



(12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication : **MA 30909 B1** (51) Cl. internationale : **B23K 1/00**

(43) Date de publication : **02.11.2009**

(21) N° Dépôt : **31904**

(22) Date de Dépôt : **21.05.2009**

(30) Données de Priorité : **24.10.2006 DE 10 2006 050 681.2**

(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/DE2007/001133 26.06.2007**

(71) Demandeur(s) : **GEA ENERGIETECHNIK GMBH, Dorstener Strasse 484 44809 BOCHUM (DE)**

(72) Inventeur(s) : **CARL, Martin ; HERBERMANN, Michael ; VOLKMER, Eckhard ; WITTE, Raimund**

(74) Mandataire : **ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**

(54) Titre : **PROCEDE DE FABRICATION D'UN ECHANGEUR DE CHALEUR**

(57) Abrégé : L'INVENTION CONCERNE UN PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN ÉCHANGEUR DE CHALEUR, COMPRENANT LES ÉTAPES SUIVANTES : A) TRAITEMENT PAR IMMERSION À CHAUD D'UNE TÔLE D'ACIER POUR RÉALISER UNE COUCHE ANTICORROSION (3), LA COUCHE ANTICORROSION (3) CONTENANT DU ZINC ET ENTRE 0,5 % ET 60 % D'ALUMINIUM ; B) ENLÈVEMENT DE LA COUCHE ANTICORROSION (3) D'UN CÔTÉ DE LA TÔLE D'ACIER ; C) FABRICATION D'UN TUBE D'ÉCHANGEUR DE CHALEUR (2) À PARTIR DE CETTE TÔLE D'ACIER, LA COUCHE ANTICORROSION (3) ÉTANT DISPOSÉE SUR LE CÔTÉ EXTÉRIEUR ; D) MISE À DISPOSITION DE NERVURES (6) EN ALUMINIUM OU EN UN ALLIAGE D'ALUMINIUM ; E) MISE À DISPOSITION D'UN FONDANT ; F) MISE À DISPOSITION D'UN MATÉRIAU DE BRASAGE (8), CONTENANT DE L'ALUMINIUM ET DU SILICIUM, DANS LA RÉGION D'ASSEMBLAGE ENTRE LES NERVURES (6) ET LE CÔTÉ EXTÉRIEUR DU TUBE D'ÉCHANGEUR DE CHALEUR (2) ; G) ASSEMBLAGE DU TUBE D'ÉCHANGEUR DE CHALEUR (2) ET DES NERVURES (6) PAR UN PROCESSUS DE BRASAGE FORT.

RESUME

L'invention concerne un procédé de fabrication d'un échangeur de chaleur, comprenant les étapes suivantes : a) traitement par immersion à chaud d'une tôle d'acier pour réaliser une couche anticorrosion (3), la couche anticorrosion (3) contenant du zinc et entre 0,5 % et 60 % d'aluminium ; b) enlèvement de la couche anticorrosion (3) d'un côté de la tôle d'acier ; c) fabrication d'un tube d'échangeur de chaleur (2) à partir de cette tôle d'acier, la couche anticorrosion (3) étant disposée sur le côté extérieur ; d) mise à disposition de nervures (6) en aluminium ou en un alliage d'aluminium ; e) mise à disposition d'un fondant ; f) mise à disposition d'un matériau de brasage (8), contenant de l'aluminium et du silicium, dans la région d'assemblage entre les nervures (6) et le côté extérieur du tube d'échangeur de chaleur (2) ; g) assemblage du tube d'échangeur de chaleur (2) et des nervures (6) par un processus de brasage fort.

02 NOV 2009 31904

du 21.01.2009

Procédé de fabrication d'un échangeur de chaleur

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un échangeur de chaleur avec les caractéristiques de la revendication de brevet 1.

