(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** **2 950 960**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **10 57965**

(51) Int Cl[8] : ***F 28 D 9/00*** *(2017.01), F 28 F 3/02, 11/00*

(12) **BREVET D'INVENTION** **B1**

(54) ECHANGEUR DE CHALEUR.

(22) **Date de dépôt :** 01.10.10.

(30) **Priorité :** 02.10.09 DE 102009048103.6.

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 08.04.11 Bulletin 11/14.

(45) **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention :** 06.04.18 Bulletin 18/14.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :**

Se reporter à la fin du présent fascicule

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(○) **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *LINDE AKTIENGESELLSCHAFT* — DE.

(72) **Inventeur(s) :** DIETZ RAINER, AIGNER HERBERT, WANKE RUDOLF et WINNEN FLORIAN.

(73) **Titulaire(s) :** LINDE AKTIENGESELLSCHAFT.

(74) **Mandataire(s) :** CABINET HERRBURGER.

FR 2 950 960 - B1

Domaine de l'invention

La présente invention concerne un procédé de réalisation d'un échangeur de chaleur à plaques composé d'un grand nombre de tôles séparatrices, rectangulaires, empilées en étant écartées les unes des autres pour former des passages entre les tôles séparatrices, les passages étant délimités au niveau d'au moins deux côtés par des écarteurs, et une brasure est appliquée sur les points de contact entre les tôles séparatrices et les écarteurs, on brase les tôles séparatrices et les écarteurs empilés pour former un bloc et sur le bloc on installe des moyens d'alimentation et d'évacuation des fluides.

L'invention sera décrite à l'aide d'un échangeur de chaleur à plaques en aluminium, mais peut s'appliquer en principe à la réalisation de n'importe quel échangeur de chaleur tel que défini par les caractéristiques ci-dessus.

En particulier l'invention convient pour la fabrication d'échangeurs de chaleur à plaques en acier inoxydable ou en acier très réfractaire utilisant le principe plaques/tiges.

Etat de la technique

Usuellement, les échangeurs de chaleur en aluminium pour échanger la chaleur entre au moins deux milieux, se composent d'un grand nombre de passages empilés, séparés les uns des autres par des tôles séparatrices. Les différents passages sont en principe installés de manière analogue et en parallèle. L'échange de chaleur entre les milieux ou participant à l'échange de chaleur se fait entre les passages voisins ; les passages et ainsi les milieux ou les chambres de pression sont séparés les uns des autres par des tôles appelées usuellement des tôles séparatrices. L'échange de chaleur se fait par transfert de chaleur à travers les tôles.

Selon l'état de la technique, dans les différents passages on a une structure ondulée constituant des canaux servant à guider le milieu. Les sommets des ondulations de cette structure sont reliés aux tôles séparatrices voisines respectives. Les milieux qui participent à l'échange de chaleur sont ainsi en contact thermique direct avec les structures de forme ondulée, de sorte que l'échange de chaleur se fait par contact thermique entre les sommets des ondulations et les tôles

séparatrices. Pour optimiser le transfert de chaleur, on choisit l'alignement de la structure ondulée selon l'application de façon à avoir des courants parallèles/croisés/contre-courants ou encore des courants croisés/contre-courants entre les passages voisins. Un tel échangeur de chaleur est décrit dans le document DE 103 43 107.

Les structures de forme ondulée dans les passages assurent trois fonctions. D'une part, le contact thermique entre la structure ondulée et la tôle séparatrice assure l'échange de chaleur entre deux milieux dans les passages voisins. D'autre part, les structures ondulées relient les tôles séparatrices. En troisième lieu, les flancs de la structure ondulée servent à induire les efforts générés par la pression interne dans les liaisons entre les sommets des ondulations, les soudures et les tôles séparatrices.

