

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①① N° de publication :

3 147 572

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national :

23 03547

⑤① Int Cl⁸ : C 22 C 21/02 (2023.01), B 32 B 7/05, 15/01, 38/12,
B 23 K 26/21

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 07.04.23.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 11.10.24 Bulletin 24/41.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : CONSTELLIUM NEUF-BRISACH
SAS — FR.

⑦② Inventeur(s) : REBUFFET Olivier, MASSE Jean-
Philippe, LAYE Julien et DEFFO Martien.

⑦③ Titulaire(s) : CONSTELLIUM NEUF-BRISACH SAS.

⑦④ Mandataire(s) : C-TEC CONSTELLIUM TECHNO-
LOGY CENTER.

⑤④ Echangeur de chaleur à base d'un alliage d'aluminium.

⑤⑦ La présente invention concerne un ensemble de deux
tôles comprenant, de préférence étant constitué de : une
pièce emboutie (12), formée à partir d'un alliage d'alumi-
nium ayant la composition suivante, en pourcentages
massiques : Si : de 2,50 à 6,50 % ; Fe : jusqu'à 0,50 % et au
moins 0,05 % ; Cu : jusqu'à 0,20 % ; Mn : jusqu'à 0,40 % ;
Mg : de 0,05 à 0,50 % ; Cr : de 0,05 à 0,35 % ; Ti : de 0,02
à 0,30 % ; Sr : jusqu'à 500 ppm ; impuretés inévitables <
0,05 % chacune et < 0,15 % au total, reste aluminium ; et
une pièce plate (11), formée à partir d'un alliage
d'aluminium ; les deux pièces étant destinées à être assem-
blées, de préférence par soudage laser, de manière à for-
mer un canal (13) grâce à la déformation de la pièce
emboutie (12).

Figure d'abrégé : -

FR 3 147 572 - A1



Description

Titre de l'invention : Echangeur de chaleur à base d'un alliage d'aluminium

Domaine technique

[0001] L'invention concerne les bandes ou tôles minces (d'épaisseur généralement comprise de 0,5 à 3 mm) en alliage d'aluminium. Ces bandes ou tôles sont notamment destinées à la fabrication d'éléments, tels que des plaques d'échangeurs de chaleur assemblés par deux ou plus, notamment pour l'automobile, tels que les refroidisseurs de batteries des véhicules électriques.

Art antérieur

[0002] Avec le développement des véhicules électriques, le marché du refroidisseur de batteries est en pleine expansion. Cette pièce a pour objectif actuel de contrôler la température de fonctionnement des batteries dans une plage généralement de 20 à 100°C, de préférence de 30 à 80°C. Les pièces peuvent être de grande dimension (1 à 2 mètres).

[0003] Un exemple de design actuel de refroidisseur de batteries de véhicule électrique est représenté à la [Fig.1]. Il est composé de deux parties avec une couche d'âme en alliage d'aluminium de la série 3xxx 15 : une pièce plate 11 et une pièce emboutie 12, assemblées de manière à créer un canal 13. Dans la présente description, le terme « *pièce plate* » désigne une pièce qui n'est pas emboutie avant assemblage. D'autre part, le terme « *pièce emboutie* » désigne une pièce qui est emboutie avant assemblage, de manière à créer un canal après assemblage avec une pièce plate. En service, le canal 13 sert à la circulation du fluide de refroidissement dans le refroidisseur de batteries de véhicule électrique. Outre la couche d'âme en alliage d'aluminium de la série 3xxx 15, une couche sacrificielle 16, par exemple en alliage d'aluminium de la série 7xxx ou 1xxx, peut être ajoutée pour garantir la résistance à la corrosion SWAAT sur la face externe de chacune des deux pièces 11 et 12. La pièce emboutie 12 comprend également une couche de brasage en alliage d'aluminium de la série 4xxx 17, de l'autre côté de la couche d'âme en alliage d'aluminium de la série 3xxx 15 par rapport à la couche sacrificielle 16, pour assurer le brasage des deux pièces 11 et 12 ensemble. Les batteries 14 sont en contact avec la pièce plate 11, mais pas avec la pièce emboutie 12.

[0004] Les propriétés requises pour les bandes ou tôles en alliage d'aluminium utilisées pour la fabrication d'échangeurs de chaleur sont notamment une formabilité suffisante pour une mise en forme aisée des plaques avant assemblage, une bonne aptitude à l'assemblage, une résistance mécanique élevée après assemblage, de manière à utiliser

des épaisseurs aussi faibles que possible et à assurer une partie de la résistance de la structure complète de la boîte batterie, une bonne résistance à la sollicitation en fatigue en service, et une bonne résistance à la corrosion après assemblage. Bien entendu, il importe que l'alliage d'aluminium choisi soit facile à couler et à laminier, et que le coût de fabrication des bandes ou tôles soit compatible avec les exigences de l'industrie automobile.

[0005] Afin de favoriser la réduction d'épaisseur des plaques pour les échangeurs de chaleur (comme les refroidisseurs de batteries des véhicules électriques, qui peuvent éventuellement servir également de pièces de structure), il est notamment intéressant d'augmenter les propriétés mécaniques du matériau après assemblage, sans réduire la résistance à la corrosion.

[0006] Une autre demande actuelle du marché est d'améliorer les possibilités de recyclage des bandes ou tôles en alliage d'aluminium utilisées pour la fabrication des échangeurs de chaleur, en particulier des refroidisseurs de batteries des véhicules électriques.

[0007] Des solutions ont été proposées dans ce sens. On peut citer à titre d'exemple les brevets et demandes de brevet suivants :

- EP3790100 (Novelis): divulgue un alliage 3xxx comprenant de 0,5 à 1,15 % de Mn et jusqu'à 0,15 % de Mg ;

- EP3741876 (Novelis): divulgue un alliage 3xxx comprenant de 0,5 à 1,15 % de Mn et jusqu'à 0,06 % de Mg, qui est plaqué avec un alliage 4xxx ;

- WO2013/06853 (Novelis): divulgue un alliage Al-Si-Cu pour le soudage, mais pas dans le domaine des refroidisseurs de batteries ;

- WO2018/115638 (Constellium Neuf-Brisach) : divulgue un alliage d'aluminium comprenant de 2,5 à 14 % de Si, de 0,05 à 0,8 % de Fe, de 0,25 à 1,0 % de Cu, de 0,05 à 0,8 % de Mg, jusqu'à 0,70 % de Mn, jusqu'à 0,35 % de Cr, de 0,02 à 0,30 % de Ti, jusqu'à 500 ppm de Sr, jusqu'à 200 ppm de Na et jusqu'à 0,15 % de Sb, pour le soudage dans le domaine des tôles automobiles ;

- WO2017/001790 (Constellium Neuf-Brisach) : divulgue un alliage d'aluminium comprenant de 2,5 à 14 % de Si, de 0,05 à 0,8 % de Fe, jusqu'à 0,20 % de Cu, de 0,05 à 0,80 % de Mg, jusqu'à 0,70 % de Mn, jusqu'à 0,35 % de Cr, de 0,02 à 0,30 % de Ti, jusqu'à 500 ppm de Sr, jusqu'à 200 ppm de Na et jusqu'à 0,15 % de Sb, pour le soudage dans le domaine des tôles automobiles.

[0008] Mais les solutions proposées ne permettent pas forcément de résoudre le bon compromis entre une bonne résistance mécanique après assemblage, une bonne résistance à la corrosion et une meilleure recyclabilité.

[0009] Face à une demande du marché croissante, il demeure un besoin d'un nouvel alliage d'âme ayant une résistance mécanique améliorée par rapport aux alliages existants, sans dégradation de la résistance à la corrosion et permettant d'améliorer la recy-

clabilité. Un tel alliage d'âme pourrait permettre de répondre à la demande toujours présente de réduction d'épaisseur des produits et à la demande de développer des solutions à propriétés mécaniques élevées pour les refroidisseurs de batteries afin d'améliorer leur contribution à la résistance globale de la structure protégeant les batteries (qui inclut le refroidisseur de batteries, mais également les pièces encapsulant les batteries, intégrées ou non à la caisse du véhicule).

Exposé de l'invention

- [0010] La demanderesse a déterminé un domaine de composition permettant, de manière surprenante, d'améliorer la résistance mécanique et la recyclabilité sans dégradation de la résistance à la corrosion.
- [0011] La solution selon la présente invention est notamment basée sur l'utilisation :
 - D'un matériau monolithique, qui peut être recyclé plus facilement qu'un matériau multicouche, car il n'est pas nécessaire de gérer les différences de composition des alliages utilisés pour les différentes couches ; et
 - Du soudage laser, qui n'affecte pas les propriétés mécaniques du matériau comme le brasage pourrait le faire.
- [0012] La combinaison de ces deux éléments peut permettre d'utiliser des matériaux plus résistants et d'alléger la structure finale, tout en améliorant la recyclabilité et en maintenant la résistance à la corrosion. Ainsi, la solution selon la présente invention permet de répondre aux demandes du marché : performances mécaniques, résistance à la corrosion, recyclabilité/performance environnementale et rentabilité.
- [0013] La résistance à la corrosion est généralement mesurée par un test SWAAT de 40 jours selon la norme ASTM G85 (août 2003).
- [0014] La performance environnementale d'un produit en alliage d'aluminium peut notamment être mesurée par son empreinte carbone au moment de sa livraison. Cette empreinte carbone peut être améliorée, c'est-à-dire réduite, en augmentant le niveau de contenu recyclé qui est inclus dans l'alliage d'aluminium. A savoir que plus un alliage est tolérant aux impuretés, plus il est adapté au recyclage.
- [0015] La rentabilité peut être mesurée notamment par le coût de la matière première utilisée pour la fabrication de la bande ou tôle et par le coût du traitement de la bande ou tôle pour obtenir un échangeur de chaleur.
- [0016] Dans le cas d'un échangeur de chaleur soudé au laser (sans fil d'apport), la possibilité d'utiliser un matériau monolithique améliore le coût par rapport à un matériau multicouche (âme associée à une ou des couvertures plaquées), plus coûteux à préparer. Mais pour réduire encore le coût, il est possible de réduire le gabarit des deux pièces, plate et emboutie. Pour réduire ce gabarit tout en maintenant les performances mécaniques, la résistance mécanique des plaques en service semble être le paramètre clé,

et notamment la limite d'élasticité (YS ou Rp0.2) et la résistance maximale en traction (UTS ou Rm). Les solutions multicouches développées actuellement visent un YS de préférence supérieur ou égal à 160 MPa, de préférence supérieur ou égal à 200 MPa. Cette cible est maintenue pour la présente invention.