C'est en particulier dans la technologie des centrales électriques que l'on utilise depuis de nombreuses années pour le refroidissement de la vapeur d'eau des échangeurs de chaleur refroidis à l'air. Dans le cas de ces échangeurs de chaleur, il s'agit de rangées de faisceaux d'échangeurs de chaleur disposés en forme de A, dont la vapeur d'eau est condensée à l'intérieur des tubes. Des nervures raccordées aux tubes permettent d'améliorer la transition de la chaleur vers l'air ambiant. L'essentiel dans ce type d'échangeurs de chaleur est la résistance à la corrosion afin de garantir un fonctionnement dans la mesure du possible sur plusieurs décennies. Il y eut donc une série d'efforts pour concevoir des tubes d'échangeurs de chaleur d'un tel échangeur de chaleur résistants à la corrosion. L'on sait par exemple par la US-PS 5,042,574 comment relier dans un four à malléabiliser des tubes plats plaqués en aluminium à des bandes nervurées en aluminium pliés en ondes en ayant recours à un métal de brasage en silicium d'aluminium. L'inconvénient de ce type de liaison, c'est qu'un brasage ne peut être effectué que par le biais de tubes plats plaqués en aluminium et à l'aide de nervures

plaquées en aluminium. Outre les coûts relativement élevés dus à la fourniture de divers matériaux, il y a également l'inconvénient que les tubes plats fermés par au moins une soudure circonférentielle longitudinale ne doivent pas être plaqués en aluminium dans la zone de soudure, faute de quoi il ne serait pas possible de garantir une soudure impeccable. Ce qui pose problème pour un brasage fort de tubes plats en acier avec des bandes pliées avec des nervures en aluminium, c'est le fait que le brasage doit être effectué à une température relativement élevée aux alentours de 600 ° C, c'est-à-dire proche de la température de ramollissement de l'aluminium. Le brasage nécessaire est constitué en règle générale par un eutectique de silice d'aluminium fusionnant tout juste sous le point de ramollissement de l'aluminium. Ce qui est difficile, c'est le choix du fondant destiné à enlever les couches d'oxyde des surfaces de liaison avant que le métal d'apport de brasage ne fonde, mais qui se liquéfie également à proximité de la température de ramollissement. La conduite correcte de la température lors du brasage ne peut donc souvent être déterminée que de manière empirique.

En raison des différents coefficients de dilatation thermique de l'aluminium et de l'acier, il peut résulter des températures élevées de brasage et du refroidissement subséquent à la température ambiante de fortes tensions au sein des matériaux, de sorte que les pièces reliées entre elles risquent de se déformer, ce qui peut même provoquer une rupture de la liaison par brasage si le plaquage en aluminium n'a pas été effectué de manière impeccable ou si une couche intermédiaire en fer et en aluminium s'est constituée entre le tube d'acier et le plaquage en aluminium en raison de la fonte de la couche d'aluminium lors du brasage dur.

Il a donc été proposé dans l'EP 1 25020881 de réduire la température de brasage par l'utilisation d'alliages de zinc et d'aluminium et par l'utilisation de fondants spécifiques sous forme de tétrafluorure de césium-aluminium d'environ 600° C jusqu'à présent à une plage allant de 370° C à 470° C. En raison des températures plus faibles, les tensions au sein des matériaux sont également plus faibles, mais la manipulation du fondant exige en raison de la teneur en métaux lourds des mesures de protection particulières afin d'éviter une pollution de l'environnement.

Sur cette base, l'invention avait comme objectif de démontrer un procédé pour la fabrication d'un échangeur de chaleur dans lequel des nervures en aluminium ou en un alliage d'aluminium sont fixées sur un tube échangeur de chaleur en tôle d'acier avec une couche de protection anti-corrosion extérieure soudable, échangeur de chaleur pour lequel on a pu renoncer à l'utilisation de fondants contenant des métaux lourds, tout en pouvant garantir qu'il ne se forme aucune alliance perturbante de métal intermédiaire de fer et d'aluminium ou de phases intermédiaires pour ce lien entre la couche anti-corrosion et le tube d'acier, afin de pouvoir garantir une liaison solide entre les nervures et le tube échangeur de chaleur même avec des températures de brasage élevées.

Ce problème est résolu dans les procédés avec les caractéristiques des revendications 1 et 4.

Des perfectionnements de l'idée sous-jacente à l'invention font l'objet des revendications secondaires.

Dans le cas du procédé objet de l'invention, il est prévu de conditionner la tôle d'acier employée pour la fabrication des tubes échangeurs de chaleur par une galvanisation à chaud. Le procédé de conditionnement par galvanisation à chaud provoque le dépôt d'une couche anti-corrosion sur les produits conditionnés pour protéger le substrat contre les attaques de corrosion.

