de la deuxième série.
11. Cuve selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle l'élément de renfort est inséré sous l'onde de manière glissante par rapport à la membrane et au support.
12. Cuve selon l'une des revendications 1 à 10, dans laquelle l'élément de renfort est fixé à la membrane ou au support.
13. Cuve selon la revendication 12, dans laquelle la membrane présente une contre-dépouille (20), l'élément de renfort étant clipsé à, ou coincé dans, la contre-dépouille.
14. Cuve selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle au moins deux éléments de renfort sont agencés respectivement sous deux ondes adjacentes de la membrane, l'un desdits deux éléments de renfort formant une butée pour l'autre desdits deux éléments de renfort.
15. Ouvrage flottant comprenant une cuve selon l'une des revendications précédentes.

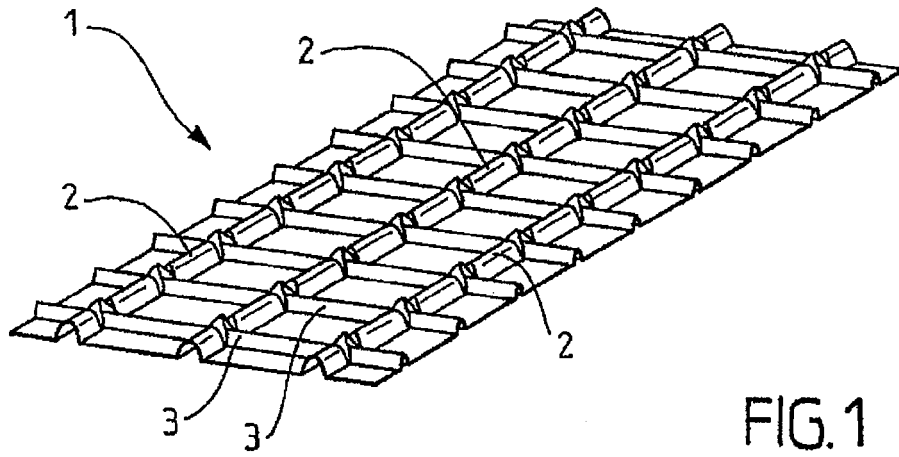


FIG. 1

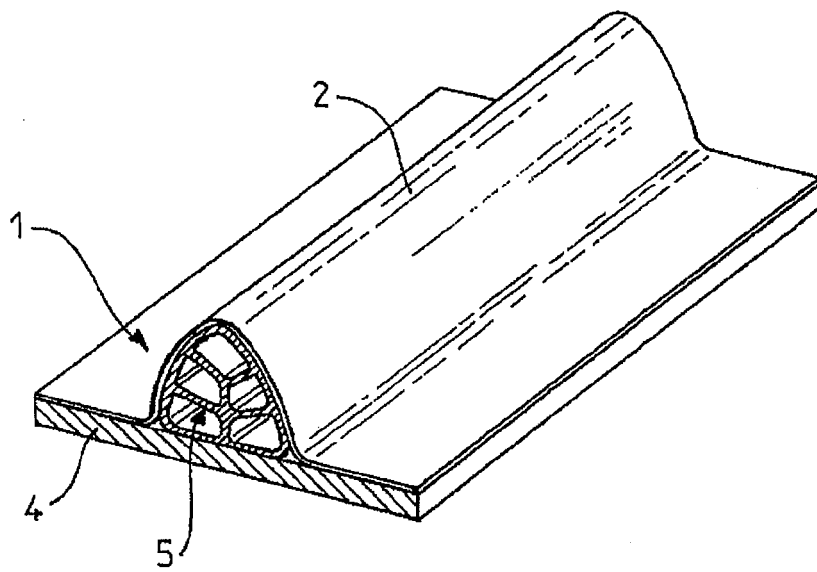


FIG. 2

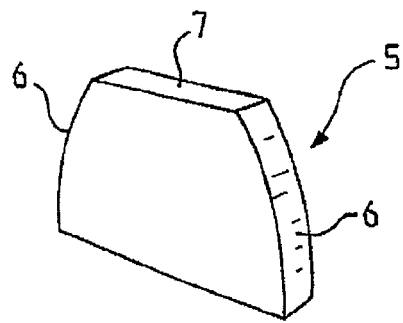


FIG. 3

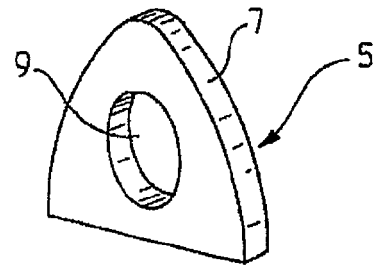


FIG. 4

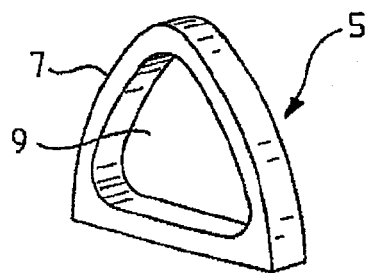


FIG. 5

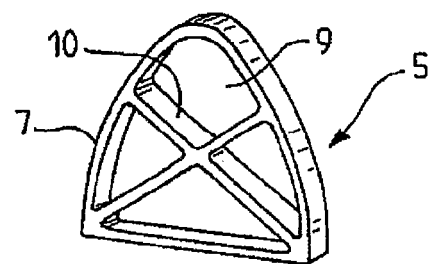


FIG. 6

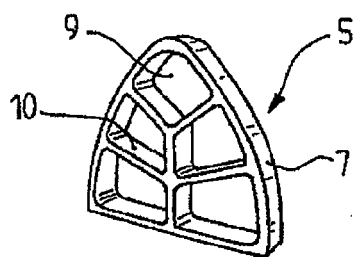


FIG. 7

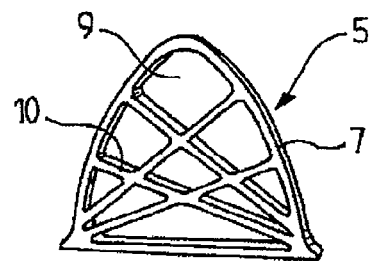


FIG. 8

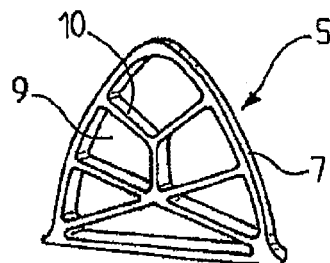