[0017] D'autre part, étant donné que des longueurs importantes doivent être soudées pour préparer de grandes plaques de refroidissement, le coût du traitement laser est directement proportionnel à la vitesse de soudage : plus le soudage est rapide, plus on raccourcit le cycle de soudure (« *tak time* » en anglais) et plus le coût du traitement est faible. Mais il est également important d'assurer une bonne qualité de soudure. Cette qualité est généralement déterminée par la profondeur de la soudure dans la deuxième tôle, sachant que la première tôle est totalement traversée, puisqu'il s'agit d'une soudure dite par recouvrement (« *overlap* » en anglais - voir la [Fig.2]). Un objectif typique est une profondeur de pénétration de la soudure comprise de 20 à 80 % de l'épaisseur de la deuxième tôle.

[0018] En résumé, la présente invention propose un matériau :

- satisfaisant en matière de corrosion (30 % maximum de profondeur de piqure après 40 jours de test SWAAT, par rapport à l'épaisseur de la tôle) ;
- aussi résistant que possible (YS de préférence supérieur ou égal à 160 MPa, de préférence supérieur ou égal à 200 MPa) ;
- rapide à souder (de préférence à une vitesse de soudage de l'ordre de 10 à 30 m/min) en soudage laser par recouvrement, avec une qualité de soudure acceptable (selon la norme ISO 13919-2 : profondeur de pénétration de la soudure de 20 % à 80 %, hauteur de caniveau ou « *undercut* » en anglais, hauteur de surépaisseur ou « *overfill* » en anglais, largeur de l'interface soudée (= cordon), présence de fissures et/ou soufflures, etc. – voir la [Fig.3]) ; La présente invention peut permettre d'obtenir des soudures de qualité classe A ou B selon la norme ISO 13919-2 ;
- Idéalement monolithique pour des raisons de coût et de performance environnementale/recyclabilité.

[0019] L'invention a ainsi pour objet un ensemble de deux tôles comprenant, de préférence étant constitué de :

- une pièce emboutie 12, formée à partir d'un alliage d'aluminium ayant la composition suivante, en pourcentages massiques :

Si : de 2,50 à 6,50 % ; de préférence de 3,0 à 6,0 %, de préférence de 3,50 à 5,50 %, de préférence de 4,0 à 5,0 %, de 4,25 à 4,75 % ;

Fe : jusqu'à 0,50 %, de préférence jusqu'à 0,40 %, de préférence jusqu'à 0,30 %, de préférence jusqu'à 0,25 % ; et au moins 0,05 %, de préférence au moins 0,10 %, de préférence au moins 0,15 % ;

Cu : jusqu'à 0,20 %, de préférence jusqu'à 0,17 %, de préférence jusqu'à 0,15 %, de

préférence jusqu'à 0,12 % ; et de préférence au moins 10 ppm, de préférence au moins 20 ppm, de préférence au moins 40 ppm, de préférence au moins 60 ppm ;

Mn : jusqu'à 0,40 %, de préférence jusqu'à 0,30 %, de préférence jusqu'à 0,20 % ; et de préférence au moins 0,05 %, de préférence au moins 0,08 %, de préférence au moins 0,10 % ;

Mg : de 0,05 à 0,50 %, de préférence de 0,08 à 0,45 %, de préférence de 0,10 à 0,40 %, de préférence de 0,10 à 0,35 % ;

Cr : de 0,05 à 0,35 %, de préférence de 0,06 à 0,30 %, de préférence de 0,08 à 0,25 %, de préférence de 0,10 à 0,20 %, de préférence de 0,10 à 0,15 % ;

Ti : de 0,02 à 0,30 %, de préférence de 0,04 à 0,25 %, de préférence de 0,05 à 0,25 %, de préférence de 0,07 à 0,20 %, de préférence de 0,10 à 0,20 % ;

Sr : jusqu'à 500 ppm, de préférence jusqu'à 450 ppm, de préférence jusqu'à 400 ppm, de préférence jusqu'à 350 ppm, et de préférence au moins 50 ppm, de préférence au moins 100 ppm, de préférence au moins 150 ppm, de préférence au moins 200 ppm, de préférence au moins 250 ppm ;

impuretés inévitables < 0,05 % chacune et < 0,15 % au total, reste aluminium ;

et

- une pièce plate 11, formée à partir d'un alliage d'aluminium, de préférence le même alliage d'aluminium que la pièce emboutie 12 ou un alliage 6xxx ou un alliage 5xxx ; les deux pièces étant destinées à être assemblées, de préférence par soudage laser, de manière à former un canal 13 grâce à la déformation de la pièce emboutie 12.

[0020] L'invention selon le premier objet utilise un alliage d'aluminium permettant de maintenir une bonne résistance à la corrosion tout en améliorant simultanément :

- la performance environnementale et la recyclabilité du matériau, car il est plus tolérant aux déchets, tels que les scraps, que les alliages 6xxx habituels ou que les matériaux plaqués ;

- la résistance mécanique du matériau, de préférence en utilisant des états métallurgiques spécifiques ;

- la vitesse de soudage laser.

[0021] L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'une bande, destinée à produire une tôle utilisée selon la présente invention, comprenant les étapes successives de :

- a. Coulée de l'alliage d'aluminium selon la revendication 1 en une plaque, de préférence par coulée semi continue verticale ;

- b. Homogénéisation de la plaque, à une température d'homogénéisation de préférence comprise de 490 à 540°C, pour une durée de maintien de préférence supérieure ou égale à 2 heures ;

- c. Laminage à chaud pour obtenir une bande, la température de début de laminage à

chaud étant de préférence de 450 à 540°C et la température de fin de laminage à chaud étant de préférence de 250 à 380°C ;

d. Laminage à froid de la bande, avec optionnellement un recuit intermédiaire, la diminution d'épaisseur de la bande pendant le laminage à froid étant de préférence de 50 à 75 % ;

e. Mise en solution puis trempe, préférentiellement à l'air ;

f. Optionnellement pré-revenu, à une température de pré-revenu de préférence de 50 à 120°C, pendant une durée de préférence de 2 à 16 heures, préférentiellement obtenu par bobinage puis refroidissement jusqu'à la température ambiante ;

g. Optionnellement revenu supplémentaire dans un four batch, avec un maintien en température pendant une durée de 20 minutes à 24 heures et une température métal de 100 à 210°C.

[0022] L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'une tôle, utilisée comme pièce plate 11 selon la présente invention, comprenant les étapes successives de :

- fabrication d'une bande selon le procédé de la présente invention ;
- découpage dans les dimensions désirées.

[0023] L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'une tôle, utilisée comme pièce emboutie 12 selon la présente invention, comprenant les étapes successives de :

- fabrication d'une bande selon le procédé de la présente invention ;
- découpage dans les dimensions désirées ;
- emboutissage de manière à créer un canal 13 après assemblage entre une pièce plate 11 et une pièce emboutie 12 ;

le découpage et l'emboutissage pouvant être réalisés dans n'importe quel ordre.

[0024] L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un ensemble de deux tôles selon la présente invention, comprenant les étapes de :

- fourniture de deux tôles, l'une des tôles formant une pièce plate 11 et l'autre tôle formant une pièce emboutie 12, fabriquées respectivement selon les procédés correspondants de la présente invention ;
- assemblage des deux pièces plate 11 et emboutie 12, de préférence par soudage laser, de préférence à distance sans fil d'apport, de préférence par recouvrement, de manière à former un canal 13 grâce à la déformation de la pièce emboutie 12.

[0025] L'invention a également pour objet un échangeur de chaleur, de préférence un refroidisseur de batteries d'un véhicule électrique, réalisé au moins en partie à partir d'un ensemble de deux tôles selon la présente invention.

[0026] L'invention a également pour objet l'utilisation d'un ensemble de deux tôles selon la présente invention ou obtenu selon le procédé de la présente invention, pour la fa-

brication d'un échangeur de chaleur, de préférence un refroidisseur de batteries d'un véhicule électrique.

Figures

- [0027] La [Fig.1] est un schéma en coupe transversale décrivant un design actuel d'un refroidisseur de batteries d'un véhicule électrique.
- [0028] La [Fig.2] est un schéma en coupe transversale d'un assemblage soudé au laser par recouvrement.
- [0029] La [Fig.3] est un schéma en coupe d'une soudure par recouvrement avec les critères de qualité selon la norme EN ISO 13919-2 (janvier 2021).

Description détaillée de l'invention

- [0030] Dans la présente description et les revendications, sauf indication contraire :
- Tous les alliages d'aluminium sont désignés selon les règles et désignations définies par l'« *Aluminum Association* » dans les « *Registration Record Series* » qu'elle publie régulièrement.
 - Les compositions sont exprimées en pourcentages massiques. L'expression 1,4 Cu signifie que la teneur en cuivre exprimée en pourcentages massiques est de 1,4 %.
 - Les groupes d'alliages, également appelés séries, sont définis selon la norme européenne EN 573-1 (Février 2005).
 - Les états métallurgiques sont définis selon la norme européenne EN-515 (Avril 2017).
 - Les caractéristiques mécaniques statiques en traction, en d'autres termes la résistance à la rupture R_m , la limite d'élasticité conventionnelle à 0,2 % d'allongement $R_{p0.2}$ et l'allongement à la rupture $A\%$, sont déterminées par un essai de traction selon la norme NF EN ISO 6892-1, le prélèvement et le sens de l'essai étant définis par la norme EN 485-1 (Décembre 2009), la direction ou sens L correspond au sens de la longueur par rapport au sens principal de laminage et la direction ou sens TL correspond au sens travers-long.
 - Les définitions de la norme EN 12258-1 (Juillet 2012) s'appliquent.