En règle générale, le produit utilisé lors du conditionnement par galvanisation à chaud est nettoyé, recristallisé dans un four à passage ou réchauffé et refroidi à la température de fusion du métal, avant d'effectuer la véritable finition par galvanisation dans un bain de métal fondu. Le revêtement des deux côtés du substrat par la couche anti-corrosion est effectué lors du passage à travers le bain.

Cependant, pour les tubes échangeurs de chaleur, la protection contre la corrosion est seulement requise sur la face externe. Certes, il est connu que l'ensemble du tube échangeur de chaleur y compris les nervures doit être trempé dans le bain de métal fondu en ayant fermé les extrémités des tubes, pour recouvrir l'ensemble du tube échangeur de chaleur y compris les

nervures par une couche anti-corrosion. Cependant, étant donné que la surface des nervures est nettement plus importante que la surface du tube échangeur de chaleur, de très grandes quantités de métal en fusion sont nécessaires, ce qui augmente le coût, compte tenu des dimensions des échangeurs de chaleur pour la condensation de la vapeur d'eau dans les centrales électriques.

De manière générale, les longueurs des tubes échangeurs de chaleur se situent entre 6 à 12 mètres, ce qui nécessite en outre des installations suffisamment grandes pour la galvanisation à chaud. Par ailleurs, en raison des températures élevées lors d'une galvanisation à chaud consécutive, l'on provoquerait des tensions dans l'élément de construction qui auraient comme conséquence des déformations.

Contrairement à cela, il est prévu dans le procédé objet de l'invention que la couche anti-corrosion soit appliquée auparavant lors du processus de galvanisation à chaud et enlevée par la suite d'un côté de la tôle d'acier, et ceci de façon mécanique. Le côté ainsi dégagé de la couche anti-corrosion constitue par la suite l'intérieur du tube échangeur de chaleur qui est fabriqué à partir de cette tôle d'acier. La couche anti-corrosion ne se trouve donc que sur la face externe du tube échangeur de chaleur. Ce processus de fabrication d'un tube échangeur de chaleur revêtu sur le côté externe d'une couche anti-corrosion est en fin de compte moins coûteux, même en tenant compte du fait de la nécessité de prévoir des installations d'élimination mécanique de la couche anti-corrosion, et par conséquent particulièrement économique.

Le procédé objet de l'invention est spécialement approprié pour la fabrication d'échangeurs de chaleur pour la condensation de la vapeur d'eau dans les centrales électriques, étant donné que les spécifications en matière de chimie hydraulique prévoient en règle générale en ce qui concerne l'eau d'alimentation qu'il ne doit pas y avoir de métaux non ferreux, comme par exemple l'aluminium ou le cuivre, sur les surfaces qui entrent en contact avec la vapeur d'eau.

En outre, l'on assiste à la formation d'une couche de magnétite lors du processus de condensation, qui protège le tube échangeur de chaleur de la corrosion interne, de sorte qu'une protection supplémentaire contre la corrosion interne n'est pas nécessaire.

L'un des principaux avantages de l'invention est le fait que l'on prévoit d'appliquer sur la face extérieure des couches anti-corrosion contenant en tous les cas du zinc et entre 0,5 % et 60 %, de préférence entre 4 % et 55 % d'aluminium. La présence de zinc empêche ou réduit la formation gênante de couches intermédiaires intermétalliques de fer et d'aluminium ou des phases intermédiaires de l'alliage de fer et d'aluminium qui pourraient provoquer par la suite, lors du brasage fort, des écailllements des tubes d'acier qui étaient aluminés jusqu'à présent. Étant donné qu'il n'est plus nécessaire de tenir compte dans la même mesure que jusqu'à présent de la formation des couches intermétalliques intermédiaires gênantes, le procédé de fabrication en devient également beaucoup plus simple, étant donné qu'il est possible de choisir des gammes de paramètres relatives à la température et au temps de fabrication de la liaison par brasage fort plus élevées que celles appliquées jusqu'à présent pour les liaisons par brasage fort dans le cadre de tubes en acier plaqués en aluminium.

Un autre avantage consiste dans le fait que l'on peut renoncer au recours à des produits fondants contenant le césium. Au lieu de cela, l'on peut utiliser un produit fondant à base de tétrafluorure de potassium et d'aluminium en même temps qu'un produit de brasage contenant de l'aluminium et du silicium.

