

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2017/001790 A1

(43) Date de la publication internationale
5 janvier 2017 (05.01.2017)

WIPO | PCT

(51) Classification internationale des brevets :

B23K 26/22 (2006.01) B23K 101/00 (2006.01)
B23K 26/32 (2014.01) B23K 101/18 (2006.01)
C22C 21/04 (2006.01) B23K 103/10 (2006.01)
B23K 26/244 (2014.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2016/051648

(22) Date de dépôt international :

30 juin 2016 (30.06.2016)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1556273 2 juillet 2015 (02.07.2015) FR

(71) Déposant : **CONSTELLIUM NEUF-BRISACH**
[FR/FR]; Zip Rhenane Nord, RD 52, 68600 Biesheim
(FR).

(72) Inventeurs : **MASSE, Jean-Philippe**; 117, Rue Jean Jau-
rès, 38000 Grenoble (FR). **SHAHANI, Ravi**; 335, rue Xa-
vier Jouvin, 38340 Voreppe (FR).

(74) Mandataire : **C-TEC CONSTELLIUM TECHNOLO-
GY CENTER**; CS10027, Propriété Industrielle, 725, Rue
Aristide Berges, 38341 Voreppe (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasiatique (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)

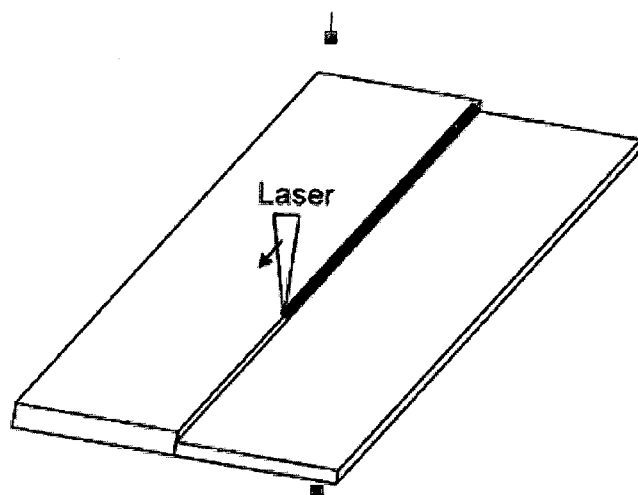
Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR THE LASER WELDING OF MONOLITHIC SEMI-FINISHED PRODUCTS MADE FROM ALUMINIUM ALLOY, WITHOUT FILLER WIRE, AND CORRESPONDING STRUCTURAL COMPONENT AND TAILORED BLANK

(54) Titre : PROCÉDE DE SOUDAGE PAR LASER SANS FIL D'APPORT DE SEMI PRODUITS MONOLITHIQUES EN ALLIAGE D'ALUMINIUM; COMPOSANT DE STRUCTURE ET FLANC RABOUTE CORRESPONDANTS



(57) Abstract : The invention relates to a method for the laser welding of monolithic semi-finished products made from aluminium alloy, without filler wire, known to the person skilled in the art as "remote laser welding", comprising the following steps: supplying at least two aluminium alloy semi-finished products, of which at least one is a rolled sheet of composition (wt.-%): Si: 2.5 - 14, preferably 2.7 - 5.0; Fe: 0.05 - 0.80 preferably 0.15 - 0.60; Cu: ≥ 0.20 , preferably ≥ 0.10 , also < 0.05 , and even < 200 , also 100 ppm; Mg: 0.05 - 0.80, preferably 0.20 - 0.40; Mn: ≥ 0.70 , preferably ≥ 0.30 ; Cr: < 0.35 ; Ti: 0.02 - 0.30; Sr up to 500 ppm; Na up to 200 ppm; Sb up to 0.15 %, other elements < 0.05 each and < 0.15 total, remainder aluminium, on the condition that A: $5.2 \text{ Fe} + 1.95 \text{ Si} - 0.5 \text{ Cu} - \text{Mg} \geq 7.0$; and welding semi-finished products made from aluminium alloy, without filler wire, a method known to the person skilled in the art as "remote laser welding".

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

FIG.7

WO 2017/001790 A1

- *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h)*

L'invention a pour objet un procédé de soudage de demi-produits monolithiques en alliage d'aluminium par laser sans fil d'apport, connu de l'homme de métier sous l'appellation de «Remote Laser Welding» comportant les étapes suivantes: -Approvisionnement d'au moins deux demi-produits en alliage d'aluminium dont l'un au moins est une tôle laminée de composition (% en poids): Si: 2,5-14 de préférence 2,7-5,0; Fe : 0,05-0,80 de préférence 0,15-0,60; Cu : $\geq 0,20$ de préférence $\geq 0,10$ voire $< 0,05$, et même < 200 voire 100 ppm; Mg : 0,05- 0,80 de préférence 0,20-0,40; Mn: $\geq 0,70$ de préférence $\geq 0,30$; Cr : $< 0,35$; Ti: 0,02-0,30; Sr jusqu'à 500 ppm; Na jusqu'à 200 ppm; Sb jusqu'à 0,15 %, autres éléments $< 0,05$ chacun et $< 0,15$ au total, reste aluminium, avec la condition A: 5.2 Fe + 1.95 Si -0.5Cu -Mg $\geq 7,0$ -Soudage des demi-produits en alliage d'aluminium par laser sans fil d'apport, procédé connu de l'homme de métier sous l'appellation de «Remote Laser Welding».

PROCEDE DE SOUDAGE PAR LASER SANS FIL D'APPORT DE SEMI PRODUITS MONOLITHIQUES EN ALLIAGE D'ALUMINIUM ; COMPOSANT DE STRUCTURE ET FLANC RABOUE CORRESPONDANTS

5 **Domaine de l'invention**

L'invention concerne le domaine des pièces mises en forme par emboutissage ou filage pour l'automobile, en particulier les pièces assemblées par soudage laser à distance sans fil d'apport, ou « Remote laser welding ». Plus particulièrement il s'agit de pièces en alliage de la famille AA6xxx selon la désignation de l'« Aluminum Association », additionnées d'éléments durcissants et destinées à la fabrication par emboutissage de pièces de doublure, de structure ou de renfort de la caisse en blanc des véhicules automobiles.

15

Etat de la technique

En préambule, tous les alliages d'aluminium dont il est question dans ce qui suit sont désignés, sauf indication contraire, selon les désignations définies par l'« Aluminum Association » dans les « Registration Record Series » qu'elle publie régulièrement.

Sauf mention contraire, les indications concernant la composition chimique des alliages sont exprimées comme un pourcentage en poids basé sur le poids total de l'alliage ; « ppm » signifie partie par million en poids.

Les définitions des états métallurgiques sont indiquées dans la norme européenne EN 25 515.

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.

30

Les alliages d'aluminium sont utilisés de manière croissante dans la construction des véhicules automobiles car leur utilisation permet de réduire le poids des véhicules et ainsi diminuer la consommation de carburant et les rejets de gaz à effets de serre.

Les tôles en alliage d'aluminium sont utilisées notamment pour la fabrication de nombreuses pièces de la « caisse en blanc » parmi lesquelles on distingue : les pièces de peau de carrosserie (ou panneaux extérieurs de carrosserie) comme les ailes avant, le toit ou pavillon, les peaux de capot, de coffre ou de porte ; les pièces de doublure
5 comme par exemple les doublures de porte, d'aile, de hayon ou de capot ; et enfin les pièces de structure, comme par exemple les longerons, les tabliers, les planchers de charges et les pieds avant, milieu et arrière.

De nombreuses pièces de peau et de doublure sont déjà réalisées en tôles d'alliages d'aluminium.

10 Pour ce type d'applications, un ensemble de propriétés, parfois antagonistes est requis telles que :

- une formabilité élevée à l'état de livraison, état T4, en particulier pour les opérations d'emboutissage,
- une limite d'élasticité contrôlée à l'état de livraison de la tôle pour maîtriser le
15 retour élastique lors de la mise en forme,
- une résistance mécanique élevée après cataphorèse et cuisson des peintures pour obtenir une bonne résistance mécanique en service tout en minimisant le poids de la pièce,
- une bonne capacité à l'absorption d'énergie en cas de choc,
- 20 - un bon comportement dans les divers procédés d'assemblage utilisés en carrosserie automobile tels que le soudage par points, le soudage laser, le collage, voire le clinchage ou le rivetage,
- une bonne résistance à la corrosion, notamment la corrosion intergranulaire, la corrosion sous contrainte et la corrosion filiforme de la pièce finie,
- 25 - une compatibilité avec les exigences du recyclage des déchets de fabrication ou des véhicules recyclés,
- un coût acceptable pour une production en grande série.