Selon l'état de la technique, on forme les structures ondulées par des tôles, au moins partiellement profilées avec une forme ondulée. Les tôles généralement minces sont pliées à l'aide d'une presse ou d'autres outils de mise en forme pour obtenir des structures ondulées. Une autre structure ondulée selon l'état de la technique est décrite dans le document DE 10 2009 018 247 selon lequel, les structures ondulées sont formées par des profilés tels que les profilés creux de section rectangulaire.

De tels échangeurs de chaleur à plaques sont fabriqués selon l'état de la technique de la manière suivante. Les tôles séparatrices qui sont en principe rectangulaires sont écartées les unes des autres, dans des piles pour réaliser des passages entre les tôles séparatrices, à travers lesquels peuvent passer les fluides participant à l'échange de chaleur. Pour assurer l'écartement, on introduit des écarteurs (sidebars) sur au moins deux côtés entre les tôles séparatrices. Lorsqu'on réalise un échangeur de chaleur à plaques avec des passages à structure ondulée, on empile toujours en alternance les tôles profilées au moins partiellement de forme ondulée et les tôles séparatrices ; en d'autres termes, on applique chaque fois une tôle séparatrice sur une couche de profilés juxtaposés. La hauteur des profilés ou la profondeur de la structure des tôles, au moins partiellement profilées avec une forme ondulée, correspond ainsi à la

hauteur des écarteurs. Les tôles séparatrices, les écarteurs et les tôles au moins partiellement profilées de manière ondulée ou encore les profilés sont munis d'une brasure à leurs points de contact. La pile ainsi obtenue est brasée globalement dans un four à braser, sous la forme d'un bloc essentiellement parallélépipédique. Le bloc est délimité vis-à-vis de l'extérieur en général par des tôles de couverture, c'est-à-dire des tôles d'épaisseur plus grande que celle des tôles séparatrices. Dans une dernière étape, on munit le bloc ainsi obtenu avec des moyens pour assurer l'alimentation et l'évacuation des milieux participant à l'échange de chaleur. Les collecteurs en général en forme de demi-cylindres sont soudés à des endroits appropriés sur le bloc échangeur de chaleur. Les collecteurs collectent et répartissent les milieux participant à l'échange de chaleur.

Un tel échangeur de chaleur à plaques selon l'état de la technique se compose fréquemment de modules séparés. Dans le cadre de la présente description, un module correspond pratiquement à un bloc parallélépipédique réalisé comme cela a été décrit ci-dessus. Dans de tels échangeurs de chaleur à plaques, les collecteurs s'étendent souvent sur plusieurs modules.

Lorsqu'on soude les collecteurs selon l'état de la technique, on applique en général d'abord une couche tampon. La couche tampon est un cordon de soudure réalisé comme base de soudage pour les collecteurs sur les blocs ; cela permet de compenser les tolérances différentes des divers blocs et d'absorber les contraintes thermiques générées par le soudage.

Dans certaines applications de tels échangeurs de chaleur à plaques, il est nécessaire d'enlever les collecteurs à des intervalles plus ou moins réguliers. Cela est par exemple nécessaire pour de tels échangeurs de chaleur à plaques utilisés comme des réacteurs. Dans ces applications, on remplit souvent les passages avec du catalyseur. Le catalyseur doit être enlevé des passages périodiquement pour être régénéré. De ce fait, il est nécessaire d'enlever les collecteurs à intervalles réguliers. Selon l'état de la technique, on enlève les collecteurs par des procédés de séparation mécanique, par exemple en tronçonnant ou en fraisant et après avoir extrait le

catalyseur épuisé de l'échangeur de chaleur à plaques et, après la recharge avec du catalyseur frais, on assemble de nouveau en soudant.

Or il s'est avéré que dans de tels échangeurs de chaleur à plaques, on rencontre des problèmes fondamentaux lorsqu'on soude les collecteurs au niveau des transitions entre les écarteurs et les tôles séparatrices, du fait de la soudure qui se trouve entre ces éléments et de plus, on rencontre des problèmes d'étanchéité au fur et à mesure du temps d'utilisation.