Dans une première variante du procédé conforme à l'invention, il est prévu que les nervures soient plaquées, ne serait-ce que partiellement, avec le produit de brasage.

En particulier pour ce qui est des nervures, qui sont une partie intégrante d'une bande de nervures ondulée, les deux faces des nervures sont munies d'un plaquage au moyen d'un produit de brasage pour joindre de telles bandes de nervures sur leurs côtés respectivement orientés vers la surface du tube échangeur de chaleur avec ces dernières. Le brasage avec les nervures se fera alors dans les parties en forme d'arc de la bande à nervures ondulée. Le produit de brasage plaqué est fondu lors du procédé de brasage et coule dans l'interstice de brasage respectif entre les pièces à joindre.

Dans le cas d'une autre forme d'exécution, il est prévu de ne pas plaquer les nervures, donc de ne pas les munir d'un revêtement par un produit de brasage, le produit de brasage étant déposé séparément dans les interstices entre les nervures et le tube échangeur de chaleur. Cette

approche présente l'avantage de pouvoir utiliser des matériaux plus avantageux en ce qui concerne les nervures. Même dans le cas d'une introduction séparée d'un produit de brasage dans l'interstice de brasage, il est possible d'effectuer un brasage fiable.

Dans le cas de la troisième variante du procédé, l'on peut envisager de renoncer à l'apport du produit de brasage et au plaquage des nervures par brasage, sachant toutefois que la couche anti-corrosion est formée avec un alliage constitué de zinc et d'aluminium dont la teneur se situe entre 0,5 % et 60 %, ainsi que de silicium et que le matériau de corrosion est formé par la couche elle-même.

Même dans cette approche, la tôle d'acier n'est pas revêtue par une couche plaquée d'aluminium, mais plutôt par une couche de revêtement anti-corrosion formée par le procédé de galvanisation à chaud qui forme en même temps le produit de brasage. Il est évidemment possible que même dans cette variante, le produit de brasage soit ajouté séparément dans la zone de liaison.

Il n'est évidemment pas exclu non plus que les nervures soient également plaquées par brasage. Les trois variantes peuvent tout compte fait être combinées, la variante dans laquelle la couche anti-corrosion sur le tube échangeur de chaleur forme en même temps le matériau de brasage nécessaire pour le procédé de brasage étant la solution la plus avantageuse sur le plan technique du procédé et sur le plan économique.

Indépendamment de la détermination de la variante d'application, il est considéré comme propice de fabriquer la couche anti-corrosion par un finissage par galvanisation à chaud dans un bain avec 55 % d'aluminium, 43,4 % de zinc et 1,6 % de silicium. Dans le procédé objet de l'invention, l'on considère un plafond de 60 % d'aluminium dans la couche anti-corrosion comme propice. En principe, il est également envisageable d'utiliser des revêtements anti-corrosion avec une teneur en aluminium nettement inférieure. En particulier, la part d'aluminium peut être inférieure à 50 %. Dans une autre forme d'exécution, la couche anti-corrosion peut être fabriquée par une finition par procédé de galvanisation à chaud dans un bain de zinc avec une teneur de 5 % d'aluminium, de silicium et des traces de terres rares.

Un rôle crucial dans le brasage de l'aluminium revient également au fondant utilisé. Pour le brasage, la surface de la zone de jointure doit être totalement nettoyée des métaux par l'élimination des couches toujours présentes d'oxyde et même pendant l'exécution du brasage, elle doit être protégée de la constitution de nouvelles formations d'oxyde par l'utilisation de produits fondants. Il a été démontré que les fondants constitués de potassium et de fluorures d'aluminium (KAIF₄) sont particulièrement efficaces.

Il convient en particulier d'appliquer le procédé en atmosphère contrôlée (CAB), en particulier en atmosphère d'azote.

Etant donné que dans le procédé objet de l'invention, il s'agit d'éliminer mécaniquement l'une des couches anti-corrosion, il pourrait être propice d'appliquer les couches anti-corrosion en différentes épaisseurs sur la tôle d'acier tout en éliminant la couche anti-corrosion la plus mince. De cette manière, la perte en matériau de revêtement plus noble par rapport à l'acier est moins importante et en outre le coût de l'élimination de la couche anti-corrosion est ainsi réduit.