Il n'existe pas dans l'état de la technique de solutions consistant en des tôles
30 monolithiques qui puissent être assemblées par soudage laser à distance sans fil d'apport et qui présentent les propriétés de caractéristiques mécaniques, formabilité et corrosion, similaires aux tôles en alliage d'aluminium couramment utilisées dans l'industrie automobile.

Par ailleurs les solutions connues pour notamment diminuer la sensibilité à la fissuration des alliages d'aluminium et qui permettent plus généralement d'améliorer la soudabilité sont l'augmentation de la teneur en silicium au-delà de 2 %, en magnésium au-delà de 5 %, et en cuivre au-delà de 6 % (voir figure 1).

5 Dans le cas des alliages de la série AA6XXX, un fil d'apport est utilisé pour assurer une bonne résistance à la fissuration lors du soudage laser ; celui-ci est constitué d'un alliage de la série AA4XXX à haute teneur en silicium (12 % par exemple) ou un alliage de la série AA5XXX. Il est aussi connu que l'ajout d'éléments tels que le Titane et le Zirconium affine la structure de solidification et de ce fait diminue la
10 sensibilité à la fissuration lors du soudage laser, comme le rapporte « Current issues and problems in laser welding of automotive aluminum alloys », H. Zhao, D. R. White, and T. DebRoy, International Materials Reviews, Volume 44, Issue 6 (01 June 1999), pp. 238-266, dont est extraite la figure 1.

15 Même si, comme dit plus haut, aucune solution de tôle monolithique, c'est-à-dire non composite, composée de deux alliages co-laminés ou obtenue par coulée « bi-alliages », n'est connue de l'état de la technique pour l'assemblage par soudage laser dans l'automobile, une tôle monolithique a été développée par « Sky » pour application au soudage à l'arc selon les procédés TIG et MIG et a fait l'objet de la
20 demande US4897124. Le domaine de composition de ladite tôle, défini sur la figure 2, avec une teneur en Fe comprise entre 0.05 % et 0.5 % et au moins un élément du groupe suivant : Mn à une teneur inférieure à 0.6 %, Cr à une teneur inférieure à 0.3 % et Zr également à une teneur inférieure à 0.3 %. Une soudabilité améliorée est revendiquée, tout comme la formabilité améliorée et la résistance à la corrosion.

25

D'autre part, un produit multicouche a été développé par « Novelis » comme le rapportent « Advanced Aluminum 5XXX and 6XXX for complex Door Inner Panels and Consideration for an Aluminum-specific Design », A. Walker, G. Florey - Novelis Switzerland SA; Bad Nauheim - Doors and Closures in Car Body
30 Engineering 2014 et « Laser Remote Welding of Aluminum without filler », R. Brockmann (Trumpf), C. Bassi (Novelis) 2012/04/19.

Il s'agit d'un assemblage composé d'une tôle d'âme, ou cœur, en alliage « Novelis 6200 » plaqué de tôles en alliage de la famille AA4XXX (d'une teneur de 12 % en

Si, légèrement inférieure à celle de l'eutectique Al-Si [voir Laser Remote Welding of Aluminum without filler ; R. Brockmann (Trumpf), C. Bassi (Novelis) 2012/04/19] en peau. Son nom commercial est 6200RW ou « Novelis Advanz s200 RW ». Il présente une soudabilité améliorée lors du soudage laser à distance sans fil d'apport, et pas de fissure dans le joint soudé comme le précise « Laser Remote Welding of Aluminum without filler », R. Brockmann (Trumpf), C. Bassi (Novelis) 2012/04/19. Toutefois ce type de produit non monolithique n'est pas idéal en termes de coût et recyclage.

La demande de brevet JP2006104580 divulgue une tôle en alliage d'aluminium de la série 3XXX présentant une bonne soudabilité laser pulsé, de composition, en % en poids, Si : >0,20 à 0,60, Fe : 0,25 à 0,55, Cu : 0,10 à 0,35, Mn : 0,9 à 1,5, Mg, 0,25 à 0,55, reste aluminium et impuretés inévitables, la valeur totale de Si, Fe, Cu et Mg étant inférieure ou égale à 1,5 % en poids. Ces tôles en alliage 3XXX ne présentent pas les caractéristiques mécaniques souhaitées.

La demande de brevet US2005/0155676 décrit des pièces de sécurité ou de structure obtenu par moulage sous pression faits dans un alliage contenant Si : 2 à 6, Mg < 0,40, Cu < 0,30, Zn < 0,30, Fe < 0,50, Ti < 0,30 au moins un élément pour réduire l'adhérence au moule tel que Mn (0,3 – 2), Cr (0,1 – 0,3) Co (0,1 – 0,3) V (0,1 à 0,3) ou Mo (0,1 – 0,4) et au moins un éléments pour modifier les eutectiques tel que Sr (50 – 500 ppm), Na (20 – 100 ppm) ou Ca (30 – 120 ppm). Ces produits moulés ne présentent pas les caractéristiques géométriques et mécaniques souhaitées

La demande de brevet JP1995109537 décrit un alliage Al-Si hypo-eutectique utilisable pour les produits moulés, extrudés et forgés qui a une composition contenant, en % en poids, Si : 3,3 – 5,5, Mg : 0,2 – 0,7, Ti : 0,01 – 0,2, B : 0,0001 – 0,01, Fe ≤ 0,2, P ≤ 0,005 et Ca ≤ 0,005 et satisfaisant le rapport P/Ca ≤ 1.0 en poids. Ces produits ne présentent pas les caractéristiques géométriques et mécaniques souhaitées

La demande de brevet US2005/0100473 décrit des alliages d'aluminium et des produits moulés contenant en % en poids, Si : 4 – 12, Cu < 0,2, Mg : 0,1 – 0,5, Ni : 0,2 – 3,0, Fe : 0,1 – 0,7, Ti : 0,15 – 0,3 et le reste aluminium et impuretés. Ces produits moulés ne présentent pas les caractéristiques géométriques et mécaniques souhaitées

Problème posé

Les alliages d'aluminium de la série AA6XXX, largement utilisés dans l'industrie automobile, sont connus pour être très sensibles à la fissuration lors de l'assemblage par soudage laser, en particulier en provoquant des fissures critiques dans le cordon soudé.

Le problème posé est le développement d'une tôle en alliage d'aluminium ne formant pas de fissures critiques lors de l'assemblage par soudage laser à distance sans fil d'apport. Cette tôle en alliage d'aluminium, doit présenter les mêmes performances en résistance mécanique, formabilité, et corrosion, que les alliages d'aluminium utilisés couramment. Les caractéristiques mécaniques de la tôle sont de préférence les suivantes, à l'état T4 de livraison, $R_{p0,2} \leq 160$ MPa, $A_g \geq 18$ %, $A_{80} \geq 20$ %, et après cuisson des peintures (écrouissage en traction de 2% suivi de 20 min à 180°C), $R_{p0,2} \geq 190$ MPa et $R_m \geq 240$ MPa.

15

Objet de l'invention

L'invention a pour objet un procédé de soudage de demi-produits monolithiques en alliage d'aluminium par laser à distance sans fil d'apport, comportant les étapes suivantes :

20

- Approvisionnement d'au moins deux demi-produits monolithiques en alliage d'aluminium dont l'un au moins est une tôle laminée de composition (% en poids) :

25

Si : 2,5-14, de préférence 2,5-10,0 de préférence 2,7-5,0

Fe : 0,05-0,80 de préférence 0,15-0,60

Cu : $\leq 0,20$ de préférence $\leq 0,10$ voire $\leq 0,05$, et même ≤ 200 ppm voire 100 ppm

Mg : 0,05-0,8, de préférence 0,20-0,80 de préférence 0,20-0,40

30 Mn : $\leq 0,70$ de préférence $\leq 0,30$

Cr : $\leq 0,35$

Ti : 0,02-0,30

Sr jusqu'à 500 ppm

Na jusqu'à 200 ppm

Sb jusqu'à 0,15 %,

autres éléments < 0,05 chacun et < 0,15 au total, reste aluminium,

avec la condition : $5.2 \text{ Fe} + 1.95 \text{ Si} - 0.5 \text{ Cu} - \text{Mg} \geq 7,0$

5

- Soudage des demi-produits en alliage d'aluminium par laser à distance sans fil d'apport.