Alliage d'aluminium

- [0031] Les limites de composition de l'alliage d'aluminium de la pièce emboutie utilisée selon la présente invention, sont exprimées en pourcentages massiques et peuvent se justifier de la manière suivante.

[0032] *Silicium* :

Une teneur minimale en Si de 2,50 % peut permettre d'améliorer la soudabilité et les propriétés mécaniques, notamment par la formation de précipités durcissants contenant du magnésium et du silicium lors des traitements thermiques post-assemblage. La teneur en silicium est donc supérieure ou égale à 2,50 %, de préférence supérieure ou

égale à 2,60 %, ou supérieure ou égale à 2,75 %, ou supérieure ou égale à 2,90 %, ou supérieure ou égale à 3,00 %, ou supérieure ou égale à 3,10 %, ou supérieure ou égale à 3,25 %, ou supérieure ou égale à 3,40 %, ou supérieure ou égale à 3,50 %, ou supérieure ou égale à 3,60 %, ou supérieure ou égale à 3,75 %, ou supérieure ou égale à 3,90 %, ou supérieure ou égale à 4,00 %, ou supérieure ou égale à 4,10 %, ou supérieure ou égale à 4,25 %.

Une teneur en Si trop élevée peut réduire la formabilité. Il est alors souhaitable de limiter le Si à une teneur inférieure ou égale 6,50 %, de préférence inférieure ou égale à 6,40 %, ou inférieure ou égale à 6,25 %, ou inférieure ou égale à 6,10 %, ou inférieure ou égale à 6,00 %, ou inférieure ou égale à 5,90 %, ou inférieure ou égale à 5,75 %, ou inférieure ou égale à 5,60 %, ou inférieure ou égale à 5,50 %, ou inférieure ou égale à 5,40 %, ou inférieure ou égale à 5,25 %, ou inférieure ou égale à 5,10 %, ou inférieure ou égale à 5,00 %, ou inférieure ou égale à 4,90 %, ou inférieure ou égale à 4,75 %.

[0033] **Fer :**

Une teneur en Fe minimale de 0,05 % peut permettre de manière inattendue d'améliorer la soudabilité, tandis que pour une teneur supérieure à 0,50 % la formabilité peut être significativement dégradée.

Une teneur maximale en Fe est ainsi de 0,50 %, ou de préférence de 0,49 %, ou de 0,48 %, ou de 0,47 %, ou de 0,46 %, ou de 0,45 %, ou de 0,44 %, ou de 0,43 %, ou de 0,42 %, ou de 0,41 %, ou de 0,40 %, ou de 0,39 %, ou de 0,38 %, ou de 0,37 %, ou de 0,36 %, ou de 0,35 %, ou de 0,34 %, ou de 0,33 %, ou de 0,32 %, ou de 0,31 %, ou de 0,30 %, ou de 0,29 %, ou de 0,28 %, ou de 0,27 %, ou de 0,26 % ou de 0,25 %.

Cependant, il n'est pas nécessaire de descendre à des teneurs très faibles, par exemple inférieures à 0,05 %, qui conduiraient à des prix de revient élevés. Par conséquent, la teneur minimale en Fe est de 0,05 %, ou de préférence de 0,06 %, ou de 0,07 %, ou de 0,08 %, ou de 0,09 %, ou de 0,10 %, ou de 0,11 %, ou de 0,12 %, ou de 0,13 %, ou de 0,14 %, ou de 0,15 %.

[0034] **Cuivre :**

Le Cu est un élément durcissant qui contribue à la résistance mécanique. Mais au-delà d'une certaine teneur, le risque de former des criques à la coulée est plus élevé. Il peut aussi se former des composés intermétalliques grossiers à la coulée qui nuisent à l'homogénéité du métal et peuvent constituer des sites d'initiation de la corrosion. De manière surprenante, les inventeurs ont constaté qu'une addition de Cu jusqu'à 0,20 % en masse peut permettre d'améliorer les caractéristiques mécaniques, tout en ne dégradant significativement ni la soudabilité ni la résistance à la corrosion. La teneur en Cu est donc inférieure ou égale à 0,20 %, ou inférieure ou égale à 0,19 %, ou inférieure ou égale à 0,18 %, ou inférieure ou égale à 0,17 %, ou inférieure ou égale à

0,16 %, ou inférieure ou égale à 0,15 %, ou inférieure ou égale à 0,14 %, ou inférieure ou égale à 0,13 %, ou inférieure ou égale à 0,12 %. De préférence, la teneur en Cu est supérieure ou égale à 10 ppm, ou supérieure ou égale 15 ppm, ou supérieure ou égale à 20 ppm, ou supérieure ou égale à 25 ppm, ou supérieure ou égale à 30 ppm, ou supérieure ou égale à 35 ppm, ou supérieure ou égale à 40 ppm, ou supérieure ou égale à 45 ppm, ou supérieure ou égale à 50 ppm, ou supérieure ou égale à 55 ppm, ou supérieure ou égale à 60 ppm.

[0035] ***Manganèse :***

Une addition de manganèse au-delà de 0,05 % peut permettre d'augmenter les caractéristiques mécaniques par effet de solution solide, mais au-delà de 0,50 %, elle peut faire décroître la formabilité.

Aussi, selon la présente invention, la teneur en Mn est de préférence supérieure ou égale à 0,05 %, ou supérieure ou égale à 0,06 %, ou supérieure ou égale à 0,07 %, ou supérieure ou égale à 0,08 %, ou supérieure ou égale à 0,09 %, ou supérieure ou égale à 0,10 %. Pour éviter de former un nombre important de phases grossières à la coulée qui peuvent réduire la formabilité, il est recommandé selon la présente invention de limiter le Mn à une teneur inférieure ou égale à 0,40 %, ou inférieure ou égale à 0,39 %, ou inférieure ou égale à 0,38 %, ou inférieure ou égale à 0,37 %, ou inférieure ou égale à 0,36 %, ou inférieure ou égale à 0,35 %, ou inférieure ou égale à 0,34 %, ou inférieure ou égale à 0,33 %, ou inférieure ou égale à 0,32 %, ou inférieure ou égale à 0,31 %, ou inférieure ou égale à 0,30 %, ou inférieure ou égale à 0,29 %, ou inférieure ou égale à 0,28 %, ou inférieure ou égale à 0,27 %, ou inférieure ou égale à 0,26 %, ou inférieure ou égale à 0,25 %, ou inférieure ou égale à 0,24 %, ou inférieure ou égale à 0,23 %, ou inférieure ou égale à 0,22 %, ou inférieure ou égale à 0,21 %, ou inférieure ou égale à 0,20 %.

[0036] ***Magnésium :***

Une teneur minimale en Mg de 0,05% peut permettre la formation de précipités Mg₂Si afin d'obtenir des caractéristiques mécaniques suffisantes. Son influence négative sur le soudage impose une limitation à une teneur maximale de 0,50 %.

Aussi, la teneur minimale en Mg selon la présente invention est supérieure ou égale à 0,05 %, ou supérieure ou égale à 0,06 %, ou supérieure ou égale à 0,07 %, ou supérieure ou égale à 0,08 %, ou supérieure ou égale à 0,09 %, ou supérieure ou égale à 0,10 %. En outre, la teneur maximale en Mg selon la présente invention est inférieure ou égale à 0,50 % ou inférieure ou égale à 0,49 %, ou inférieure ou égale à 0,48 %, ou inférieure ou égale à 0,47 %, ou inférieure ou égale à 0,46 %, ou inférieure ou égale à 0,45 %, ou inférieure ou égale à 0,44 %, ou inférieure ou égale à 0,43 %, ou inférieure ou égale à 0,42 %, ou inférieure ou égale à 0,41 %, ou inférieure ou égale à 0,40 % ou inférieure ou égale à 0,39 %, ou inférieure ou égale à 0,38 %, ou inférieure ou égale à

0,37 %, ou inférieure ou égale à 0,36 %, ou inférieure ou égale à 0,35 %.

[0037] **Chrome :**

L'ajout de Cr peut permettre d'améliorer la soudabilité. En outre, une addition de Cr de 0,05 % ou plus peut avoir un effet durcissant, mais au-delà de 0,35 %, le chrome peut former des phases intermétalliques néfastes.

La teneur en Cr selon la présente invention est ainsi inférieure ou égale à 0,35 %, ou inférieure ou égale à 0,34 %, ou inférieure ou égale à 0,33 %, ou inférieure ou égale à 0,32 %, ou inférieure ou égale à 0,31 %, ou inférieure ou égale à 0,30 %, ou inférieure ou égale à 0,29 %, ou inférieure ou égale à 0,28 %, ou inférieure ou égale à 0,27 %, ou inférieure ou égale à 0,26 %, ou inférieure ou égale à 0,25 %, ou inférieure ou égale à 0,24 %, ou inférieure ou égale à 0,23 %, ou inférieure ou égale à 0,22 %, ou inférieure ou égale à 0,21 %, ou inférieure ou égale à 0,20 %, ou inférieure ou égale à 0,19 %, ou inférieure ou égale à 0,18 %, ou inférieure ou égale à 0,17 %, ou inférieure ou égale à 0,16 %, ou inférieure ou égale à 0,15 %. En outre, la teneur minimale en Cr selon la présente invention est supérieure ou égale à 0,05 %, ou supérieure ou égale à 0,06 %, ou supérieure ou égale à 0,07 %, ou supérieure ou égale à 0,08 %, ou supérieure ou égale à 0,09 %, ou supérieure ou égale à 0,10 %.