But de l'invention

La présente invention a ainsi pour but de développer un procédé de fabrication d'un échangeur de chaleur à plaques correspondant à la définition donnée ci-dessus pour conserver l'étanchéité et la solidité mécanique de tels échangeurs de chaleur à plaques, même dans des applications nécessitant un enlèvement et un remontage fréquent des collecteurs.

Exposé et avantages de l'invention

A cet effet l'invention concerne un procédé de fabrication d'un échangeur de chaleur à plaques du type défini ci-dessus caractérisé en ce que les collecteurs sont soudés à une pièce intermédiaire qui a été préalablement brasée sur le bloc.

Selon l'invention, les collecteurs ne sont pas soudés directement sur le bloc échangeur de chaleur, mais sur une pièce intermédiaire qui a été préalablement brasée sur le bloc. Selon un procédé de fabrication de l'état de la technique, les collecteurs sont soudés directement sur le bloc échangeur de chaleur ou par une couche tampon. Mais on a constaté toutefois de manière surprenante que ce soudage direct sur les points de brasure du bloc échangeur de chaleur était la cause des problèmes d'étanchéité et de solidité mécanique de l'échangeur de chaleur à plaques. Du fait de l'apport thermique important nécessaire au soudage, la brasure dans l'environnement immédiat de l'endroit du soudage se re-liquéfie en partie ce qui endommage les brasures par le soudage. Cela occasionne des difficultés d'étanchéité et de solidité mécanique pour l'échangeur de chaleur. On rencontre ces difficultés en particulier dans les échangeurs de chaleur à plaques dont l'utilisation nécessite un enlèvement et un re-soudage

fréquent des collecteurs. La pièce intermédiaire selon l'invention évite de telles difficultés. L'utilisation selon l'invention d'une pièce intermédiaire évite que la brasure du bloc se re-liquéfie au moment du soudage. Les tensions mécaniques générées par l'apport de chaleur lié à l'opération de soudage ou lors de l'enlèvement mécanique des collecteurs ne sont pas transmises au bloc échangeur de chaleur. Cela permet de conserver l'étanchéité et la solidité mécanique de l'échangeur de chaleur à plaques, même après plusieurs enlèvements et remise en place des collecteurs. La pièce intermédiaire peut être installée directement sur la pile avant la première opération de brasage, de sorte qu'après le brasage, le bloc échangeur de chaleur comporte directement les pièces intermédiaires pour installer le collecteur. En variante, l'installation des pièces intermédiaires peut également se faire au cours d'une seconde opération de brasage. Cela est vrai notamment si l'échangeur de chaleur à plaques résultant se compose de plusieurs modules.

Dans le cas d'un bloc composé de plusieurs modules, les différents modules sont usinés mécaniquement à une dimension finale commune. Ensuite, on brase les pièces intermédiaires sur chacun des différents modules ; les pièces intermédiaires servent ici également d'éléments supplémentaires pour relier les modules par soudage.

De façon préférentielle, avant l'opération de brasage, on garnit les passages au moins partiellement de tôles profilées avec une forme ondulée ou de profilés qui sont munis d'une brasure aux points de contact avec les tôles séparatrices. Cette réalisation de l'invention permet de produire des échangeurs de chaleur à plaques ayant des passages à structure ondulée. Ainsi on alterne des tôles séparatrices et au moins des tôles profilées en partie avec une forme ondulée ou des couches de profilés simples que l'on empile et dont on réunit les points de contact par une brasure. Le bloc obtenu est avantageusement fermé par une tôle de couverture sur au moins une face, cette tôle de couverture ayant une épaisseur plus grande que les tôles séparatrices. En variante, on peut également souder, l'une sur l'autre, deux tôles séparatrices pour former une tôle de couverture.