Selon un mode de réalisation préférentiel, les dits demi-produits constituent des
10 composants de structure automobile, voire des composants de caisse en blanc automobile, incluant des composants de peau de véhicule automobile et aussi des composants d'ouvrants de véhicule automobile.

Enfin, l'objet de l'invention inclut également un composant de structure, de caisse en
15 blanc, de peau ou d'ouvrant de véhicule automobile, constitué de plusieurs demi-produits dont l'un au moins a une composition, et est assemblé selon un procédé, tels que définis plus haut.

Encore un objet de l'invention est un flan raboté obtenu par le procédé selon
20 l'invention.

Description des figures

25 La figure 1 représente l'effet de la composition chimique du métal soudé sur la « susceptibilité relative » à la crique, ou sensibilité à la fissuration pour divers alliages binaires.

La figure 2 représente le domaine de composition revendiqué par « Sky » selon la
30 demande US4897124.

La figure 3 illustre schématiquement une configuration typique de dispositif de soudage laser vu en coupe transversale, avec en 1 le cordon de soudure laser.

La figure 4 illustre le même dispositif de soudage laser vu de dessus avec en noir (2) les fixations ou bridages.

La figure 5 précise les dimensions en mm des outils utilisés pour déterminer la valeur du paramètre connu de l'homme du métier sous le nom de LDH (Limit Dome Height) caractéristique de l'aptitude à l'emboutissage du matériau.

La figure 6 est un schéma des échantillons utilisés pour les essais de résistance à la corrosion inter-granulaire.

10

La figure 7 illustre schématiquement une configuration de dispositif de soudage bout à bout pour la réalisation d'un flan rabouté.

La figure 8 illustre schématiquement le prélèvement des éprouvettes pour la mesure des propriétés mécaniques du flan rabouté, RD signifie direction de laminage.

15

Description de l'invention

Le procédé selon l'invention comporte l'approvisionnement de demi-produits monolithiques en alliage d'aluminium, typiquement des tôles laminées ou des profilés extrudés. Au moins un des demi-produits est une tôle laminée. Dans un mode de réalisation de l'invention, au moins deux des deux demi-produits sont des tôles laminées. Dans un autre mode de réalisation de l'invention au moins un second demi-produit est un profilé extrudé.

Le procédé de fabrication des tôles monolithiques comporte typiquement la coulée, le réchauffage/homogénéisation, le laminage à chaud, le laminage à froid, la mise en solution et trempe.

La coulée est généralement du type semi-continu vertical de plaques suivie du scalpage, ou éventuellement du type continu.

30

Le réchauffage des plaques est réalisé typiquement à une température de l'ordre de 550°C pendant au moins 4 h, afin de globuliser les particules de silicium en excès lorsque sa teneur est supérieure à 1.2 %, et obtenir des particules d'aspect circulaire

et réparties de manière homogène dans l'épaisseur de la tôle. Cette température est avantageusement comprise entre le solvus et le solidus de l'alliage considéré.

Après réchauffage les plaques subissent typiquement un laminage à chaud puis un
5 laminage à froid. Le laminage à chaud n'est pas différent d'un laminage à chaud d'un alliage de la famille AA6XXX utilisé pour les renforts de porte par exemple.

La mise en solution, suivant le laminage à froid est typiquement réalisée à une
10 température de l'ordre de 550°C, afin de recristalliser et de remettre en solution tout le Mg et le Si libre, avant la trempe. Cette température est avantageusement comprise entre le solvus et le solidus de l'alliage, tout comme pour le réchauffage.

Dans le cas où un second demi-produit est un profilé, les étapes typiques de fabrication sont similaires :

15

La coulée des billettes est aussi généralement du type semi-continu vertical suivi du scalpage éventuel.

Le réchauffage des billettes avant ou après leur découpe à longueur est réalisé
20 typiquement à une température de l'ordre de 550°C. Cette température est avantageusement comprise entre le solvus et le le solidus de l'alliage considéré.

Après réchauffage les billettes sont filées avec mise en solution et trempe sur presse ou séparée.

25

Dans ce dernier cas, la mise en solution est typiquement réalisée à une température de l'ordre de 550°C, afin de remettre en solution tout le Mg et le Si libre, avant la trempe. Cette température est plus avantageusement comprise entre le solvus et le solidus de l'alliage tout comme pour le réchauffage.

30

La composition chimique de ladite tôle laminée du procédé selon l'invention est (% en poids) :

Si : 2,5-14, de préférence 2,5-10,0 de préférence 2,7-5,0

35 Fe : 0,05-0,80 de préférence 0,15-0,60

Cu : $\leq 0,20$ de préférence $\leq 0,10$ voire $\leq 0,05$, et même ≤ 200 ppm voire 100 ppm

Mg : 0,05-0,8, de préférence 0,20-0,80 de préférence 0,20-0,40

Mn : $\leq 0,70$ de préférence $\leq 0,30$

Cr : $\leq 0,35$

5 Ti : 0,02-0,30

Sr jusqu'à 500 ppm

Na jusqu'à 200 ppm

Sb jusqu'à 0,15 %,

autres éléments $< 0,05$ chacun et $< 0,15$ au total, reste aluminium,

10 avec la condition : $5.2 \text{ Fe} + 1.95 \text{ Si} - 0.5 \text{ Cu} - \text{Mg} \geq 7,0$

Les plages de concentration imposées aux éléments constitutifs de ce type d'alliage s'expliquent par les raisons suivantes :

15 Si : La présence de Silicium à une teneur minimum de 2,5 % permet d'obtenir une amélioration significative de la soudabilité. Au-delà d'une teneur de 5 %, la formabilité commence à décroître pour devenir problématique au-delà de 14% et dans certains cas au-delà de 10,0%.

Une teneur préférentielle en silicium est de 2,7 à 5,0 %.

20

Fe : Une teneur en Fe minimale de 0,05 % permet de manière inattendue d'améliorer la soudabilité, tandis que pour une teneur supérieure à 0,80 % la formabilité est significativement dégradée.

Une teneur préférentielle en fer est de 0,15 à 0,60 %.

25

Par ailleurs, la demanderesse a noté que la condition « $5,2 \text{ Fe} + 1,95 \text{ Si} - 0,5 \text{ Cu} - \text{Mg} \geq 7,0$ » appelée dans la suite « Condition A » était particulièrement favorable à la soudabilité. Dans cette expression « Fe », « Si », « Cu » et « Mg » signifient respectivement les teneurs en Fer, Silicium, Cuivre et Magnésium exprimées en % en

30 poids.

Cu : Au-delà d'une teneur supérieure à 0,20 % la soudabilité se dégrade nettement. De préférence la teneur en cuivre est $\leq 0,10$ % voire $\leq 0,05$, et même ≤ 200 voire 100 ppm

Mg : Une teneur minimale en Mg de 0,05% et de préférence de 0,20 % est nécessaire pour la formation suffisante de précipités Mg_2Si afin d'obtenir les caractéristiques mécaniques requises après cuisson des peintures. Son influence négative sur le soudage impose une limitation à une teneur maximum de 0,80 %.

Une teneur préférentielle en magnésium est de 0,20 à 0,40 %.

Cr : Sa teneur est limitée à 0,35 %.

Une addition de 0,05 % ou plus a un effet durcissant, mais au-delà de 0,35 %, le chrome forme des phases intermétalliques néfastes.

Une teneur préférentielle en chrome est de 0,05 à 0,25 %.

Mn : sa teneur est limitée à 0,70 %. Une addition de manganèse au-delà de 0,05 % peut accroître les caractéristiques mécaniques par effet de solution solide, mais au-delà de 0,70%, elle ferait très fortement décroître la formabilité, phénomène déjà perceptible au-delà de 0,30 %. Une teneur préférentielle pour Mn est de 0,05 à 0,30 %.

Dans un mode de réalisation de l'invention, la teneur maximale de Mn est 0,2%.

Ti : Il a été noté que cet élément avait pour effet d'affiner la structure de solidification et donc diminuer la sensibilité à la fissuration. Une teneur minimale en Ti de 0,02 % est donc nécessaire. Par contre, une teneur maximum de 0,30 % est requise pour ne pas former des phases primaires lors de la coulée verticale, qui ont un effet néfaste sur les caractéristiques mécaniques et la formabilité.

Sr : l'ajout de Sr est optionnel. A une teneur inférieure à 500 ppm, il permet d'agir sur la forme de l'eutectique Al-Si lors de la solidification, favorise l'obtention de particules de Si d'aspect circulaire et réparties de manière homogène après réchauffage et avant laminage à chaud. Au-delà, son effet sur le gazage de la plaque coulée devient significatif.