[0038] **Titane :**

Il a été noté que le Ti avait pour effet d'affiner la structure de solidification et donc de diminuer la sensibilité à la fissuration. Une teneur minimale en Ti de 0,02 % est ainsi préconisée selon la présente invention. Par ailleurs, une teneur maximale en Ti de 0,30 % semble permettre d'éviter la formation de phases primaires lors de la coulée (verticale), qui ont un effet néfaste sur les caractéristiques mécaniques et la formabilité.

La teneur en Ti selon la présente invention est ainsi inférieure ou égale à 0,30 %, ou inférieure ou égale à 0,29 %, ou inférieure ou égale à 0,28 %, ou inférieure ou égale à 0,27 %, ou inférieure ou égale à 0,26 %, ou inférieure ou égale à 0,25 %, ou inférieure ou égale à 0,24 %, ou inférieure ou égale à 0,23 %, ou inférieure ou égale à 0,22 %, ou inférieure ou égale à 0,21 %, ou inférieure ou égale à 0,20 %. En outre, la teneur minimale en Ti selon la présente invention est supérieure ou égale à 0,02 %, ou supérieure ou égale à 0,03 %, ou supérieure ou égale à 0,04 %, ou supérieure ou égale à 0,05 %, ou supérieure ou égale à 0,06 %, ou supérieure ou égale à 0,07 %, ou supérieure ou égale à 0,08 %, ou supérieure ou égale à 0,09 %, ou supérieure ou égale à 0,10 %.

[0039] **Strontium :**

L'ajout de Sr est optionnel. A une teneur inférieure à 500 ppm, il peut permettre d'agir sur la forme de l'eutectique Al-Si lors de la solidification et de favoriser l'obtention de particules de Si d'aspect circulaire et réparties de manière homogène après réchauffage et avant laminage à chaud. Au-delà de cette teneur, son effet sur le

gazage de la plaque coulée peut devenir significatif. La teneur maximale en strontium est inférieure ou égale à 500 ppm, ou inférieure ou égale à 490 ppm, ou inférieure ou égale à 480 ppm, ou inférieure ou égale à 470 ppm, ou inférieure ou égale à 460 ppm, ou inférieure ou égale à 450 ppm, ou inférieure ou égale à 440 ppm, ou inférieure ou égale à 430 ppm, inférieure ou égale à 420 ppm, ou inférieure ou égale à 410 ppm, ou inférieure ou égale à 400 ppm, ou inférieure ou égale à 390 ppm, ou inférieure ou égale à 380 ppm, ou inférieure ou égale à 370 ppm, ou inférieure ou égale à 360 ppm, ou inférieure ou égale à 350 ppm. En outre, la teneur minimale en strontium est de préférence supérieure ou égale à 50 ppm, ou supérieure ou égale à 60 ppm, ou supérieure ou égale 70 ppm, ou supérieure ou égale à 80 ppm, ou supérieure ou égale à 90 ppm, ou supérieure ou égale à 100 ppm, ou supérieure ou égale à 110 ppm, ou supérieure ou égale à 120 ppm, ou supérieure ou égale à 130 ppm, ou supérieure ou égale à 140 ppm, ou supérieure ou égale à 150 ppm, ou supérieure ou égale à 160 ppm, ou supérieure ou égale 170 ppm, ou supérieure ou égale à 180 ppm, ou supérieure ou égale à 190 ppm, ou supérieure ou égale à 200 ppm, ou supérieure ou égale à 210 ppm, ou supérieure ou égale à 220 ppm, ou supérieure ou égale à 230 ppm, ou supérieure ou égale à 240 ppm, ou supérieure ou égale à 250 ppm.

- [0040] L'utilisation d'autres éléments dits « *modificateurs* », tels que le sodium (Na) à des teneurs jusqu'à 200 ppm ou l'antimoine (Sb) à des teneurs jusqu'à 0,15 %, est également possible en option. Une teneur préférentielle en Na est de 20 à 200 ppm. Une teneur préférentielle en Sb est de 0,04 à 0,15%. Dans un mode de réalisation avantageux, l'addition de Sr seul est choisie.
- [0041] Les autres éléments ne sont pas ajoutés intentionnellement. Il s'agit d'impuretés inévitables dont la teneur est inférieure à 0,05 % chacune et inférieure à 0,15 % au total. Le reste est de l'aluminium.
- [0042] Il est à noter que l'alliage d'aluminium des pièces plate 11 et emboutie 12 peut être le même alliage ou deux alliages différents. Selon une variante, il s'agit du même alliage. Selon une autre variante, il s'agit de deux alliages différents, l'alliage de la pièce plate 11 étant de préférence un alliage de type 5xxx ou 6xxx, de préférence de type AA5083, ou AA 5754, ou AA6005, ou AA6016.
- [0043] Selon une variante, l'alliage de type 5xxx utilisé pour la pièce emboutie est un alliage de type AA5083, qui a de préférence la composition suivante, en pourcentages massiques : jusqu'à 0,40 % de Si ; jusqu'à 0,40 % de Fe ; jusqu'à 0,10 % de Cu ; de 0,40 à 1,0 % de Mn ; de 4,0 à 4,9 % de Mg ; de 0,05 à 0,25 % de Cr ; jusqu'à 0,25 % de Zn ; jusqu'à 0,15 % de Ti ; impuretés inévitables dont la teneur est inférieure à 0,05 % chacune et inférieure à 0,15 % au total ; le reste étant de l'aluminium.
- [0044] Selon une variante, l'alliage de type 5xxx utilisé pour la pièce emboutie est un alliage de type AA5754, qui a de préférence la composition suivante, en pourcentages

massiques : jusqu'à 0,40 % de Si ; jusqu'à 0,40 % de Fe ; jusqu'à 0,10 % de Cu ; jusqu'à 0,50 % de Mn ; de 2,6 à 3,6 % de Mg ; jusqu'à 0,30 % de Cr ; jusqu'à 0,20 % de Zn ; jusqu'à 0,15 % de Ti ; de 0,10 à 0,6 % de Mn+Cr ; impuretés inévitables dont la teneur est inférieure à 0,05 % chacune et inférieure à 0,15 % au total ; le reste étant de l'aluminium.

[0045] Selon une variante, l'alliage de type 6xxx utilisé pour la pièce emboutie est un alliage de type AA6005, qui a de préférence la composition suivante, en pourcentages massiques : de 0,6 à 0,9 % de Si ; jusqu'à 0,35 % de Fe ; jusqu'à 0,10 % de Cu ; jusqu'à 0,10 % de Mn ; de 0,40 à 0,6 % de Mg ; jusqu'à 0,10 % de Cr ; jusqu'à 0,10 % de Zn ; jusqu'à 0,10 % de Ti ; impuretés inévitables dont la teneur est inférieure à 0,05 % chacune et inférieure à 0,15 % au total ; le reste étant de l'aluminium.

[0046] Selon une variante, l'alliage de type 6xxx utilisé pour la pièce emboutie est un alliage de type AA6016, qui a de préférence la composition suivante, en pourcentages massiques : de 1,0 à 1,5 % de Si ; jusqu'à 0,50 % de Fe ; jusqu'à 0,20 % de Cu ; jusqu'à 0,20 % de Mn ; de 0,25 à 0,6 % de Mg ; jusqu'à 0,10 % de Cr ; jusqu'à 0,20 % de Zn ; jusqu'à 0,15 % de Ti ; impuretés inévitables dont la teneur est inférieure à 0,05 % chacune et inférieure à 0,15 % au total ; le reste étant de l'aluminium.

Bande ou tôle :

[0047] De manière connue de la personne du métier, le terme « *plaque* » correspond à l'alliage d'aluminium depuis la coulée et jusqu'au début du laminage. Le terme « *bande* » correspond à l'alliage d'aluminium depuis le début du laminage et jusqu'à la fin du bobinage. Le terme « *tôle* » correspond à l'alliage d'aluminium après découpage de la bande.

[0048] Selon une première variante où la bande ou tôle selon la présente invention est destinée à la fabrication d'une pièce plate 11, l'épaisseur totale minimale de la bande ou tôle est de 0,60 mm, ou de 0,65 mm, ou de 0,70 mm, ou de 0,75 mm, ou de 0,80 mm. Selon cette première variante, l'épaisseur totale maximale de la bande ou tôle est de préférence de 3,50 mm, ou de 3,40 mm, ou de 3,30 mm, ou de 3,20 mm, ou de 3,10 mm, ou de 3,00 mm, ou de 2,90 mm, ou de 2,80 mm, ou de 2,70 mm.

[0049] Selon une deuxième variante où la bande ou tôle selon la présente invention est destinée à la fabrication d'une pièce emboutie 12, l'épaisseur totale minimale de la bande ou tôle est de 0,50 mm, ou de 0,55 mm, ou de 0,60 mm, ou de 0,65 mm, ou de 0,70 mm. Selon cette deuxième variante, l'épaisseur totale maximale de la bande ou tôle est de préférence de 1,50 mm, ou de 1,45 mm, ou de 1,40 mm, ou de 1,35 mm, ou de 1,30 mm.

Ensemble de deux tôles :

[0050] Les tôles selon la présente invention peuvent être combinées entre elles, après mise

en forme éventuelle, pour former un échangeur de chaleur avec des canaux.

L'ensemble de deux tôles selon la présente invention peut être celle après assemblage mais avant soudage ou celle après soudage.