De façon avantageuse, la pièce intermédiaire est réalisée à la forme du collecteur. De façon préférentielle, on utilise comme pièce

intermédiaire un cadre. En général, les collecteurs ont la forme d'un demi-cylindre. C'est pourquoi dans ce mode de réalisation de l'invention, on utilise des cadres comme pièces intermédiaires dont la forme correspond à un rectangle du contour de base des demi-cylindres. Les cadres sont avantageusement obtenus soit en découpant une plaque de tôle plane, soit en assemblant par soudage des matières planes pour former un cadre que l'on usine mécaniquement ensuite. Le dimensionnement approprié du cadre permet de minimiser l'influence thermique et mécanique de l'opération de soudage du collecteur ou s'allier à l'enlèvement mécanique du collecteur. La dimension du cadre est adaptée à la dimension du bloc et du collecteur. La largeur du cadre correspond avantageusement à la largeur des barres d'écartement. De façon préférentielle, on utilise des cadres ayant une épaisseur comprise entre 6 mm et 10 mm.

Selon un développement préférentiel, on dégage la forme de la pièce intermédiaire par fraisage dans le bloc, puis on ajuste la pièce intermédiaire munie de la brasure dans la partie du bloc dégagée par fraisage et on accroche de préférence par soudage par points. Ensuite, on brase le bloc. Dans cette réalisation de l'invention, on dégage avantageusement le contour de la pièce intermédiaire par fraisage. Ainsi par exemple, on utilise des cadres comme pièces intermédiaires, on dégage par fraisage la forme du cadre dans le bloc. Puis on ajuste le cadre dans la partie du bloc dégagé par fraisage et on fixe de préférence par un soudage par points. Pour braser le cadre, on utilise de préférence la même brasure que celle utilisée pour braser l'ensemble du bloc. Au lieu de dégager à la fraise le contour de la pièce intermédiaire, on peut utiliser d'autres procédés mécaniques avec enlèvement de copeaux.

De façon avantageuse, on installe la pièce intermédiaire sur des passages factices qui ne seront pas traversés par les fluides lors de l'utilisation ultérieure de l'échangeur de chaleur à plaques. L'utilisation d'une seule brasure pour réaliser l'échangeur de chaleur à plaques est une solution également avantageuse.

De façon particulièrement préférentielle, les tôles séparatrices, les tôles de couverture, les tôles au moins partiellement

profilées, les profils, la pièce intermédiaire et/ou les collecteurs sont réalisés en acier inoxydable ou en un acier très réfractaire, de préférence en acier au molybdène ou en acier nickel chrome. Le procédé selon l'invention convient tout particulièrement pour fabriquer des échangeurs de chaleur à plaques en acier inoxydable ou en acier très réfractaire. De tels échangeurs de chaleur à plaques sont utilisés dans des applications de procédés très différentes, dans des installations de distillation d'air, des installations de pétrochimie, des installations à hydrogène ou des installations à gaz naturel. Dans les installations à gaz naturel, un tel échangeur de chaleur à plaques permet de refroidir le gaz naturel et de le liquéfier tout en séparant des produits auxiliaires. Dans des installations de gaz de synthèse, on peut également utiliser un tel échangeur de chaleur à plaques pour séparer et pour exploiter des matières (H2, CO, CO2, CH4) ou pour préchauffer les matières utilisées. Dans les installations d'éthylène, on utilise les échangeurs de chaleur à plaques pour séparer l'éthylène ; dans les installations de décomposition de l'air, on utilise des échangeurs de chaleur à plaques comme condenseurs et comme évaporateurs.

Selon un développement de l'invention, on réalise des pièces intermédiaires et/ou des collecteurs en une autre matière que les autres parties restantes de l'échangeur de chaleur à plaques. On a constaté que le soudage se faisait de manière plus simple dans le cas de l'acier nickel/chrome que dans le cas de l'acier inoxydable. C'est pourquoi il est avantageux dans le cas d'un échangeur de chaleur à plaques en acier inoxydable, de réaliser la pièce intermédiaire et/ou le collecteur, en acier nickel/chrome.

De façon avantageuse, l'épaisseur des tôles séparatrices varie dans le bloc dans le cas d'un échangeur de chaleur à plaques en acier inoxydable ou dans le cas d'un acier très réfractaire, de préférence de l'acier molybdène ou de l'acier nickel/chrome. Dans un tel échangeur de chaleur à plaques, le retrait lié aux couches de soudure est faible, ce qui permet d'optimiser la consommation de matière en faisant varier les épaisseurs de tôles séparatrices.