Une teneur préférentielle en strontium est de 200 à 400 ppm.

L'utilisation d'autres éléments dits « modificateurs, tels que le sodium Na à des teneurs jusqu'à 200 ppm (de préférence de 20 à 200 ppm) ou l'antimoine Sb à des teneurs jusqu'à 0,15 % (de préférence de 0,04 à 0,15 %) est également possible.

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.

- 5 Les caractéristiques mécaniques de la tôle laminée utilisée pour le procédé selon l'invention sont avantageusement les suivantes, à l'état T4 de livraison, $R_{p0,2} \leq 160$ MPa, $A_g \geq 18 \%$, $A_{80} \geq 20 \%$, et après écrouissage en traction de 2% suivi de 20 min à 180°C, traitement représentatif de la cuisson des peintures, $R_{p0,2} \geq 170$ MPa et préférentiellement $R_{p0,2} \geq 190$ MPa et $R_m \geq 240$ MPa. De préférence la tôle laminée
10 utilisée a une épaisseur comprise entre 0,5 mm et 3 mm et de manière préférée entre 1 et 2 mm.

Le procédé selon l'invention peut notamment être utilisé pour du soudage par superposition, tel qu'illustré sur la figure 3 ou du soudage en configuration bout à
15 bout tel qu'illustré par la figure 7. Il a par ailleurs été noté que la tendance à la fissuration lors du soudage était nettement moindre lorsque ladite tôle laminée de composition selon l'invention était positionnée au-dessus du ou des autres demi-produit(s) 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
20 réalisation avantageux la tôle laminée de composition selon l'invention est positionnée du côté de l'impact du faisceau laser.

Avantageusement la configuration de soudage bout à bout permet d'obtenir après soudage un flan raboté de préférence caractérisé en ce que au moins deux des dits demi-produits ont une épaisseur différente et/ou une résistance mécanique différente.
25 L'invention concerne également un flan raboté constitué de plusieurs demi-produits dont l'un au moins est une tôle laminée ayant une composition selon l'invention et étant assemblé par soudage bout à bout selon un procédé de soudage sans fil d'apport selon l'invention. Les flan rabotés selon l'invention sont avantageux et présentent notamment un rapport R_m après soudage divisé par R_m à l'état T4 supérieur à 0,8,
30 R_m après soudage étant mesuré sur des éprouvettes prélevées dans un sens perpendiculaire à la direction de laminage, tel qu'illustré sur la Figure 8.

12

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 à distance sans fil d'apport, procédé de soudage généralement connu par l'homme 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 utilisée pour les pièces d'automobile.

Les applications visées couvrent tant les pièces de structure que de caisse en blanc, de peau ou d'ouvrants.

Le procédé selon l'invention dans lequel les dits demi-produits constituent des composants de structure automobile ou des composants de caisse en blanc automobile ou des composants de peau de véhicule automobile ou des composants d'ouvrants de véhicule automobile est avantageux.

15

Exemples

Compositions chimiques testées : elles sont récapitulées au Tableau 1 ci-après :

5

Référence	Eléments d'alliage (% en Poids)									
	Si	Fe	Condition A	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Sr
1 (Invention)	3,44	0,24	7,7	0,060	0,10	0,25	0	0	0,02	0
2 (Invention)	3,39	0,24	7,5	0,200	0,10	0,24	0	0	0,03	0
3 (Invention)	3,26	0,18	7,0	0,020	0,10	0,25	0,10	0,032	0,14	0
4	3,36	0,15	6,9	0	0,10	0,45	0,10	0	0,13	0
5	1,28	0,14		0,018	0,10	0,43	0,10	0,028	0,02	0
6 (Invention)	3,46	0,26	7,8	0	0,10	0,25	0	0,032	0,14	0,03
7	1,27	0,24		0	0,10	0,44	0,10	0	0,15	0
8	1,27	0,25		0	0,10	0,24	0,10	0,030	0,01	0
9	1,30	0,15		0,020	0,10	0,25	0	0	0,15	0
10	3,30	0,25		0,020	0,10	0,25	0,10	0	0,01	0,03
11 (Invention)	3,29	0,24	7,2	0,020	0,10	0,44	0	0	0,02	0
12	3,44	0,16		0	0,10	0,45	0	0,033	0,01	0,03
13	1,27	0,24		0,019	0,10	0,44	0	0,033	0,15	0
14	1,26	0,14		0	0,11	0,24	0	0	0,02	0
15 (Invention)	3,50	0,24	7,3	0	0,10	0,80	0	0,035	0,14	0,03
16	3,30	0,26	6,9	0,021	0,10	0,83	0,10	0	0,02	0,03
17	1,97	0,40		0,021	0,10	0,25	0,10	0	0,10	0
18 (Invention)	2,73	0,41	7,2	0,021	0,11	0,25	0,11	0	0,11	0
19 (Invention)	3,47	0,40	8,6	0,021	0,10	0,25	0,10	0	0,24	0
20 (Invention)	4,52	0,42	10,7	0,021	0,10	0,25	0,10	0	0,11	0
21	2,74	0,25	6,4	0,019	0,12	0,25	0,10	0	0,11	0
22 (Invention)	2,71	0,59	8,1	0,024	0,12	0,24	0,10	0	0,11	0
23 (Invention)	2,74	0,39	7,1	0,048	0,10	0,25	0,10	0	0,10	0
24 (Invention)	2,78	0,40	7,2	0,100	0,10	0,24	0,10	0	0,10	0
25	1,18	0,16		0,132	0,07	0,35	0,01	0	0,01	0
26	1,18	0,16		0,128	0,07	0,35	0,01	0	0,03	0

Tableau 1

10

On notera que les références 25 et 26 correspondent à des alliages du type AA6016 très couramment utilisés en carrosserie automobile.

Paramètres de fabrication/Procédé : ils sont récapitulés au Tableau 2 ci-après :

Référence	Paramètres procédé										
	Température de réchauffage (°C)	temps de maintien au réchauffage (h)	Température de début de laminage à chaud (°C)	Température finale de laminage à chaud (°C)	épaisseur après laminage à chaud (mm)	épaisseur après laminage à froid (mm)	Température de mise en solution (°C)	Temps de maintien à la température de mise en solution (s)	Température en fin de trempe (°C)	Température de pré-revenu (°C)	Temps de pré-revenu (h)
1	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	85	85	8
2	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	85	85	8
3	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	85	85	8
4	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	85	85	8
5	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	85	85	8
6	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	85	85	8
7	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	85	85	8
8	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	85	85	8
9	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	85	85	8
10	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	85	85	8
11	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	85	85	8
12	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	85	85	8
13	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	85	85	8
14	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	85	85	8
15	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	20	85	8
16	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	20	85	8
17	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	20	85	8
18	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	20	85	8
19	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	20	85	8
20	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	20	85	8
21	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	20	85	8
22	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	20	85	8
23	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	20	85	8
24	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	20	85	8
25	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	20	85	8
26	550	4	530	280	6	1.2/1.7	550	120	20	85	8

5

Tableau 2

Essais de soudage

10

Le soudage laser est effectué par recouvrement d'une tôle de 1.2 mm sur une tôle de 1.7 mm de même composition chimique, selon les schémas des figures 3 et 4.

Pour chaque alliage, 16 cordons de soudures sont réalisés.

Les paramètres de soudage laser utilisés sont les suivants :

15

- Puissance du laser : 3 kW
- Vitesse de soudage : 3,4 m/min
- Pas de fil d'apport
- Pas de gaz de protection

Evaluation des fissures :

Une coupe transversale est réalisée sur chaque cordon de soudure.

Après enrobage et polissage, chacune des coupes est observée en microscopie
5 optique afin de déterminer la taille des fissures éventuelles dans le cordon.

Une moyenne est ensuite réalisée sur les 16 coupes afin d'obtenir la fissure moyenne.

Il est aussi possible de déterminer la fraction de fissures dont la longueur est
supérieure à une certaine longueur.

En l'occurrence, pour chacun des alliages, la longueur moyenne des fissures, la
10 fraction de fissures dont la longueur dépasse 0,2 fois l'épaisseur de la tôle supérieure,
et la fraction de fissures dont la longueur dépasse 0,4 fois l'épaisseur de la tôle
supérieure sont déterminées.