[0051] Selon la présente invention, l'ensemble de deux tôles comprend, de préférence est constitué de :

- une pièce emboutie 12, formée à partir d'un alliage d'aluminium ayant la composition suivante, en pourcentages massiques :

Si : de 2,50 à 6,50 % ; de préférence de 3,0 à 6,0 %, de préférence de 3,50 à 5,50 %, de préférence de 4,0 à 5,0 %, de 4,25 à 4,75 % ;

Fe : jusqu'à 0,50 %, de préférence jusqu'à 0,40 %, de préférence jusqu'à 0,30 %, de préférence jusqu'à 0,25 % ; et au moins 0,05 %, de préférence au moins 0,10 %, de préférence au moins 0,15 % ;

Cu : jusqu'à 0,20 %, de préférence jusqu'à 0,17 %, de préférence jusqu'à 0,15 %, de préférence jusqu'à 0,12 % ; et de préférence au moins 10 ppm, de préférence au moins 20 ppm, de préférence au moins 40 ppm, de préférence au moins 60 ppm ;

Mn : jusqu'à 0,40 %, de préférence jusqu'à 0,30 %, de préférence jusqu'à 0,20 % ; et de préférence au moins 0,05 %, de préférence au moins 0,08 %, de préférence au moins 0,10 % ;

Mg : de 0,05 à 0,50 %, de préférence de 0,08 à 0,45 %, de préférence de 0,10 à 0,40 %, de préférence de 0,10 à 0,35 % ;

Cr : de 0,05 à 0,35 %, de préférence de 0,06 à 0,30 %, de préférence de 0,08 à 0,25 %, de préférence de 0,10 à 0,20 %, de préférence de 0,10 à 0,15 % ;

Ti : de 0,02 à 0,30 %, de préférence de 0,04 à 0,25 %, de préférence de 0,05 à 0,25 %, de préférence de 0,07 à 0,20 %, de préférence de 0,10 à 0,20 % ;

Sr : jusqu'à 500 ppm, de préférence jusqu'à 450 ppm, de préférence jusqu'à 400 ppm, de préférence jusqu'à 350 ppm, et de préférence au moins 50 ppm, de préférence au moins 100 ppm, de préférence au moins 150 ppm, de préférence au moins 200 ppm, de préférence au moins 250 ppm ;

impuretés inévitables < 0,05 % chacune et < 0,15 % au total, reste aluminium ;

et

- une pièce plate 11, formée à partir d'un alliage d'aluminium, de préférence le même alliage d'aluminium que la pièce emboutie 12 ou un alliage 6xxx ou un alliage 5xxx ;

les deux pièces étant destinées à être assemblées par soudage, de préférence à distance sans fil d'apport, de préférence par soudage laser, de préférence de type « *Remote Laser Welding* », de manière à former un canal 13 grâce à la déformation de la pièce emboutie 12.

[0052] Le soudage laser de type « *Remote Laser Welding* » est un soudage qui est réalisé à distance et ce n'est pas l'effecteur (ou tête de soudage) laser lui-même qui bouge pour

souder aux différents endroits, mais un miroir qui bouge pour réfléchir le faisceau laser auxdits différents endroits. Les normes ISO 15609-4 (Mai 2009) et ISO 4063 (Août 2009) décrivent le mode opératoire de cette technique. La norme ISO 13919-2 (Janvier 2021) donne des recommandations de qualité des soudures obtenues.

[0053] De préférence, la soudure entre la pièce plate 11 et la pièce emboutie 12 est continue.

Procédé de fabrication d'une bande

[0054] L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'une bande, destinée à produire une tôle selon la présente invention, comprenant les étapes successives de :

a. Coulée de l'alliage d'aluminium selon la présente invention en une plaque, de préférence par coulée semi continue verticale ;

b. Homogénéisation de la plaque, à une température d'homogénéisation de préférence comprise de 490 à 540°C, pour une durée de maintien de préférence supérieure ou égale à 2 heures ;

c. Laminage à chaud, la température de début de laminage à chaud étant de préférence de 450 à 540°C et la température de fin de laminage à chaud étant de préférence de 250 à 380°C ;

d. Laminage à froid de la bande, avec optionnellement avec un recuit intermédiaire, la diminution d'épaisseur de la bande pendant le laminage à froid étant de préférence de 50 à 75 % ;

e. Mise en solution puis trempe, préférentiellement à l'air ;

f. Optionnellement pré-revenu, à une température de pré-revenu de préférence de 50 à 120°C, pendant une durée de préférence de 2 à 16 heures, préférentiellement obtenu par bobinage puis refroidissement jusqu'à la température ambiante ;

g. Optionnellement revenu supplémentaire dans un four batch, avec un maintien en température pendant une durée de 20 minutes à 24 heures et une température métal de 100 à 210°C.

[0055] Le procédé de fabrication des bandes ou tôles monolithiques selon la présente invention comporte typiquement la coulée, le réchauffage/homogénéisation, le laminage à chaud, le laminage à froid, la mise en solution et la trempe.

[0056] Le procédé de fabrication des bandes ou tôles selon l'invention comporte la coulée d'une plaque, préférentiellement par coulée semi-continue verticale, suivie d'un scalpage. Dans un mode de réalisation, la coulée peut être continue.

[0057] Les dimensions préférentielles des plaques selon l'invention sont de 200 à 600 mm, de préférence de 450 à 510 mm, d'épaisseur, de 1000 à 3000 mm de largeur et de 2000 à 8000 mm de longueur.

[0058] Avantagusement, la tôle fabriquée est monolithique. Ce qui est moins coûteux qu'une tôle plaquée et plus adapté au recyclage.

[0059] La plaque est homogénéisée, typiquement à une température d'homogénéisation au-

delà de la température de solvus de l'alliage, tout en évitant une fusion locale ou la brûlure, de préférence pendant une durée minimale de 2 heures, préférentiellement de 3 heures, et de préférence pendant une durée maximale de 7 heures, préférentiellement de 6 heures. La température d'homogénéisation est préférentiellement au maximum de 540°C, préférentiellement de 530°C, et de préférence au minimum de 490°C, préférentiellement de 500°C. Une température trop forte ou trop faible peut dégrader les propriétés mécaniques de la tôle.

- [0060] La plaque est ensuite transférée au laminoir à chaud. Optionnellement, elle est directement transférée de l'homogénéisation au laminage à chaud, la température pouvant diminuer de 5 à 40°C naturellement pendant ce transfert. Optionnellement, la plaque est refroidie de la température d'homogénéisation jusqu'à la température de début de laminage à chaud par un refroidissement forcé. Ce refroidissement forcé est préférentiellement réalisé avec une vitesse de refroidissement directe d'au moins 150°C par heure. Avantageusement la vitesse de refroidissement directe est d'au maximum 500°C/h. Le refroidissement peut typiquement être effectué par une machine telle que celle décrite par la demande WO2016012691. Préférentiellement, ce refroidissement est fait en deux étapes, l'une d'aspersion et l'autre d'uniformisation. Optionnellement, ce refroidissement peut être effectué en deux passages dans la machine telle que celle décrite par la demande WO2016012691.
- [0061] La plaque homogénéisée est ensuite laminée à chaud, de préférence jusqu'à une épaisseur de bande de 2 à 7,3 mm. La température de début de laminage à chaud est de préférence de 450 à 540°C. De préférence, la température de début de laminage à chaud est d'au moins 460°C, ou d'au moins 470°C, ou d'au moins 480°C, ou d'au moins 490°C. De préférence, la température de début de laminage à chaud est d'au plus de 530°C, ou d'au plus 525°C.
- [0062] L'évolution de la température entre le début et la fin du laminage à chaud découle du refroidissement par l'échange thermique usuel de la bande avec l'air à la température ambiante de l'usine, avec les équipements du laminoir à chaud tels que par exemple, non limitatif, les cylindres ou les rouleaux de convoyage ainsi qu'avec les fluides de lubrification ou de refroidissement usuels et du réchauffement liés à l'énergie de déformation. Préférentiellement, la température de fin de laminage à chaud est de 250°C à 380°C. De préférence, la température de fin de laminage à chaud est d'au moins 260°C, ou d'au moins 270°C, ou d'au moins 280°C, ou d'au moins 290°C. De préférence, la température de fin de laminage à chaud est d'au plus 370°C, ou d'au plus 360°C, ou d'au plus 350°C, ou d'au plus 340°C, ou d'au plus 330°C, ou d'au plus 320°C.
- [0063] La bande laminée à chaud est ensuite laminée à froid, de préférence jusqu'à une épaisseur de bande de 0,5 à 3,5 mm. De préférence, la réduction d'épaisseur de la

bande pendant le laminage à froid est de 50 à 75 %. Un recuit intermédiaire peut aussi avoir lieu entre deux étapes de laminage à froid. Un recuit intermédiaire peut optionnellement avoir lieu, dans un four statique ou dans un four continu, de préférence à une température de 300 à 350°C.

- [0064] La bande est ensuite mise en solution, typiquement à une température de mise en solution au-delà de la température de solvus de l'alliage, tout en évitant une fusion locale ou la brûlure, puis trempée, préférentiellement dans un four continu. Une mise en solution trop froide et/ou une mise en solution trop courte peut dégrader les propriétés mécaniques de la bande ou tôle par une mise en solution insuffisante. Une mise en solution trop chaude peut provoquer des brûlures dégradant les propriétés mécaniques. Une mise en solution trop longue peut dégrader la productivité. De préférence, la mise en solution dure de 15 à 300 secondes. La température de mise en solution est préférentiellement au minimum de 530°C et au maximum de 560°C.
- [0065] Ensuite, la bande est trempée, typiquement à une vitesse de plus de 30°C/s et mieux d'au moins 100°C/s, avec de l'eau ou de l'air ou une combinaison successive d'eau et/ou d'air. Préférentiellement, la bande est trempée jusqu'à une température de 60 à 100°C. Une vitesse de refroidissement insuffisante peut dégrader les propriétés mécaniques de la bande ou tôle, car la mise en solution est alors incomplète.
- [0066] La bande peut optionnellement être réchauffée pour réaliser un pré-revenu à une température de pré-revenu de 50 à 120°C, de préférence de 50 à 110°C, ou 100°C, ou 90°C ou 80°C, pendant une durée de préférence de 2 à 16 heures. Le réchauffage peut être utile lorsque la bande subit, entre la trempe et le pré-revenu, un traitement de surface dont la température est inférieure à celle du pré-revenu. Le traitement de surface peut par exemple être un décapage suivi par l'application d'une couche de conversion. Préférentiellement, le pré-revenu est réalisé par bobinage, puis refroidissement jusqu'à la température ambiante, préférentiellement pendant au moins 40 heures.
- [0067] La bande pré-revenue est à l'état T4 et peut ensuite optionnellement mûrir à la température ambiante pendant 72 heures à 6 mois. Cette étape est une contrainte liée au stockage avant la mise en forme. La bande selon l'invention peut être mise en forme malgré la maturation. La maturation se produit naturellement entre la fin du bobinage et le moment où la bobine est effectivement utilisée.
- [0068] L'état métallurgique T4 ainsi obtenu présente l'avantage d'une bonne formabilité.
- [0069] La bande peut ensuite optionnellement être soumise à un revenu supplémentaire dans un four batch, avec un maintien en température pendant une durée de 20 minutes à 24 heures et une température métal de 100 à 210°C. Le revenu supplémentaire peut permettre d'obtenir différents états métallurgiques, comme par exemple les états métallurgiques T61, T6 ou T7. L'état métallurgique T61 présente notamment l'avantage

d'être plus dur que l'état métallurgique T4, tout en concédant une formabilité un peu moins bonne. L'état métallurgique T6 présente notamment l'avantage d'être l'état métallurgique le plus dur parmi les états métallurgiques T6x et T7x. L'état métallurgique T7 présente notamment l'avantage d'une meilleure résistance à la corrosion SWAAT et à la corrosion intergranulaire.