L'élimination de la couche anti-corrosion se fait de préférence de manière mécanique, notamment par un usinage d'enlèvement des copeaux. Cela peut être effectué au moyen de brosses rotatives, étant donné qu'en raison de la géométrie des brosses, l'on peut en même temps assurer la finition de la surface. En principe, les couches anti-corrosion appliquées lors du procédé de galvanisation à chaud présentent une épaisseur plus faible, ce qui fait que l'on donnera la préférence à un outillage de brosses rotatives pour éliminer justement ces couches de faible épaisseur de manière économique. Il est évidemment également possible dans le cas d'épaisseurs plus importantes de prévoir en amont de la finition par les brosses un outillage de rabotage ou de raclage afin d'effectuer le dégrossissage du matériau de la bande. Des essais ont montré qu'il est préférable d'utiliser des têtes de brosses diamantées pour obtenir de bons résultats avec ce procédé. Il est possible de configurer de telles têtes de brosses de manière à ce qu'elles aient une grande durée de tranchant et en même temps un haut degré de capacité d'élimination.

Il est évident que dans le cadre de l'invention, il n'est pas exclu de faire suivre l'élimination mécanique au moyen de brosses rotatrices par d'autres étapes de finition si cela devait s'avérer nécessaire. L'on pourrait envisager de soumettre la surface, suite à la finition au moyen des brosses, à un traitement de ponçage, auquel cas, même sans un traitement de finition poussée, l'on peut atteindre par la seule exécution d'une finition par brosses des dimensions de grains avoisinant les 240 - 1000 microns par tête de meule.

L'invention est explicitée davantage ci-après par les exemples d'exécution illustrés par les dessins. L'on montre dans la:

Figure 1 une coupe longitudinale à travers la paroi d'un tube d'un transmetteur de chaleur avec des nervures situées sur toute la circonférence;

Figure 2 la représentation de la Figure 1 selon un autre type d'exécution et dans la

Figure 3 la représentation de la figure 1 selon un troisième type d'exécution.

Dans les figures 1 à 3, 1 représente la paroi d'un tube échangeur de chaleur 2 constitué en acier au carbone pour un échangeur de chaleur qui n'est pas spécifié de manière détaillée sous forme d'une installation de condensation refroidie à l'air pour des turbines à vapeur d'eau. Le tube échangeur de chaleur 2 peut avoir une longueur de 6 à 12 mètres. Le tube échangeur de chaleur 2 est muni selon le type d'exécution de la figure 1 d'une couche anti-corrosion 3 qui contient du zinc (Zn) et de l'aluminium (Al). La couche anti-corrosion 3 est fixée sur la face extérieure 4 de la paroi 1 par un procédé de galvanisation.

La Figure 1 montre également que sur la paroi 1 représentée du tube échangeur de chaleur 2, une bande à nervures ondulée 5 a été fixée en couche. La bande à nervures 5 est composée de plusieurs nervures 6 orientées en parallèle les unes par rapport aux autres, qui sont reliées en une seule pièce par des segments en arc 7. La bande à nervures 5 est constituée en aluminium. Elle est plaquée des deux côtés avec un matériau de brasage 8 contenant de l'aluminium et du silicium, matériau qui fond pendant le procédé de brasage. Le matériau 8 contient entre

7,5 % et 12 % de silicium. L'on ajoute lors du procédé de brasage effectué dans une atmosphère de four contrôlée du KAIF_4 (Tétrafluorure de potassium et d'aluminium) en tant que produit de brasage. Pendant le procédé de brasage, le produit de brasage 8 repousse le produit fondant qui n'est pas représenté de manière détaillée, et résulte en une liaison entre la couche anti-corrosion 3 et la section en arc 7 de la bande à nervures 5. Pendant le procédé de brasage, un échange par diffusion s'effectue entre les atomes au sein d'une zone très mince dans la surface frontalière des éléments de construction devant être reliés. Étant donné que la couche anti-corrosion 3 comportera de préférence une teneur de 55 % d'aluminium, de 43,4 % de zinc et de 1,6 % de silicium, la présence de zinc résulte en une liaison solide entre le tube échangeur de chaleur 2 en acier et la couche anti-corrosion 3, mais en tout cas au moins sans formation significative d'une couche intermédiaire de fer et d'aluminium, ce qui aurait comme conséquence une influence négative sur les résistances.