L'ensemble est récapitulé au Tableau 3 ci-après :

Référence	Performance en soudage		
	Longueur moyenne de fissures (* 1.2 mm)	Fraction de fissures de longueur supérieure à 0.2*1.2mm	Fraction de fissures de longueur supérieure à 0.4*1.2mm
1 (Invention)	0,25	0,44	0,19
2 (Invention)	0,19	0,38	0,13
3 (Invention)	0,11	0,25	0
4	0,46	0,75	0,56
5	1,00	1	1
6 (Invention)	0,08	0	0
7	0,84	0,94	0,88
8	0,79	0,88	0,81
9	0,93	1	1
10	0,59	0,94	0,75
11 (Invention)	0,42	0,75	0,38
12	0,64	1	0,81
13	0,89	1	1
14	0,86	1	0,88
15 (Invention)	0,33	0,56	0,31
16	0,54	0,88	0,63
17	0,53	0,75	0,56
18 (Invention)	0,29	0,50	0,25
19 (Invention)	0,24	0,69	0,06
20 (Invention)	0,06	0,00	0
21	0,59	0,81	0,69
22 (Invention)	0,14	0,31	0
23 (Invention)	0,44	0,69	0,50
24 (Invention)	0,39	0,69	0,38
25	0,96	1	1
26	1	1	1

Tableau 3

En premier lieu, il convient de noter que le maintien de propriétés similaires à celles d'un alliage de la famille AA6XXX classique lors de l'ajout de Si jusqu'à une teneur de l'ordre de 5 % voire plus est a priori inconnu de l'art antérieur, aucun exemple
5 relatant cet effet n'ayant été relevé dans la littérature par la demanderesse.

La comparaison des exemples 17, 18, 19 et 20 montre qu'en augmentant la teneur en Si de sensiblement 2 à 4,5 %, la longueur moyenne de fissure diminue de 0,53 à 0,06, et la fraction de fissure dont la longueur est supérieure à 0,2 fois l'épaisseur de la tôle supérieure lors du soudage diminue de 0,56 à 0.

10 Par ailleurs, au-delà d'une teneur de 1,2 %, des particules de Si diamant se forment dans la microstructure, pouvant mesurer jusqu'à 10 μm . Aucun résultat de la littérature ne montre de propriétés avec de telles compositions chimiques et une telle microstructure.

15 D'autre-part, cet effet du fer sur la soudabilité constitue une autre différence avec l'art antérieur : la comparaison des exemples 21, 18 et 22 notamment montre l'effet intéressant du Fe. En effet avec une teneur en Si limitée (2,7 %) il est possible d'améliorer la soudabilité en passant d'une teneur en Fe de 0,25 % à 0,59 % : la longueur moyenne de fissure diminue de 0,59 à 0,14, et la fraction de fissure
20 dont la longueur est supérieure à 0,4 fois l'épaisseur de la tôle supérieure lors du soudage diminue de 0,69 à 0 en passant par 0,25.

A cet effet, aucune référence bibliographique ne permet de trouver une explication et même la preuve d'une influence positive du fer sur la réduction de la sensibilité à la fissuration.

25 De même les exemples 21, 22 et 23, comparés notamment aux exemples 4, 16, et 21, témoignent de l'effet très positif sur le soudage de la condition A.

Enfin la comparaison des résultats au tableau 3 de l'exemple 19 comparé aux
30 exemples 23 et 24 montre l'effet négatif du cuivre.

Essais de traction

Les essais de traction à température ambiante ont été réalisés selon la norme NF EN
5 ISO 6892-1 avec des éprouvettes non proportionnelles de géométrie largement
utilisée pour les tôles et correspondant au type d'éprouvette 2 du tableau B.1 de
l'annexe B de la norme. Ces éprouvettes possèdent notamment une largeur de 20 mm
et une longueur calibrée de 120 mm. L'allongement pour cent après rupture est
mesuré à l'aide d'un extensomètre de base 80 mm et est donc noté A_{80}
10 conformément à la norme.

Comme mentionné dans la note du paragraphe 20.3 de la norme ISO 6892-
1 :2009(F) (page 19), il est important de noter que « des comparaisons d'allongement
pour cent sont possibles uniquement lorsque la longueur entre repères ou la longueur
15 de base de l'extensomètre, la forme et l'aire de la section transversale sont les mêmes
ou lorsque le coefficient de proportionnalité, k , est le même. »

Notamment, il n'est pas possible de directement comparer des valeurs
d'allongements pour cent A_{50} mesurées avec une base d'extensomètre de 50 mm à
20 des valeurs d'allongement pour cent A_{80} mesurées avec une base d'extensomètre de
80 mm. Dans le cas particulier d'une éprouvette de même géométrie prise dans une
même matière, la valeur d'allongement pour cent A_{50} sera plus élevée que la valeur
d'allongement pour cent A_{80} et donnée par la relation : $A_{50} = A_g + (A_{80} - A_g) * 80 / 50$
où A_g , en %, est l'extension plastique à la force maximale, aussi appelé «
25 allongement généralisé » ou « allongement à striction ».

Les résultats sont récapitulés au Tableau 4 ci-après :

Référence	Caractéristiques mécaniques							
	T4				T4 + Cuisson Peintures			
	Rp _{0,2} (MPa)	Rm (MPa)	Ag (%)	A80 (%)	Rp _{0,2} (MPa)	Rm (MPa)	Ag (%)	A80 (%)
1 (Invention)	98	204	18,0	20,5	192	247	8,8	10,0
2 (Invention)	87	206	21,3	27,0	205	263	8,6	8,6
3 (Invention)	110	228	20,2	23,0	190	261	14,3	17,4
4	134	277	20,7	24,6	263	328	13,9	17,5
5	133	274	23,6	28,7	260	322	15,0	19,0
6 (Invention)	90	196	18,9	20,5	199	268	13,4	15,7
7	128	230	21,3	22,6	264	326	14,3	16,7
8	106	221	20,3	23,9	188	258	13,5	15,6
9	102	219	22,3	25,7	195	261	14,0	15,7
10	96	202	21,0	24,9	195	261	12,0	14,8
11 (Invention)	130	271	20,6	24,7	245	272	3,4	3,5
12					248	281	4,9	5,0
13	140	277	22,1	26,7	259	320	13,7	15,4
14	77	173	24,0	26,7	192	245	9,6	10,7
15 (Invention)	156	299	19,8	23,0	272	331	10,2	11,2
16	183	287	19,6	22,7	299	358	12,4	13,7
17	111	238	21,7	23,9	205	278	14,1	16,6
18 (Invention)	111	238	21,7	24,1	204	276	14,3	17,4
19 (Invention)	111	237	21,7	25,1	204	277	13,2	15,7
20 (Invention)	110	237	22,0	25,3	199	272	14,8	19,9
21	108	234	23,3	26,4	199	273	16,1	19,9
22 (Invention)	112	240	20,3	22,5	207	280	12,9	15,4
23 (Invention)	111	240	21,8	24,5	206	277	14,1	17,0
24 (Invention)	112	241	20,6	22,8	210	282	13,8	16,5
25	116	243	25,7	28,1	229	297	16,3	20,6
26	115	242	25,1	27,8	222	292	17,1	21,3

Tableau 4

5

On note que l'amélioration de la qualité du soudage notamment pour les exemples 3, 6, et surtout 20 et 22, est réalisée sans altération notable des conditions de caractéristiques mécaniques requises au paragraphe « Problème posé ».

10

Mesure du LDH (Limit Dome Height)

Ces mesures de LDH (Limit Dome Height) ont été réalisées afin de caractériser la performance en emboutissage des différentes tôles de cet exemple.

Le paramètre LDH est largement utilisé pour l'évaluation de l'aptitude à l'emboutissage des tôles d'épaisseur de 0,5 à 3,0 mm. Il a fait l'objet de nombreuses publications, notamment celle de R. Thompson, « The LDH test to evaluate sheet metal formability - Final Report of the LDH Committee of the North American Deep Drawing Research Group », SAE conference, Detroit, 1993, SAE Paper n°930815.

Il s'agit d'un essai d'emboutissage d'un flan bloqué en périphérie par un jonc. La pression de serre-flan est contrôlée pour éviter un glissement dans le jonc. Le flan, de dimensions 120 x 160 mm, est sollicité dans un mode proche de la déformation plane. Le poinçon utilisé est hémisphérique.

La figure 5 précise les dimensions des outils utilisés pour réaliser ce test.

La lubrification entre le poinçon et la tôle est assurée par de la graisse graphitée (graisse Shell HDM2). La vitesse de descente du poinçon est de 50 mm/min. La valeur dite LDH est la valeur du déplacement du poinçon à rupture, soit la profondeur limite de l'emboutissage. Elle correspond en fait à la moyenne de trois essais, donnant un intervalle de confiance à 95 % sur la mesure de 0,2 mm.