Procédé de fabrication d'une pièce plate :

[0070] Pour obtenir une pièce plate 11 selon la présente invention, il suffit de couper la bande obtenue précédemment selon la présente invention, dans les dimensions souhaitées, qui peuvent être de préférence comprises de 100 mm x 200 mm à 2000 mm x 3500 mm.

Procédé de fabrication d'une pièce emboutie :

[0071] Pour obtenir une pièce emboutie 12, il faut suivre le procédé de fabrication d'une bande tel que décrit précédemment selon la présente invention, et il faut couper ladite bande dans les dimensions souhaitées et l'emboutir afin de former un canal 13 après assemblage avec une pièce plate 11, ledit canal 13 étant adapté à la circulation d'un fluide de refroidissement. Les étapes de coupage et d'emboutissage précitées peuvent être dans un ordre ou dans l'autre, c'est-à-dire que la bande peut être d'abord coupée pour obtenir une tôle, puis la tôle est ensuite emboutie, ou alors la bande peut être d'abord emboutie puis ensuite coupée pour obtenir une tôle emboutie.

[0072] Les dimensions de la pièce emboutie 12 sont de préférence comprises de 100 mm x 200 mm à 2000 mm x 3500 mm.

Procédé de fabrication d'un ensemble de deux tôles :

[0073] Le procédé de fabrication d'un ensemble de deux tôles selon la présente invention, comprend les étapes de :

- Fourniture de deux tôles, l'une des tôles formant une pièce plate 11 et l'autre tôle formant une pièce emboutie 12, fabriquées respectivement selon les procédés correspondants de la présente invention ;
- Assemblage des deux pièces plate 11 et emboutie 12, de préférence par soudage laser, de préférence à distance sans fil d'apport, de préférence par recouvrement, de manière à former un canal 13 grâce à la déformation de la pièce emboutie 12.

[0074] Le procédé de fabrication d'un ensemble de deux tôles selon l'invention peut notamment faire intervenir du soudage par superposition, tel qu'illustré sur la [Fig.2], autrement appelé soudage par recouvrement. Il a par ailleurs été noté que la tendance à la fissuration lors du soudage était nettement moindre lorsque la pièce emboutie 12 de composition selon l'invention était positionnée en-dessous de la pièce plate 11 lors du soudage, soit du côté de l'impact du faisceau laser. Cet avantage est obtenu dans le cas du soudage par superposition. Ainsi, dans un mode de réalisation avantageux, la pièce

emboutie 12 de composition selon l'invention est positionnée du côté de l'impact du faisceau laser lors du soudage.

[0075] L'avantage essentiel de l'invention est la possibilité d'utiliser une tôle laminée monolithique, présentant une soudabilité améliorée, en particulier lors du soudage par laser, de préférence à distance sans fil d'apport, procédé de soudage généralement connu par la personne du métier sous l'appellation de « *Remote Laser Welding* », ainsi que des propriétés de formabilité et de résistance à la corrosion au moins comparables à celles des alliages de la famille AA6xxx classiquement utilisés pour leurs caractéristiques mécaniques élevées.

[0076] Les techniques de soudage, en particulier de soudage laser, des alliages d'aluminium sont décrites par exemple dans les normes ISO 15609-4 (Mai 2009), ISO 4063 (Août 2009) et ISO 13919-2 (Janvier 2021).

[0077] Les applications visées couvrent notamment la fabrication d'échangeurs de chaleur comme des refroidisseurs de batteries de véhicules électriques.

Utilisation

[0078] L'invention a également pour objet un échangeur de chaleur, de préférence un refroidisseur de batteries d'un véhicule électrique, réalisé au moins en partie à partir d'un ensemble de deux tôles selon la présente invention.

[0079] L'invention a également pour objet l'utilisation d'un ensemble de deux tôles selon la présente invention ou obtenu selon la présente invention, pour la fabrication d'un échangeur de chaleur, de préférence un refroidisseur de batteries d'un véhicule électrique.

Exemples

Exemple 1 : Soudabilité

[0080] Un test de soudabilité par la méthode de soudage laser par recouvrement (voir [Fig.2]) de type « *Remote Laser Welding* » a été réalisé sur des tôles à base de trois alliages d'aluminium différents : un alliage de type 6016, un alliage de type 5182 et un alliage selon l'invention. Les compositions chimiques de ces alliages sont données dans le Tableau 1 ci-après.

[0081] [Tableaux1]

% masse	6016	5182	Inv.
Si	0,94	0,08	4,47
Fe	0,24	0,20	0,16
Cu	0,09	0,07	0,001
Mn	0,17	0,37	0,00
Mg	0,42	4,78	0,29
Cr	0,04	0,00	0,10
Ti	0,03	0,01	0,165

[0082] Les tôles testées ont été obtenues en suivant les étapes décrites ci-après.

[0083] ***Procédé de fabrication des tôles en alliage de type 6016 :***

- coulée puis scalpage pour obtenir une tôle d'environ 582 mm d'épaisseur ;
- réchauffage à environ 560°C pendant environ 2 heures, puis à environ 530°C pendant environ 1 heure ;
- refroidissement jusqu'à environ 415°C ;
- laminage à chaud jusqu'à une épaisseur d'environ 7,3 mm, avec une température de début de laminage à chaud d'environ 415°C et une température de fin de laminage à chaud d'environ 300°C ;
- laminage à froid jusqu'à une épaisseur intermédiaire d'environ 4 mm (Taux de réduction 45%) ;
- recuit intermédiaire à environ 350°C pendant environ 4 heures de maintien ;
- laminage à froid jusqu'à une épaisseur finale d'environ sortie 1,01 mm (Taux de réduction 75%) ;
- mise en solution à environ 555°C, avec un temps de maintien d'environ 5 secondes au-dessus de 550°C, puis trempe.

[0084] ***Procédé de fabrication des tôles en alliage de type 5182 :***

- coulée puis scalpage pour obtenir une tôle d'environ 582 mm d'épaisseur ;
- réchauffage à environ 490°C ;
- laminage à chaud jusqu'à une épaisseur de 2,5 mm, avec une température de début de laminage à chaud d'environ 470°C et une température de fin de laminage à chaud d'environ 330°C ;
- laminage à froid jusqu'à une épaisseur d'environ 0,9 mm (Taux de réduction 64%) ;
- mise en solution à environ 385°C, puis trempe.

[0085] ***Procédé de fabrication des tôles en alliage selon l'invention :***

- coulée puis scalpage pour obtenir une tôle d'environ 582 mm d'épaisseur ;

- homogénéisation à environ 500°C pendant une durée totale d'environ 18 heures ;
- laminage à chaud jusqu'à une épaisseur d'environ 3,5 mm, avec une température de début de laminage à chaud d'environ 500°C et une température de fin de laminage à chaud d'environ 340°C ;
- laminage à froid jusqu'à une épaisseur d'environ 1,04 mm ;
- mise en solution à environ 550°C, avec un temps de maintien d'environ 30 secondes au-dessus de 530°C, puis trempe.

[0086] Deux tôles du même alliage ont été soudées l'une sur l'autre par recouvrement (voir [Fig.2]), pour chacun des trois alliages décrits ci-avant. Dans la [Fig.2], la référence 1 correspond à une soudure par recouvrement, la référence 2 correspond à la première tôle à souder, et la référence 3 correspond à la deuxième tôle à souder. Le terme « *recouvrement* » signifie que la soudure traverse complètement la première tôle à souder 2 et qu'elle traverse au moins en partie la deuxième tôle à souder 3.

[0087] La qualité des soudures obtenues a été déterminée en suivant les critères de la norme EN ISO 13919-2 (janvier 2021). Les critères de qualité de la norme EN ISO 13919-2 (janvier 2021) sont illustrés dans la [Fig.3]. Dans la [Fig.3], la référence 1 correspond à une soudure par recouvrement, la référence 2 correspond à la première tôle à souder, et la référence 3 correspond à la deuxième tôle à souder, la référence 4 correspond à un caniveau, la référence 5 correspond à la hauteur de caniveau, la référence 6 correspond à la surépaisseur de la soudure 1, la référence 7 correspond à la hauteur de la surépaisseur 6, la référence 8 correspond à la profondeur de pénétration de la soudure 1, et la référence 9 correspond à la largeur de soudure à l'interface entre les tôles 2 et 3 (cordon).

[0088] Les résultats obtenus sont donnés dans le Tableau 2 ci-après.