Le type d'exécution de la Figure 2 diffère de celle de la Figure 1 par le fait que le produit de brasage 8 n'est pas plaqué sur les nervures 6, mais qu'il est introduit séparément dans la fente de brasage et ceci évidemment en utilisant un produit de brasage composé de fluorure de potassium et d'aluminium.

Dans le troisième type d'exécution, telle qu'il est représenté dans la Figure 3, l'on s'est passé de produits additionnels de brasage sous forme de nervures plaquées, tels qu'ils sont représentés dans la Figure 1. Par ailleurs, l'on a également renoncé à rajouter un produit séparé de brasage, comme cela est représenté dans la Figure 2 ci-après. La couche anti-corrosion 3 est plutôt constituée d'un alliage composé de 55 % d'aluminium, de 43,4 % de zinc et de 1,6 % de silicium et appliquée par procédé de finition par galvanisation à chaud sur le tube échangeur de chaleur 2, alliage que l'on a fait fondre lors du procédé de brasage en utilisant le KAIF_4 en tant que produit fondant, de sorte que la couche anti-corrosion 3 soit en contact direct avec les nervures 6 d'une part et le tube échangeur de chaleur 2 d'autre part. Grâce à la teneur en zinc et en aluminium de la couche anti-corrosion 3, l'on peut réaliser aussi bien une liaison entre les nervures 6 en aluminium et le tube échangeur de chaleur 2 à partir d'un matériau en acier.

Références:

1 – Paroi

2 - Tube échangeur de chaleur

3 - Couche anti-corrosion

4 - Surface de 1

5 - Bande à nervures

6 – Nervure

7 – Segment en forme d'arc de 9

8 – Matériau de brasage

Revendications de brevet

1. Procédé de fabrication d'un échangeur de chaleur selon les étapes suivantes :
 - a) Finition par galvanisation à chaud d'une tôle d'acier pour la formation d'une couche anti-corrosion (3), la couche de protection anti-corrosion (3) contenant du zinc et entre 0,5% et 60% d'aluminium ;
 - b) Suppression de la couche anti-corrosion (3) d'un côté de la tôle d'acier ;
 - c) Fabrication d'un tube échangeur de chaleur (2) à partir de cet acier, la couche anti-corrosion (3) étant disposée sur la face extérieure ;
 - d) Production de nervures (6) en aluminium ou en un alliage d'aluminium ;
 - e) Production d'un produit fondant ;
 - f) Production d'un matériau de brasage (8) contenant de l'aluminium et du silicium dans la zone de liaison entre les nervures (6) et la partie extérieure du tube échangeur de chaleur (2) ;
 - g) Connexion du tube échangeur de chaleur (2) avec les nervures (6) dans un procédé de brasage fort.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que les nervures (6) sont plaquées ne serait-ce que partiellement avec le produit de brasage (8).
3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que des nervures non plaquées (6) sont brasées avec le tube échangeur de chaleur (2) par l'apport du matériau de brasage (8) dans les interstices de brasage entre les nervures (6) et le tube échangeur de chaleur (2).

4. Procédé de fabrication d'un échangeur de chaleur avec les étapes suivantes :
- a) Finition par galvanisation à chaud d'une tôle d'acier pour la formation d'une couche anti-corrosion (3), cette couche anti-corrosion (3) comportant du zinc, entre 0,5 % et 60 % d'aluminium, et du silicium ;
 - b) Elimination de la couche anti-corrosion (3) d'une face de la tôle d'acier ;
 - c) Fabrication d'un tube échangeur de chaleur (2) à partir de cet acier, la couche anti-corrosion (3) étant disposée sur le côté extérieur ;
 - d) Production de nervures (6), en aluminium ou en un alliage d'aluminium ;
 - e) Production d'un produit fondant ;
 - f) Production d'un produit de brasage contenant de l'aluminium et du zinc dans les interstices entre les nervures et le côté extérieur du tube échangeur de chaleur sous forme de la couche anti-corrosion (3) ;
 - g) Connexion du tube échangeur de chaleur (2), avec les nervures (6) dans un procédé de brasage fort.
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait que la couche anti-corrosion (3) est produite par une finition de galvanisation à chaud dans un bain avec 55 % d'aluminium, 43,4 % de zinc et 1,6 % de silicium.
6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la couche anti-corrosion (3) est produite par une finition de galvanisation à chaud dans un bain de zinc avec 5 % d'aluminium, de silicium et de traces de terre rares.
7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé par le fait que le produit fondant consiste en un alliage de tétrafluorure de potassium et d'aluminium.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé par le fait que les couches anti-corrosion (3) sont appliquées en différentes épaisseurs sur la tôle d'acier, la plus fine des couches anti-corrosion étant éliminée dans ce procédé.
9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé par le fait que l'élimination de la couche anti-corrosion (3) est effectuée de manière mécanique.