Le tableau 5 ci-après indique les valeurs du paramètre LDH obtenues sur des éprouvettes de 120 x 160 mm découpées dans les tôles précitées d'épaisseur 2,5 mm et pour lesquelles la dimension de 160 mm était positionnée parallèlement à la direction de laminage.

Référence	Formabilité
	LDH120 (mm)
1 (Invention)	24,5
2 (Invention)	23,9
3 (Invention)	24,3
4	
5	
6 (Invention)	23,4
7	
8	22,4
9	21,8
10	
11 (Invention)	
12	
13	24,5
14	
15 (Invention)	
16	
17	26,6
18 (Invention)	26,3
19 (Invention)	26,3
20 (Invention)	26,0
21	26,8
22 (Invention)	26,1
23 (Invention)	26,3
24 (Invention)	26,4
25	27,1
26	27,3

Tableau 5

- 5 On note que l'amélioration de la qualité du soudage notamment pour les exemples 3, 6, 20 et 22, est réalisée sans altération notable de la formabilité traduite par la valeur du « LDH ».

On rappelle également que les références 25 et 26 correspondent à des alliages du type AA6016 très couramment utilisés en carrosserie automobile.

10

Evaluation de la résistance à la corrosion

L'essai de corrosion inter granulaire selon la norme ISO 11846 consiste à immerger les éprouvettes selon la figure 6 pendant 24 h dans une solution de chlorure de

sodium (30 g/l) et d'acide chlorhydrique (10 ml/l) à une température de 30°C (obtenue au moyen d'un maintien en étuve sèche), après un décapage à la soude à chaud (5 % massique) et à l'acide nitrique (70 % massique) à température ambiante.

Les échantillons ont une dimension de 40 mm (sens de laminage) x 30 mm x 5 épaisseur.

Le type et la profondeur de la corrosion occasionnée sont déterminés par un examen en coupe micrographique du métal. On mesure la profondeur de corrosion médiane et maximum sur chaque échantillon.

Les résultats sont récapitulés au Tableau 6 ci-après.

10

Référence	Corrosion inter granulaire	
	Profondeur médiane corrodée (µm)	Profondeur maximale corrodée (µm)
1 (Invention)	126	198
2 (Invention)	141	164
3 (Invention)	89	146
4	5	15
5		
6 (Invention)	110	192
7		
8	34	42
9	13	27
10	89	110
11 (Invention)	80	137
12		
13		
14		
15 (Invention)		
16	61	91
17	32	65
18 (Invention)	36	78
19 (Invention)	40	72
20 (Invention)	30	67
21	23	42
22 (Invention)	55	76
23 (Invention)	48	72
24 (Invention)	76	101
25	75	138
26	115	174

Tableau 6

On note de nouveau que l'amélioration de la qualité du soudage notamment pour les exemples 1, 2, 3 et 6, et surtout 18, 19 et 20, ainsi que 22, 23 et 24, est réalisée sans altération notable de la résistance à la corrosion.

5 Essais de soudage bout-à-bout

Des essais de soudage bout-à-bout pour obtenir des flans raboutés ont été réalisés selon le schéma de la Figure 7. Une tôle d'épaisseur 1.2 mm et une tôle d'épaisseur 1.7 mm ont été utilisées. On a testé un assemblage en alliage 20 selon l'invention et un assemblage en alliage 26 de référence.

Les paramètres de soudage laser utilisés sont les suivants :

- Puissance du laser : 3 kW
- Vitesse de soudage : 3,4 m/min
- Pas de fil d'apport
- Pas de gaz de protection

Des échantillons ont été prélevés selon la figure 8 pour réaliser des essais de traction. RD indique la direction de laminage.

Les propriétés mécaniques obtenues sont données dans le tableau 7

Référence	Caractéristiques mécaniques						
	T4				Assemblage soudé		
	Rp _{0,2} (MPa)	Rm (MPa)	Ag (%)	A80 (%)	Rm (MPa)	A (100%)	Rm après soudage / Rm T4
20 (Invention)	110	237	22,0	25,3	206	2,6	0,87
26	115	242	25,1	27,8	162	0,5	0,67

Tableau 7

L'assemblage en alliage selon l'invention présente une performance en soudage évaluée par le rapport entre Rm après soudage et Rm T4 supérieur à 0,8, 30% plus élevé que l'alliage de référence. De plus, l'allongement total de l'assemblage soudé augmente de 0,5 % à 2,6 % pour le produit selon l'invention.

Revendications

1. Procédé de soudage de demi-produits monolithiques en alliage d'aluminium par laser sans fil d'apport, comportant les étapes suivantes :
 - 5 - Approvisionnement d'au moins deux demi-produits monolithiques en alliage d'aluminium dont l'un au moins est une tôle laminée de composition (% en poids) :

Si : 2,5-14
Fe : 0,05-0,80
10 Cu : $\leq 0,20$
Mg : 0,05-0,80
Mn : $\leq 0,70$
Cr : $\leq 0,35$
Ti : 0,02-0,30
15 Sr jusqu'à 500 ppm
Na jusqu'à 200 ppm
Sb jusqu'à 0,15 %,
autres éléments $< 0,05$ chacun et $< 0,15$ au total, reste aluminium,
avec la condition : $5.2 \text{ Fe} + 1.95 \text{ Si} - 0.5 \text{ Cu} - \text{Mg} \geq 7,0$
20
- Soudage des demi-produits en alliage d'aluminium par laser sans fil d'apport.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite tôle présente à l'état T4 de livraison les propriétés mécaniques, $R_{p0,2} \leq 160 \text{ MPa}$, $A_g \geq 18 \%$, $A_{80} \geq$
25 20% .
3. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2 caractérisé en ce que ladite tôle présente après écrouissage en traction de 2% suivi de 20 min à 180°C , traitement représentatif de la cuisson des peintures, $R_{p0,2} \geq 170 \text{ MPa}$ et $R_m \geq 240$.
30 MPa .
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que la teneur en Mg est comprise entre 0,20 et 0,80 % et de préférence entre 0,20 et 0,40 %.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4 caractérisé en ce que la teneur en Si est comprise entre 2,5-10,0 de préférence 2,7 et 5,0 %.
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5 caractérisé en ce que la teneur en Sr est comprise entre 200 et 400 ppm et / ou la teneur en Na est comprise entre 20 et 200 ppm et /ou la teneur en Sb est comprise entre 0,04 et 0,15 %.
7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6 caractérisé en ce que la teneur en Fe est comprise entre 0,15 et 0,60 %.
8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7 caractérisé en ce que $Cu \leq 0,10 \%$, préférentiellement $Cu \leq 0,05 \%$, plus préférentiellement $Cu \leq 200$ ppm et encore plus préférentiellement $Cu \leq 100$ ppm.
9. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la dite tôle laminée est positionnée du côté de l'impact du faisceau laser lors du soudage.
10. Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que ledit soudage des demi-produits en alliage d'aluminium par laser sans fil d'apport est réalisé dans une configuration bout à bout.
11. Procédé selon la revendication 10 caractérisé en ce que le produit obtenu après soudage est un flan raboté caractérisé en ce que au moins deux des dits demi-produits ont une épaisseur différente et/ou une résistance mécanique différente.
12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11 caractérisé en ce que les dits demi-produits constituent des composants de structure automobile ou des composants de caisse en blanc automobile ou des composants de peau de véhicule automobile ou des composants d'ouvrants de véhicule automobile.
13. Composant de structure, de caisse en blanc, de peau ou d'ouvrant de véhicule automobile, caractérisé en ce qu'il est constitué de plusieurs demi-produits dont l'un

au moins est une tôle laminée ayant une composition telle qu'en revendication 1 et est assemblé selon un procédé selon l'une des revendications 1 à 12.

14. Flan rabouté caractérisé en ce qu'il est constitué de plusieurs demi-produits dont l'un au moins est une tôle laminée ayant une composition telle qu'en revendication 1 et est assemblé par soudage bout à bout selon un procédé selon la revendication 10.

15. Flan rabouté selon la revendication 14 caractérisé en ce qu'au moins deux des dits demi-produits ont une épaisseur différente et/ou une résistance mécanique différente.