[0089] [Tableaux2]

Tôle	Vitesse soudage (m/min)	Puissance laser (W)	Hauteur caniveau x (mm)	Hauteur surépaisseur (mm)	Largeur cordon soudure (mm)	Fissures	Aspect visuel
6016	10	3250	0	0	1,06	Oui	Assez régulier
	30	5500	0	0,19	0,8	Oui	Régulier
		6000	0	0,2	0,87	Oui	Régulier
		7500	0,10 et 0,07	0	0,85	Oui	Assez régulier
5182	10	3250	0,18 et 0,15	0	0,85	Non	Irrégulier
	30	5500	0,07 et 0,08	0,18	0,85	Non	Irrégulier
		6000	0,18 et 0,13	0,2	0,94	Non	Irrégulier
		7500	0,38 et 0,42	0,12	1,01	Non	Irrégulier
Inv.	10	3250	0	0	0,98	Non	Régulier
	30	5500	0	0,17	0,96	Non	Régulier
		6000	0	0,18	0,8	Non	Régulier
		7500	0,09 et 0,06	0	0,90	Non	Régulier

[0090] D'après le Tableau 2 ci-avant, les meilleurs résultats ont été obtenus avec les tôles à base de l'alliage selon l'invention, notamment en termes d'aspect visuel et de fissuration.

[0091] Plusieurs vitesses de soudage ont été testées (pas toutes illustrées dans le Tableau 2) : 10 m/min (3250 W), 15 m/min (4500 W), 20 m/min (5500 W), 25 m/min (6500 W) et 30 m/min (7500 W), et pour toutes ces vitesses, les meilleurs résultats ont été obtenus avec les tôles à base de l'alliage selon l'invention, notamment en termes d'aspect visuel et de fissuration.

[0092] Il est à noter qu'il a été possible de souder à des vitesses aussi élevées que 10 m/min, 15 m/min, 20 m/min, 25 m/min ou 30 m/min, alors que la vitesse de soudage est habituellement d'environ 4 à 5 m/min.

Exemple 2 : Performances mécaniques

[0093] Le même alliage selon l'invention que celui utilisé dans l'Exemple 1 ci-avant a été utilisé pour mesurer les performances mécaniques selon la norme NF EN ISO 6892-1. En plus d'une tôle à l'état métallurgique T4 obtenue en suivant le procédé décrit dans l'Exemple 1 ci-avant, des tôles ayant les états métallurgiques T6 et T7 ont été fabriquées en suivant les procédés décrits ci-après.

Procédé de fabrication d'une tôle en alliage selon l'invention à l'état métallurgique T6 :

En plus des étapes décrites ci-avant dans l'Exemple 1 du procédé de fabrication des tôles en alliage selon l'invention, réaliser un revenu pendant environ 90 minutes à environ 205°C dans un four à air, chaud au moment de l'introduction de la tôle, puis laisser refroidir à l'air libre jusqu'à la température ambiante.

Procédé de fabrication d'une tôle en alliage selon l'invention à l'état métallurgique T7 :

En plus des étapes décrites ci-avant dans l'Exemple 1 du procédé de fabrication des tôles en alliage selon l'invention, réaliser un revenu pendant environ 200 minutes à environ 205°C dans un four à air, chaud au moment de l'introduction de la tôle, puis laisser refroidir à l'air libre jusqu'à la température ambiante.

[0096] Les performances mécaniques obtenues sont données dans le Tableau 3 ci-après.

[0097] [Tableaux3]

Etat métal-lurgique	Rm (Mpa)	Rp0.2 (Mpa)	A80 (%)
T4	222	107	23,5
T6	271	216	14,4
T7	251	200	13,1

[0098] D'après le Tableau 3 ci-avant, les performances mécaniques obtenues sont satisfaisantes pour une utilisation dans le domaine des échangeurs de chaleur, et en particulier des refroidisseurs de batteries de véhicules électriques, avec notamment un Rp0.2 qui peut être supérieur ou égal à 200 MPa.

[0099] Il est à noter par ailleurs, que les propriétés mécaniques d'une tôle selon la présente invention ayant l'état métallurgique T61 (valeurs non illustrées ici) permettent de proposer une tôle présentant un bon compromis entre la formabilité et les résistances mécaniques.

Exemple 3 : Résistance à la corrosion

[0100] Le même alliage selon l'invention que celui utilisé dans l'Exemple 1 ci-avant a été utilisé pour mesurer la résistance à la corrosion de différentes tôles. En plus des tôles ayant les états métallurgiques T4, T6 et T7 décrits dans les Exemples 1 et 2 ci-avant, une tôle ayant l'état métallurgique T61 a été fabriquée en suivant le procédé décrit ci-après. Les tôles avaient toutes une épaisseur d'environ 1 mm +/- 0,05 mm.

[0101] ***Procédé de fabrication d'une tôle en alliage selon l'invention à l'état métallurgique T61 :***

En plus des étapes décrites ci-avant dans l'Exemple 1 du procédé de fabrication des tôles en alliage selon l'invention, réaliser un revenu pendant environ 30 minutes à environ 205°C dans un four à air, chaud au moment de l'introduction de la tôle, puis laisser refroidir à l'air libre jusqu'à la température ambiante.

[0102] Pour déterminer la résistance à la corrosion, un test cyclique SWAAT (« *Sea Water Acidified Acetic Test* ») selon la norme ASTM G85 A3 a été réalisé sur les tôles ayant différents états métallurgiques. Le test SWAAT comprend notamment une alternance de phases de brouillard salin de 30 minutes et de phases humides de 1h30 à une température d'environ 49°C.

[0103] Les résultats obtenus sont les suivants :

- T4 et T61 : corrosion intergranulaire, profondeur de corrosion supérieure à 30 % de l'épaisseur de la tôle, et quelques perforations après 40 jours de test ;
- T6 : corrosion intergranulaire et profondeur de corrosion supérieure à 30 % de l'épaisseur de la tôle, mais pas de perforation après 40 jours de test ;
- T7 : pas de corrosion intergranulaire, profondeur de corrosion inférieure à 30 % de l'épaisseur de la tôle, et pas de perforation après 40 jours de test.

[0104] Les résultats montrent donc que la tôle ayant l'état métallurgique T7 a une meilleure résistance à la corrosion que les tôles ayant les états métallurgiques T4, T6 et T61.

Exemple 4 : Performance environnementale/Recyclabilité

[0105] Aucune analyse détaillée des déchets (« *scraps* ») pouvant être intégrés dans l'alliage selon la présente invention n'a été effectuée, mais il semble au moins théoriquement possible d'intégrer dans le présent alliage tous les déchets intégrables dans les alliages de la série AA6xxx pour les tôles de carrosserie automobile monolithiques. D'autre part, le présent alliage semble pouvoir absorber certains alliages de moulage primaire, comme par exemple A365.1.

[0106] Il est à noter par ailleurs, que la tôle selon la présente invention, qui est monolithique, c'est-à-dire composée d'un seul alliage, permet de recycler sur elle-même tous les déchets issus de son cycle de vie, de sa fabrication jusqu'à son recyclage en fin de vie. Ceci est un avantage notable par rapport aux tôles multi-plaquées, courantes dans le domaine des échangeurs de chaleur.

Revendications

[Revendication 1]

Ensemble de deux tôles comprenant, de préférence étant constitué de :

- une pièce emboutie (12), formée à partir d'un alliage d'aluminium ayant la composition suivante, en pourcentages massiques :

Si : de 2,50 à 6,50 % ; de préférence de 3,0 à 6,0 %, de préférence de 3,50 à 5,50 %, de préférence de 4,0 à 5,0 %, de 4,25 à 4,75 % ;

Fe : jusqu'à 0,50 %, de préférence jusqu'à 0,40 %, de préférence jusqu'à 0,30 %, de préférence jusqu'à 0,25 % ; et au moins 0,05 %, de préférence au moins 0,10 %, de préférence au moins 0,15 % ;

Cu : jusqu'à 0,20 %, de préférence jusqu'à 0,17 %, de préférence jusqu'à 0,15 %, de préférence jusqu'à 0,12 % ; et de préférence au moins 10 ppm, de préférence au moins 20 ppm, de préférence au moins 40 ppm, de préférence au moins 60 ppm ;

Mn : jusqu'à 0,40 %, de préférence jusqu'à 0,30 %, de préférence jusqu'à 0,20 % ; et de préférence au moins 0,05 %, de préférence au moins 0,08 %, de préférence au moins 0,10 % ;

Mg : de 0,05 à 0,50 %, de préférence de 0,08 à 0,45 %, de préférence de 0,10 à 0,40 %, de préférence de 0,10 à 0,35 % ;

Cr : de 0,05 à 0,35 %, de préférence de 0,06 à 0,30 %, de préférence de 0,08 à 0,25 %, de préférence de 0,10 à 0,20 %, de préférence de 0,10 à 0,15 % ;

Ti : de 0,02 à 0,30 %, de préférence de 0,04 à 0,25 %, de préférence de 0,05 à 0,25 %, de préférence de 0,07 à 0,20 %, de préférence de 0,10 à 0,20 % ;

Sr : jusqu'à 500 ppm, de préférence jusqu'à 450 ppm, de préférence jusqu'à 400 ppm, de préférence jusqu'à 350 ppm, et de préférence au moins 50 ppm, de préférence au moins 100 ppm, de préférence au moins 150 ppm, de préférence au moins 200 ppm, de préférence au moins 250 ppm ;

impuretés inévitables < 0,05 % chacune et < 0,15 % au total, reste aluminium ;

et

- une pièce plate (11), formée à partir d'un alliage d'aluminium, de préférence le même alliage d'aluminium que la pièce emboutie (12) ou un alliage 6xxx ou un alliage 5xxx ;

les deux pièces étant destinées à être assemblées, de préférence par soudage laser, de manière à former un canal (13) grâce à la déformation

de la pièce emboutie (12).

[Revendication 2]

Ensemble de deux tôles selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est soudé et que la soudure entre la pièce plate (11) et la pièce emboutie (12) est continue.