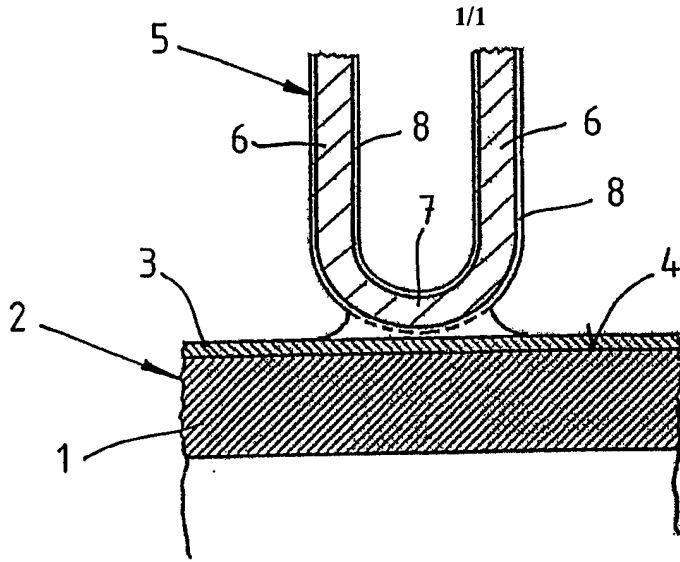


Fig. 1

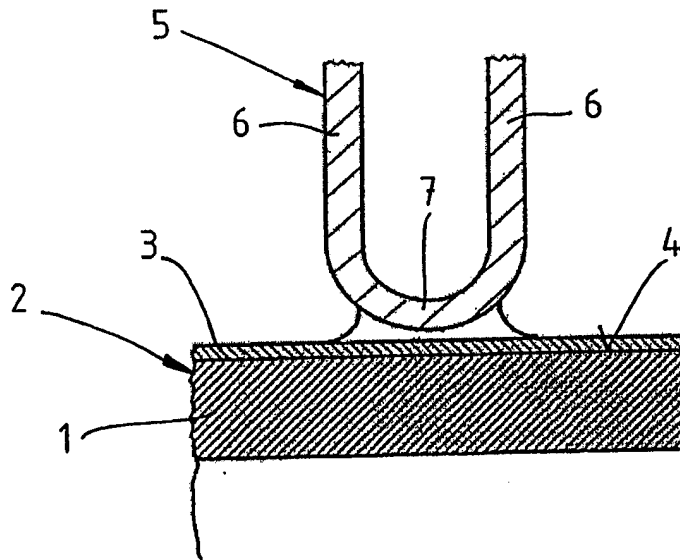


Fig. 2

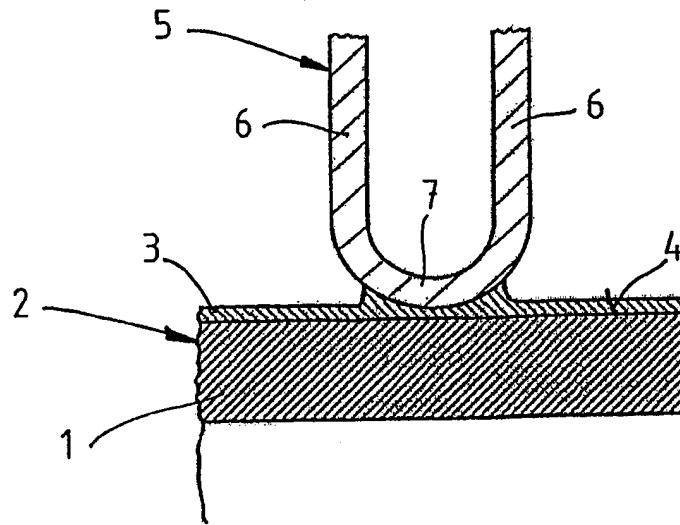


Fig. 3