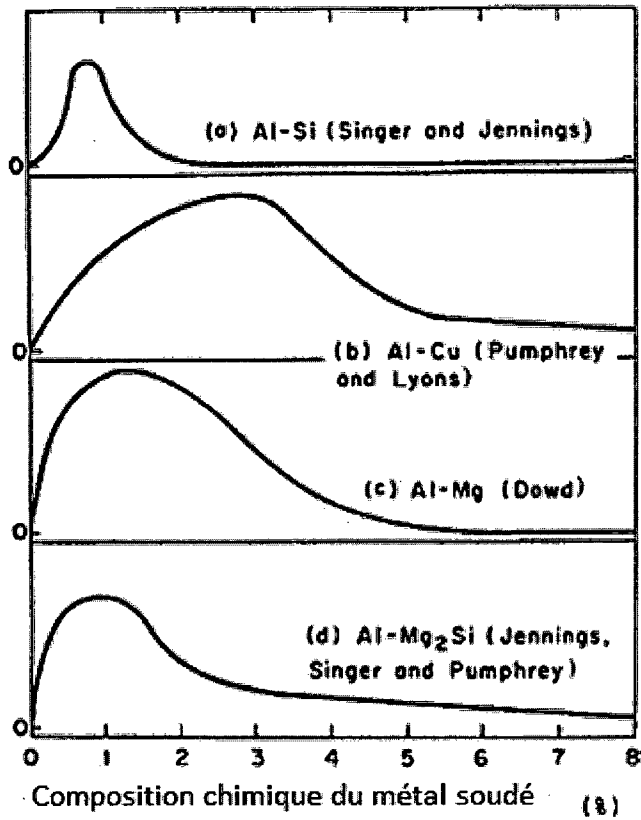


FIG. 1

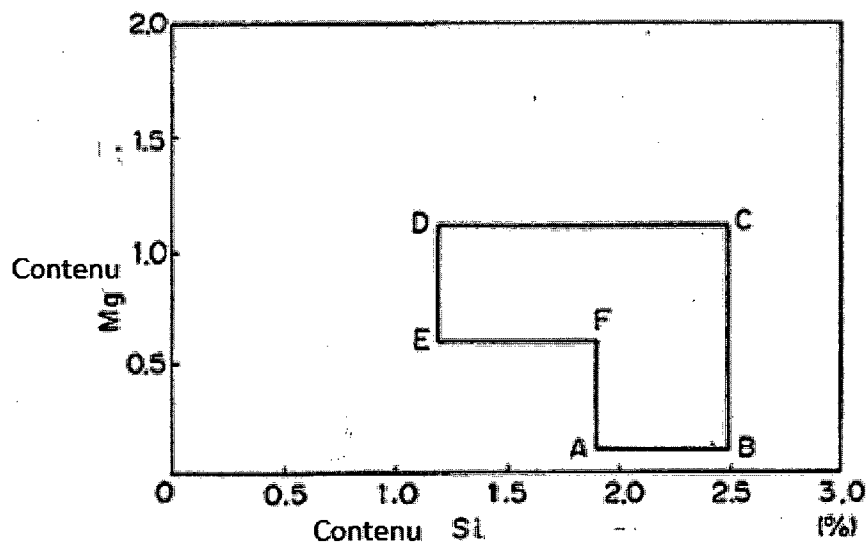


FIG. 2

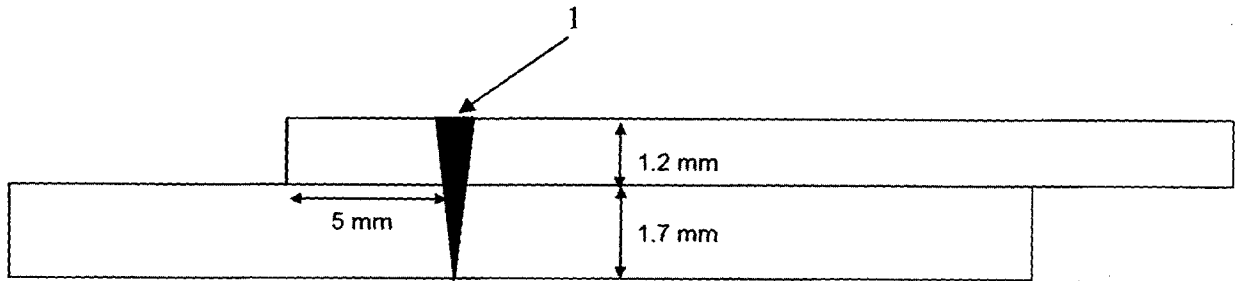


FIG. 3

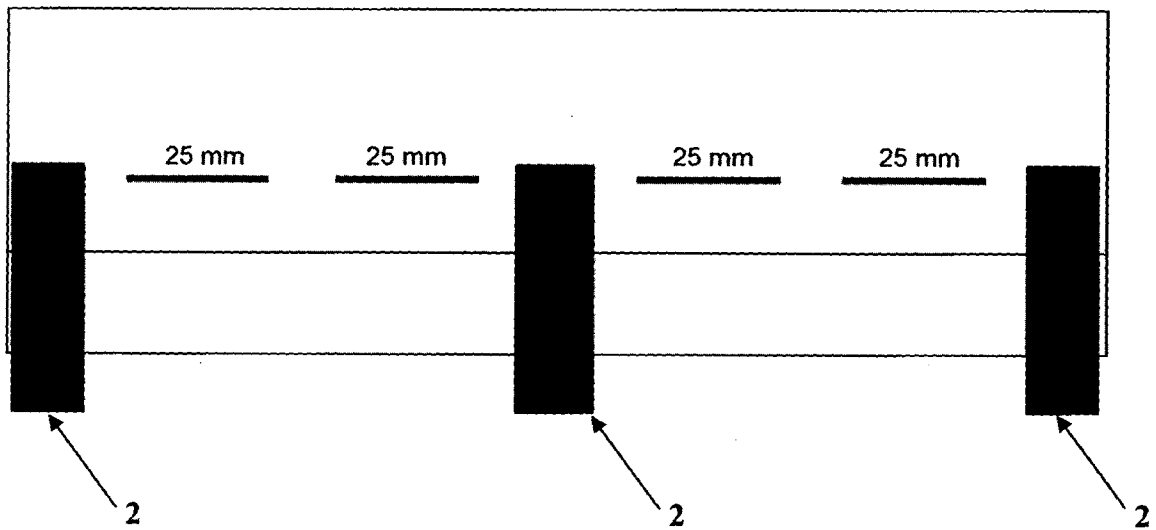


FIG. 4

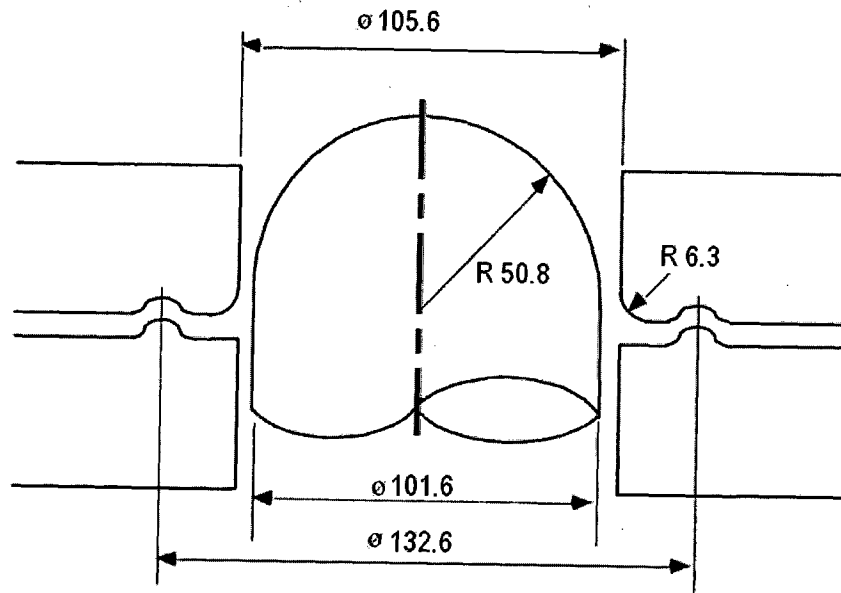


FIG. 5

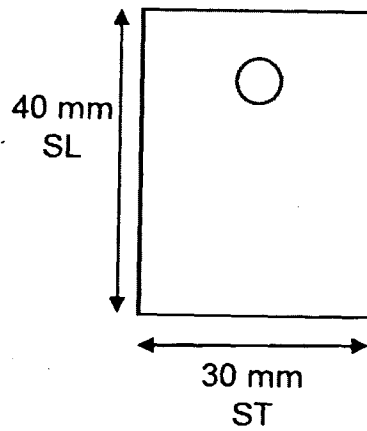


FIG.6

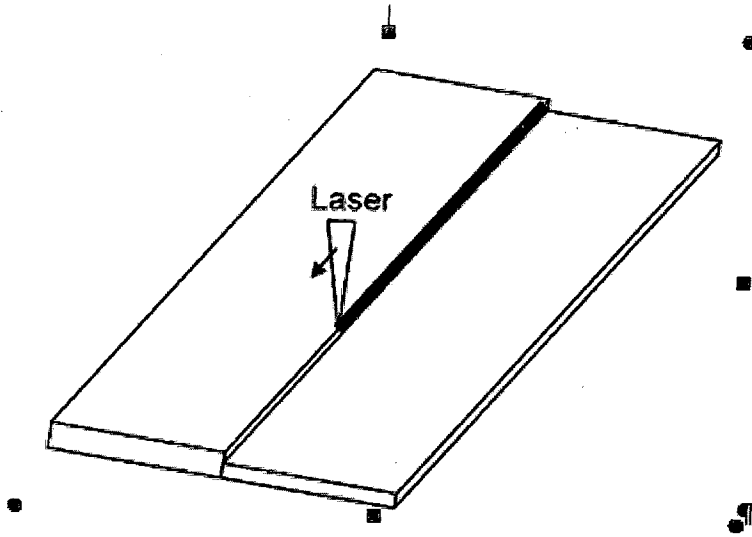


FIG.7

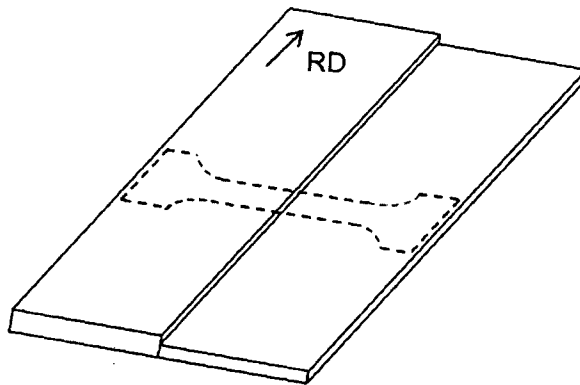


FIG.8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2016/051648

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. B23K26/22 B23K26/32 C22C21/04 B23K26/244
 ADD. B23K101/00 B23K101/18 B23K103/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 B23K C22C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
 EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006 104580 A (NIPPON LIGHT METAL CO LTD) 20 April 2006 (2006-04-20) abstract paragraphs [0007] - [0009]; figures; table -----	1-15
Y	US 2005/155676 A1 (F. COSSE ET AL) 21 July 2005 (2005-07-21) paragraphs [0030] - [0036]; examples F,I -----	1-15
A	US 2005/028894 A1 (J.-L. HOFFMANN ET AL) 10 February 2005 (2005-02-10) paragraphs [0040], [0044], [0047] -----	1-15
Y	US 2005/100473 A1 (H. IKUNO ET AL) 12 May 2005 (2005-05-12) paragraphs [0030] - [0034], [0050] - [0052] -----	6
A	----- -/--	4,5,7,8

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 18 October 2016	Date of mailing of the international search report 26/10/2016
---	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Jeggy, Thierry
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2016/051648

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 1 380 380 A2 (AIR LIQUIDE) 14 January 2004 (2004-01-14) paragraphs [0039] - [0041]; figures -----	11,12, 14,15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2016/051648

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
JP 2006104580	A	20-04-2006	JP 4274170 B2 JP 2006104580 A	03-06-2009 20-04-2006
US 2005155676	A1	21-07-2005	CA 2452479 A1 DE 02767556 T1 EP 1404885 A1 FR 2827306 A1 JP 2004536223 A US 2005155676 A1 WO 03006698 A1	23-01-2003 30-09-2004 07-04-2004 17-01-2003 02-12-2004 21-07-2005 23-01-2003
US 2005028894	A1	10-02-2005	AT 413476 T AU 2003216971 A1 CA 2471501 A1 DE 03712292 T1 EP 1472380 A2 ES 2316738 T3 FR 2835533 A1 JP 2005525462 A JP 2009133006 A KR 20040075980 A US 2005028894 A1 WO 03066919 A2	15-11-2008 02-09-2003 14-08-2003 31-03-2005 03-11-2004 16-04-2009 08-08-2003 25-08-2005 18-06-2009 30-08-2004 10-02-2005 14-08-2003
US 2005100473	A1	12-05-2005	CN 1609248 A DE 602004004028 T2 EP 1524324 A2 US 2005100473 A1	27-04-2005 05-07-2007 20-04-2005 12-05-2005