La présente invention permet notamment de développer un procédé de fabrication d'un échangeur de chaleur à plaques pour

obtenir un échangeur de chaleur à plaques très résistant et très solide mécaniquement. Cela est vrai notamment pour des échangeurs de chaleur à plaques dont la mise en œuvre nécessite un enlèvement fréquent des collecteurs pour les re-fixer à nouveau.

L'invention concerne également les échangeurs de chaleur à plaques réalisés selon le procédé décrit ci-dessus.

Dessins

La présente invention sera décrite ci-après de manière plus détaillée à l'aide d'un exemple de réalisation représenté dans les dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 montre un échangeur de chaleur à plaques réalisé selon le procédé de l'invention,
- la figure 2 montre le bloc de l'échangeur de chaleur à plaques de la figure 1 suivant une vue de détail.

Description de modes de réalisation de l'invention

La figure 1 montre un échangeur de chaleur à plaques 1 obtenu par la mise en œuvre du procédé de l'invention. Selon le procédé de l'invention, on empile des tôles neuves au moins partiellement profilées avec une forme ondulée et des tôles séparatrices 10 ainsi que des écarteurs (sidebars) 11 que l'on munit d'une brasure et que l'on brase de façon à obtenir un bloc 2. Côté extérieur, le bloc est fermé par les tôles de couverture 12. Sur le bloc 2 ainsi obtenu, on dégage par fraisage les contours des pièces intermédiaires 3 au niveau des positions 4 respectives. On positionne les cadres 3 dans les parties fraisées aux positions 4 et on les munit de brasures, puis on les accroche par des soudures par points. Ensuite, dans une seconde étape, on brase les cadres 3 sur le bloc échangeur de chaleur 2. Sur les cadres 3, on soude respectivement les collecteurs 5a, 5b. L'échangeur de chaleur 1 ainsi réalisé sert à l'échange de chaleur entre deux fluides différents qui sont fournis ou évacués par les collecteurs 5a, 5b respectif. Les collecteurs 5a, 5b ont également des ajustages 8 pour brancher l'échangeur de chaleur à plaques 2 sur l'installation. En plus, on équipe l'échangeur de chaleur 1 de moyens de fixation 6 et de longerons 7 pour fixer l'échangeur de chaleur 1 à l'environnement de l'installation.

NOMENCLATURE

1	échangeur de chaleur à plaques
2	bloc échangeur de chaleur
3	pièce intermédiaire
3	position
5a, 5b	collecteur
6	moyen de fixation
7	longeron
9	tôle partiellement profilée avec une forme ondulée
10	tôle séparatrice
11	écarteur

REVENDICATIONS

1°) Procédé de réalisation d'un échangeur de chaleur à plaques (1) composé d'un grand nombre de tôles séparatrices (10), rectangulaires, empilées en étant écartées les unes des autres pour former des passages entre les tôles séparatrices, les passages étant délimités au niveau d'au moins deux côtés par des écarteurs (11), et une brasure est appliquée sur les points de contact entre les tôles séparatrices (10) et les écarteurs (11), on brase les tôles séparatrices (10) et les écarteurs (11) empilés pour former un bloc (2) et sur le bloc (2) on installe des moyens d'alimentation et d'évacuation (5a,5b) des fluides,
caractérisé en ce que
les collecteurs (5a,5b) sont soudés à une pièce intermédiaire (3) qui a été préalablement brasée sur le bloc (2), cette pièce intermédiaire étant constituée par un cadre (3) ayant une épaisseur comprise entre 6 mm et 10 mm.

2°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
avant l'opération de brasage, on introduit dans les passages, des tôles (9) au moins partiellement profilées ou des profils qui sont munis d'une brasure au niveau des points de contact avec les tôles séparatrices.