FIG. 9

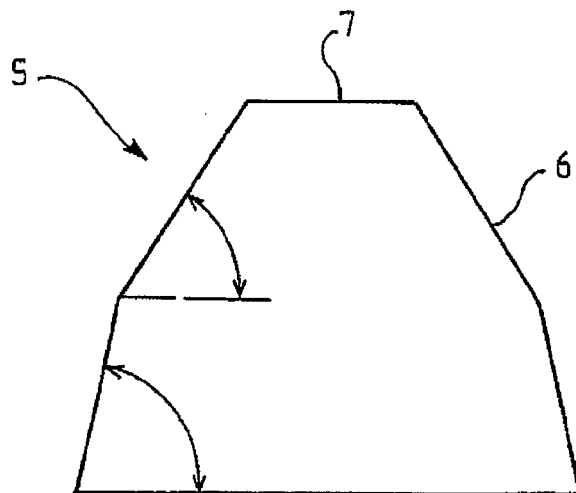


FIG. 10

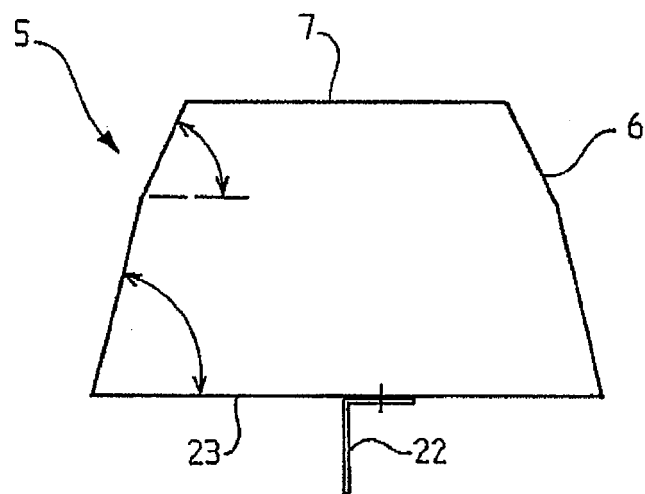


FIG. 11

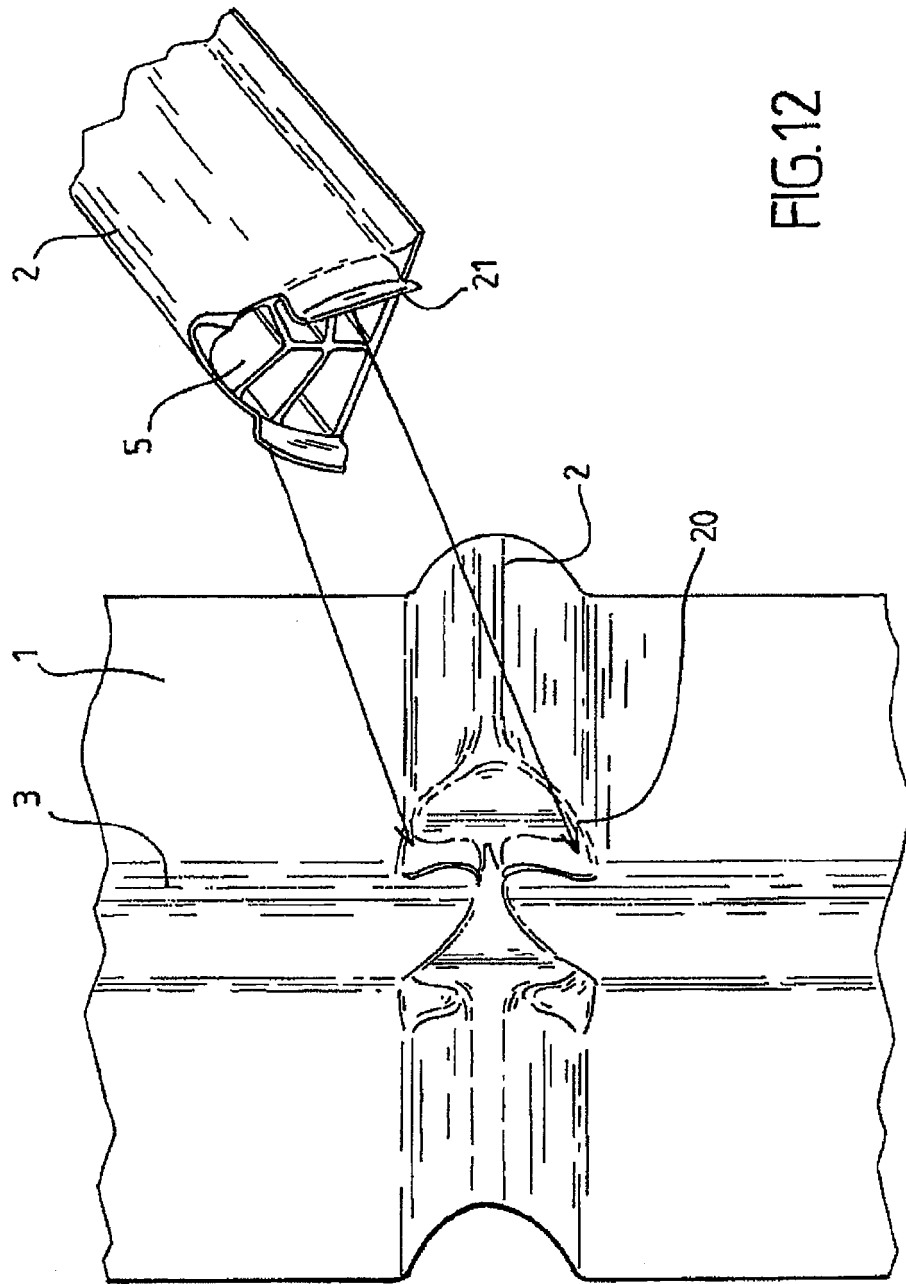


FIG.12

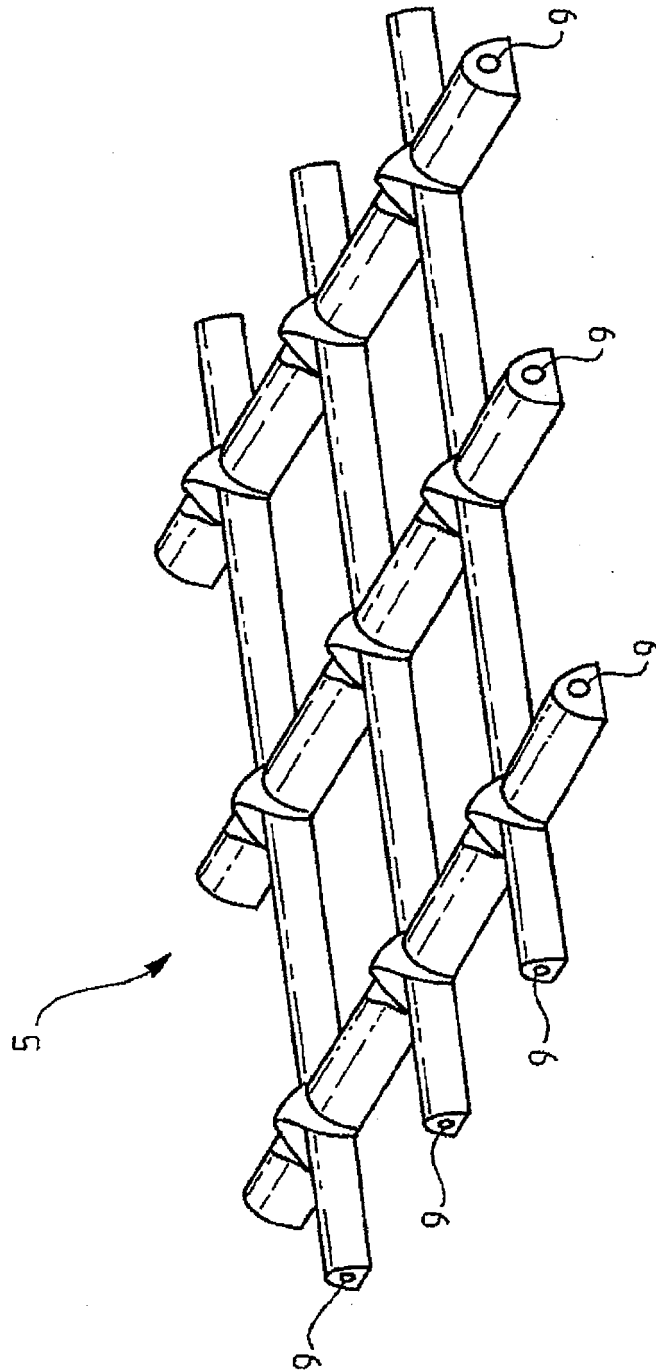


FIG.13

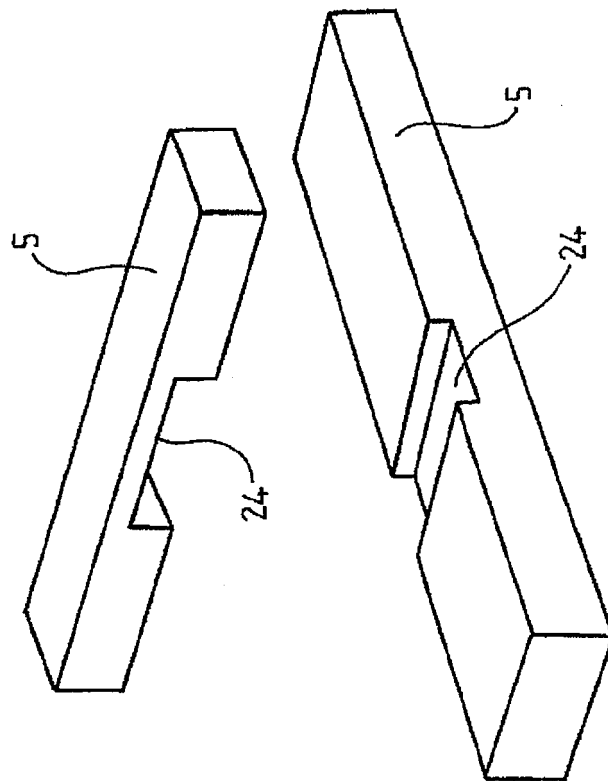


FIG.14

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2781557 [0002] [0028]
- FR 2861060 [0006] [0028] [0031]
- FR 2735847 [0031]
- KR 1020050050170 [0031]