EP 1380380	A2	14-01-2004	AT 255975 T AU 773440 B2 AU 4205901 A BR 0102156 A CA 2349765 A1 DE 60101416 D1 DE 60101416 T2 DK 1160048 T3 EP 1160048 A1 EP 1380380 A2 ES 2211746 T3 FR 2809647 A1 JP 2001340981 A NZ 511355 A PT 1160048 E TW 504424 B US 2002008094 A1	15-12-2003 27-05-2004 06-12-2001 28-05-2002 30-11-2001 22-01-2004 07-10-2004 29-03-2004 05-12-2001 14-01-2004 16-07-2004 07-12-2001 11-12-2001 20-12-2002 30-04-2004 01-10-2002 24-01-2002

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2016/051648

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B23K26/22 B23K26/32 C22C21/04 B23K26/244 ADD. B23K101/00 B23K101/18 B23K103/10		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) B23K C22C		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	JP 2006 104580 A (NIPPON LIGHT METAL CO LTD) 20 avril 2006 (2006-04-20) abrégé alinéas [0007] - [0009]; figures; tableau -----	1-15
Y	US 2005/155676 A1 (F. COSSE ET AL) 21 juillet 2005 (2005-07-21) alinéas [0030] - [0036]; exemples F,I -----	1-15
A	US 2005/028894 A1 (J.-L. HOFFMANN ET AL) 10 février 2005 (2005-02-10) alinéas [0040], [0044], [0047] -----	1-15
Y	US 2005/100473 A1 (H. IKUNO ET AL) 12 mai 2005 (2005-05-12)	6
A	alinéas [0030] - [0034], [0050] - [0052] ----- -/--	4,5,7,8
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		
<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 18 octobre 2016		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 26/10/2016
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Jeggy, Thierry

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	EP 1 380 380 A2 (AIR LIQUIDE) 14 janvier 2004 (2004-01-14) alinéas [0039] - [0041]; figures -----	11,12, 14,15

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2016/051648

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 2006104580	A	20-04-2006	JP 4274170 B2 JP 2006104580 A	03-06-2009 20-04-2006

US 2005155676	A1	21-07-2005	CA 2452479 A1 DE 02767556 T1 EP 1404885 A1 FR 2827306 A1 JP 2004536223 A US 2005155676 A1 WO 03006698 A1	23-01-2003 30-09-2004 07-04-2004 17-01-2003 02-12-2004 21-07-2005 23-01-2003

US 2005028894	A1	10-02-2005	AT 413476 T AU 2003216971 A1 CA 2471501 A1 DE 03712292 T1 EP 1472380 A2 ES 2316738 T3 FR 2835533 A1 JP 2005525462 A JP 2009133006 A KR 20040075980 A US 2005028894 A1 WO 03066919 A2	15-11-2008 02-09-2003 14-08-2003 31-03-2005 03-11-2004 16-04-2009 08-08-2003 25-08-2005 18-06-2009 30-08-2004 10-02-2005 14-08-2003

US 2005100473	A1	12-05-2005	CN 1609248 A DE 602004004028 T2 EP 1524324 A2 US 2005100473 A1	27-04-2005 05-07-2007 20-04-2005 12-05-2005

EP 1380380	A2	14-01-2004	AT 255975 T AU 773440 B2 AU 4205901 A BR 0102156 A CA 2349765 A1 DE 60101416 D1 DE 60101416 T2 DK 1160048 T3 EP 1160048 A1 EP 1380380 A2 ES 2211746 T3 FR 2809647 A1 JP 2001340981 A NZ 511355 A PT 1160048 E TW 504424 B US 2002008094 A1	15-12-2003 27-05-2004 06-12-2001 28-05-2002 30-11-2001 22-01-2004 07-10-2004 29-03-2004 05-12-2001 14-01-2004 16-07-2004 07-12-2001 11-12-2001 20-12-2002 30-04-2004 01-10-2002 24-01-2002