3°) Procédé selon la revendication 1 ou 2,
caractérisé en ce que
le bloc (2) est raccordé sur au moins un côté avec une tôle de couverture (12) plus épaisse que la tôle séparatrice (11).

4°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce qu'
on réalise le cadre (3) à la forme des collecteurs (5a,5b).

5°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
on dégage par fraisage la forme du cadre (3) dans le bloc (2), on ajuste le cadre (3) muni de la brasure dans la partie dégagée à la fraise du bloc

(2), on fixe de préférence par un soudage par points et ensuite on brase avec le bloc (2).

6°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce qu'
on installe le cadre (3) sur des passages qui ne seront pas traversés par des fluides lors de l'utilisation ultérieure de l'échangeur de chaleur à plaques (1).

7°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce qu'
on utilise une seule brasure pour réaliser l'échangeur de chaleur à plaques (1).

8°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
les tôles séparatrices (11), les tôles de couverture (12), les tôles au moins partiellement profilées (9), les profils, le cadre (3) et/ou les collecteurs (5a,5b) sont en acier inoxydable ou en acier réfractaire, de préférence du molybdène ou de l'acier nickel chrome.

9°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
le cadre (3) et/ou les collecteurs (5a,5b) sont réalisés en une autre matière que les autres parties de l'échangeur de chaleur à plaques (1).

10°) Procédé selon la revendication 8 ou la revendication 9,
caractérisé en ce que
l'épaisseur des tôles séparatrices (11) varie dans le bloc (2).