[Revendication 3]

Procédé de fabrication d'une bande, destinée à produire une tôle utilisée selon l'une des revendications précédentes, comprenant les étapes successives de :

- a. Coulée de l'alliage d'aluminium selon la revendication 1 en une plaque, de préférence par coulée semi continue verticale ;
- b. Homogénéisation de la plaque, à une température d'homogénéisation de préférence comprise de 490 à 540°C, pour une durée de maintien de préférence supérieure ou égale à 2 heures ;
- c. Laminage à chaud pour obtenir une bande, la température de début de laminage à chaud étant de préférence de 450 à 540°C et la température de fin de laminage à chaud étant de préférence de 250 à 380°C ;
- d. Laminage à froid de la bande, avec optionnellement un recuit intermédiaire, la diminution d'épaisseur de la bande pendant le laminage à froid étant de préférence de 50 à 75 % ;
- e. Mise en solution puis trempe, préférentiellement à l'air ;
- f. Optionnellement pré-revenu, à une température de pré-revenu de préférence de 50 à 120°C, pendant une durée de préférence de 2 à 16 heures, préférentiellement obtenu par bobinage puis refroidissement jusqu'à la température ambiante ;
- g. Optionnellement revenu supplémentaire dans un four batch, avec un maintien en température pendant une durée de 20 minutes à 24 heures et une température métal de 100 à 210°C.

[Revendication 4]

Procédé de fabrication d'une tôle utilisée comme pièce plate (11) selon la revendication 1 ou 2, comprenant les étapes successives de :

- fabrication d'une bande selon le procédé de la revendication 3 ;
- découpage dans les dimensions désirées.

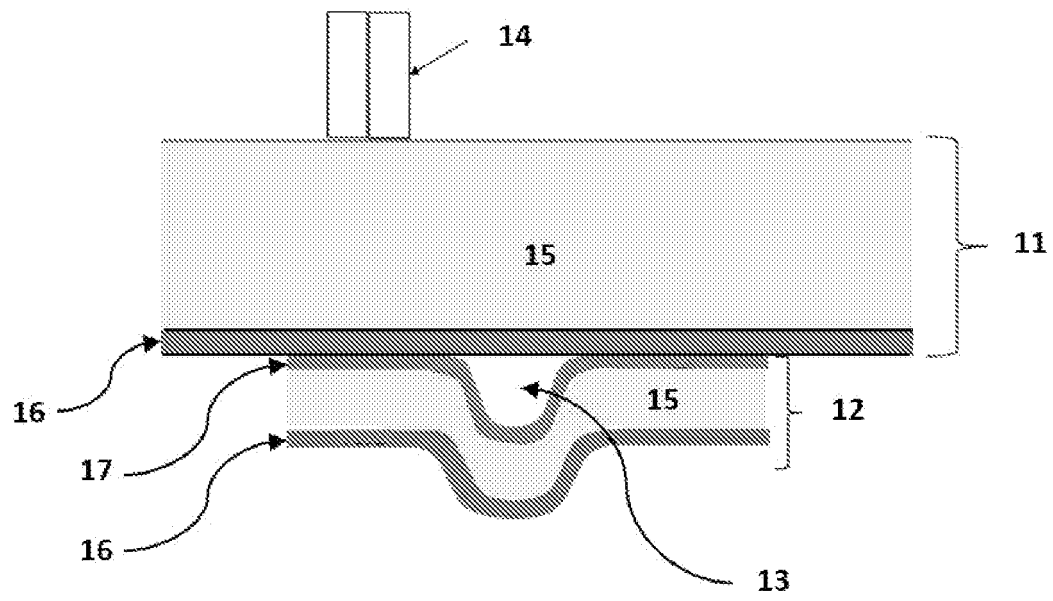
[Revendication 5]

Procédé de fabrication d'une tôle utilisée comme pièce emboutie (12) selon la revendication 1 ou 2, comprenant les étapes successives de :

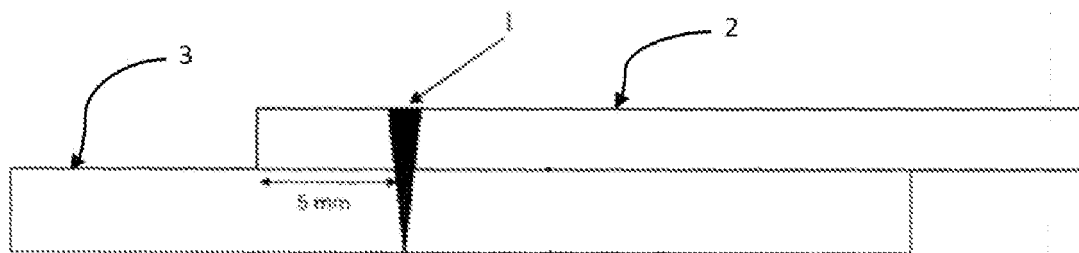
- fabrication d'une bande selon le procédé de la revendication 3 ;
 - découpage dans les dimensions désirées ;
 - emboutissage de manière à créer un canal (13) après assemblage entre une pièce plate (11) et une pièce emboutie (12) ;
- le découpage et l'emboutissage pouvant être réalisés dans n'importe quel ordre.

- [Revendication 6] Procédé de fabrication d'un ensemble de deux tôles selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, comprenant les étapes de :
- fourniture de deux tôles, l'une des tôles formant une pièce plate (11) et l'autre tôle formant une pièce emboutie (12), fabriquées respectivement l'une selon le procédé de la revendication 4 et l'autre selon le procédé de la revendication 5 ;
 - Assemblage des deux pièces plate (11) et emboutie (12), de préférence par soudage laser, de préférence à distance sans fil d'apport, de préférence par recouvrement, de manière à former un canal (13) grâce à la déformation de la pièce emboutie (12).
- [Revendication 7] Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le soudage des deux pièces est continu.
- [Revendication 8] Echangeur de chaleur, de préférence refroidisseur de batteries d'un véhicule électrique, réalisé au moins en partie à partir d'un ensemble de deux tôles selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2.
- [Revendication 9] Utilisation d'au moins un ensemble de deux tôles selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, ou obtenu selon le procédé la revendication 6 ou 7, pour la fabrication d'un échangeur de chaleur, de préférence d'un refroidisseur de batteries d'un véhicule électrique.

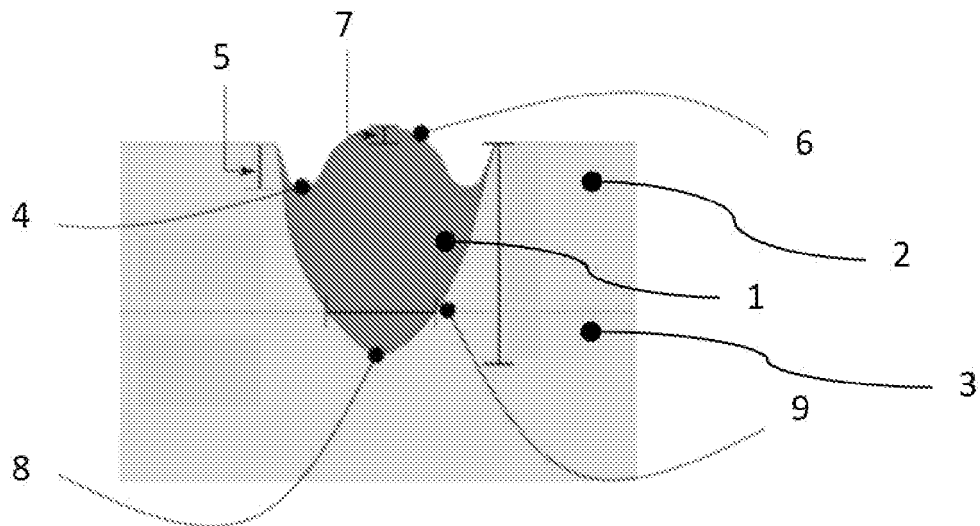
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 919781
FR 2303547

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X, D	WO 2017/001790 A1 (CONSTELLIUM NEUF-BRISACH [FR]) 5 janvier 2017 (2017-01-05) * revendications * * page 1, ligne 6 - ligne 8 * * figure 7 * * ligne 25 - ligne 28 * -----	1-9	B23K 26/21 B32B 15/01 B32B 38/12 B32B 7/05 C22C 21/02
A, D	EP 3 790 100 A1 (ALERIS ROLLED PROD GERMANY GMBH [DE]) 10 mars 2021 (2021-03-10) * le document en entier * -----	1-9	
A	EP 4 101 941 A1 (DUBAI ALUMINIUM PJSC [AE]) 14 décembre 2022 (2022-12-14) * le document en entier * -----	1-9	
A	US 2010/288401 A1 (HENNINGS ANDREAS [DE] ET AL) 18 novembre 2010 (2010-11-18) * le document en entier * -----	1-9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B32B C22C C22F F28F B23K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
19 décembre 2023		Morra, Valentina	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2303547 FA 919781**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **19-12-2023**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
WO 2017001790	A1	05-01-2017	AR	105168 A1		13-09-2017
			CN	107708917 A		16-02-2018
			EP	3317041 A1		09-05-2018
			FR	3038242 A1		06-01-2017
			JP	6796090 B2		02-12-2020
			JP	2018526529 A		13-09-2018
			KR	20180021894 A		05-03-2018
			RU	2017145926 A		05-08-2019
			US	2018185962 A1		05-07-2018
			WO	2017001790 A1		05-01-2017

EP 3790100	A1	10-03-2021	EP	3790100 A1		10-03-2021
			PT	3790100 T		03-11-2023

EP 4101941	A1	14-12-2022	EP	4101941 A1		14-12-2022
			WO	2022259136 A1		15-12-2022

US 2010288401	A1	18-11-2010	CN	101855375 A		06-10-2010
			DE	102008055928 A1		27-08-2009
			DE	112008003601 A5		07-10-2010
			FR	2923493 A1		15-05-2009
			IT	1392151 B1		22-02-2012
			US	2010288401 A1		18-11-2010
			WO	2009059593 A2		14-05-2009