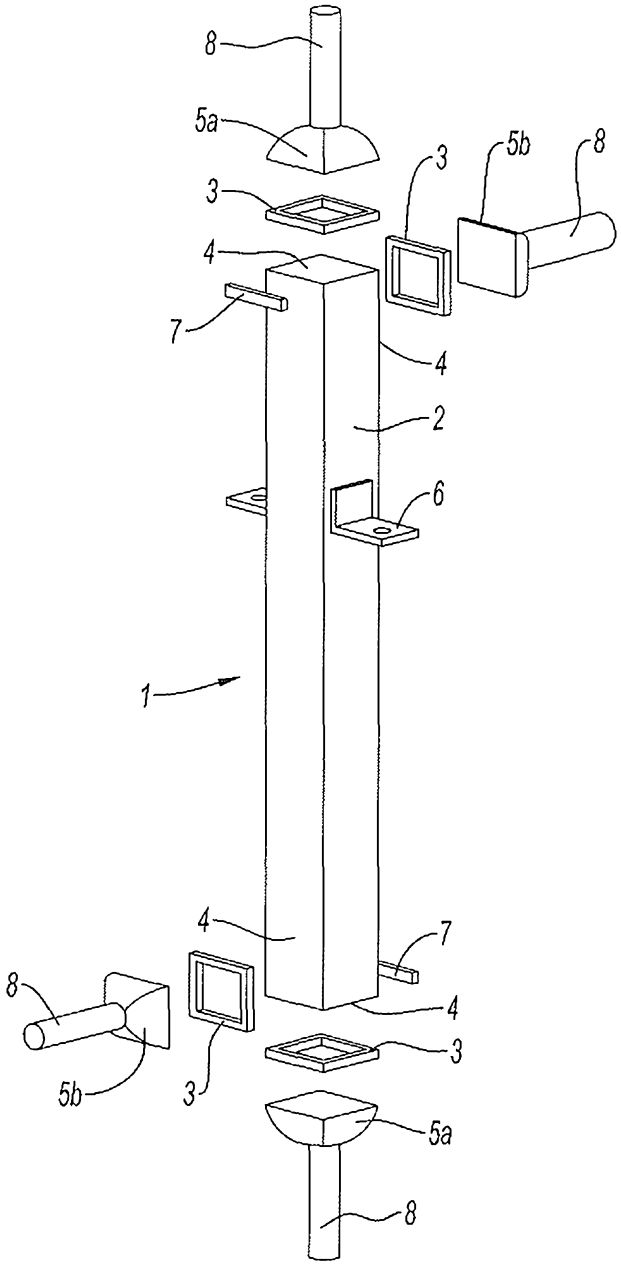


Fig. 1

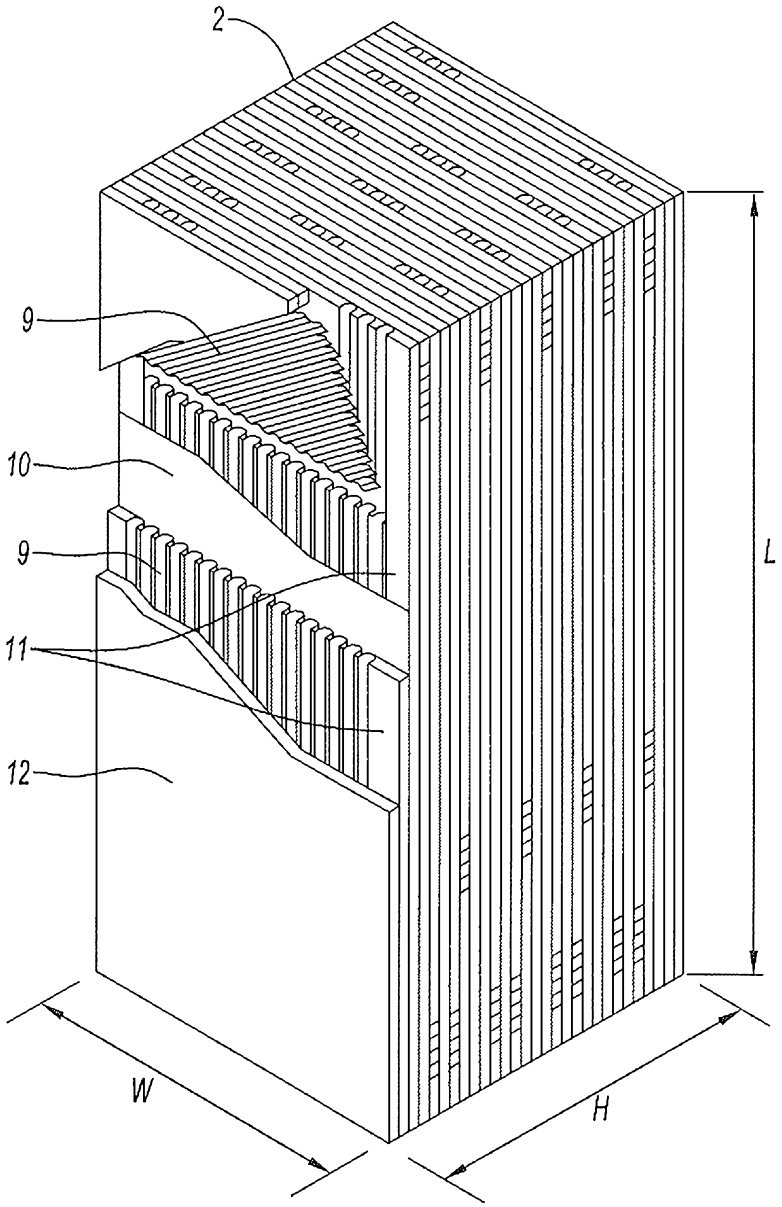


Fig. 2

N° d'enregistrement national : 1057965 N° de publication : 2950960

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveauté) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- [x] Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- [ ] Le demandeur a maintenu les revendications.
- [x] Le demandeur a modifié les revendications.
- [ ] Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- [ ] Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- [ ] Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- [x] Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- [ ] Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- [ ] Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- [ ] Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

N° d'enregistrement national : 1057965 N° de publication : 2950960

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

JPH 0665775U ([JP])
16 septembre 1994 (1994-09-16)

US 2009294110 A1 (FOUST HARRY D [US])
03 décembre 2009 (2009-12-03)

EP 1154218 A1 (LINDE AG [DE])
14 novembre 2001 (2001-11-14)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT