

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 05.06.15.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 09.12.16 Bulletin 16/49.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : CONSTELLIUM NEUF-BRISACH
Société par actions simplifiée — FR.

⑦2 Inventeur(s) : MULLER ESTELLE, KULAS MARY-
ANNE et REBUFFET OLIVIER.

⑦3 Titulaire(s) : CONSTELLIUM NEUF-BRISACH
Société par actions simplifiée.

⑦4 Mandataire(s) : C-TECHNOLOGY CENTER.

⑤4 TOLE POUR CARROSSERIE AUTOMOBILE A RESISTANCE MECANIQUE ELEVEE.

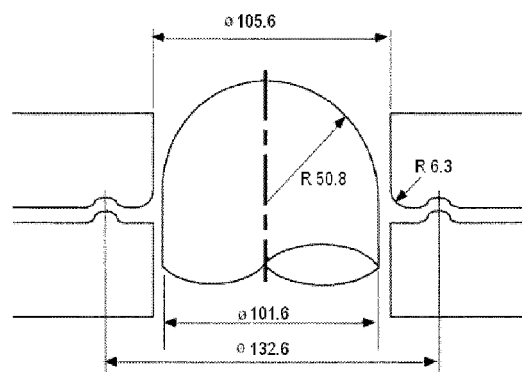
⑤7 L'invention a pour objet une tôle pour pièce emboutie
de doublure ou structure de carrosserie automobile encore
appelée caisse en blanc, en alliage d'aluminium de compo-
sition (% en poids) :

Si: 0,85 - 1,20 Fe: < 0,30 Cu: 0,10 - 0,30 Mg: 0,70 - 0,90
Mn: < 0,30

Zn: 1,10 - 1,60 V: 0,05 - 0,30 Ti: 0,05 - 0,20
autres éléments < 0,05 chacun et < 0,15 au total, reste
aluminium,

présentant après mise en solution, trempe, pré-revenu
ou réversion, maturation éventuelle à température ambiante
comprise entre 72 h et 6 mois, pré-déformation en traction
contrôlée de 2 % et traitement de cuisson des peintures de
20 min à 185°C, une limite d'élasticité $R_{p0,2}$ d'au moins 300
MPa.

Les tôles selon l'invention permettent de réduire l'épais-
seur des pièces, tout en satisfaisant à toutes les autres pro-
priétés requises.



Tôle pour carrosserie automobile à résistance mécanique élevée

5 Domaine de l'invention

L'invention concerne le domaine des tôles en alliage Al-Si-Mg, plus particulièrement en alliage de type AA6xxx selon la désignation de l'« Aluminum Association », additionnées d'éléments durcissants et destinées à la fabrication par emboutissage de
10 pièces de doublure, de structure ou de renfort de la caisse en blanc des véhicules automobiles.

Etat de la technique

15

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.

Toutes les indications concernant la composition chimique des alliages sont
20 exprimées comme un pourcentage en poids basé sur le poids total de l'alliage.

Les définitions des états métallurgiques sont indiquées dans la norme européenne EN 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 $R_{p0.2}$,
25 et l'allongement à la rupture $A\%$, sont déterminées par un essai de traction selon la norme NF EN ISO 6892-1.

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
30 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 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.

- 5 Si de nombreuses pièces de peau et de doublure sont déjà réalisées en tôles d'alliages d'aluminium, la transposition de l'acier à l'aluminium pour des pièces de renfort ou de structure, présentant des caractéristiques plus élevées, s'avère plus délicate du fait dans un premier temps de la moins bonne formabilité des alliages d'aluminium par rapport aux aciers et du fait dans un deuxième temps des caractéristiques mécaniques en générales moins élevées que celles des aciers utilisés pour ce type de pièces.

En effet, pour des applications de type renfort ou structure, 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,
- 15 une limite d'élasticité contrôlée à l'état de livraison de la tôle pour maîtriser le 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,
- 20 une bonne capacité à l'absorption d'énergie en cas de choc pour application à des pièces de structure de caisse,
- un bon comportement dans les divers procédés d'assemblage utilisés en carrosserie automobile tels que le soudage par points, le soudage laser, le collage, le clinchage ou le rivetage,
- 25 une bonne résistance à la corrosion, notamment la corrosion intergranulaire, la corrosion sous contrainte et la corrosion filiforme de la pièce finie,
- une compatibilité avec les exigences du recyclage des déchets de fabrication ou des véhicules recyclés,
- un coût acceptable pour une production en grande série.

30

Il existe cependant d'ores et déjà des véhicules automobiles de grande série disposant d'une caisse en blanc constituée majoritairement d'alliages aluminium. Par exemple le modèle Ford F-150 version 2014 est constitué de l'alliage de structure AA6111.

Cet alliage a été développé par le groupe « Alcan » dans les années 1980-1990. Deux références décrivent ces travaux de développement :

P. E. Fortin et al, “An optimized Al alloy for Auto body sheet applications”, SAE technical conference, March 1984 décrit la composition suivante :

5

[Fortin]	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
AA6111	0,85	0,20	0,75	0,20	0,72	-	-	-

M. J. Bull et al, “Al sheet alloys for structural and skin applications”, 25th ISATA symposium, Paper 920669, June 1992:

10

La propriété principale reste une forte résistance mécanique, même si elle est initialement prévue pour résister à l’indentation pour des applications du type peaux :
« A yield-strength of 280MPa is achieved after 2% pre-strain and 30 min at 177°C ».

15 D’autre part, d’autres alliages de la famille AA6xxx à hautes caractéristiques mécaniques ont été développés pour des applications aéronautiques ou automobiles.

Ainsi, l’alliage du type AA6056, dont le développement date des années 1980 chez « Pechiney » a fait l’objet de nombreux travaux et de nombreuses publications, soit
20 pour optimiser les caractéristiques mécaniques, soit pour améliorer la tenue à la corrosion intergranulaire. Nous retiendrons l’application automobile de ce type d’alliage, qui a fait l’objet d’une demande de brevet (WO2004113579A1).

Les alliages du type AA6013 ont également fait l’objet de nombreux travaux.

25 Par exemple, chez « Alcoa », dans la demande US2002039664 publiée en 2002, un alliage comprenant 0.6-1.15 % Si; 0.6-1 % Cu; 0.8-1.2 % Mg; 0.55-0.86 % Zn; moins de 0.1 % Mn, 0.2-0.3 % Cr et environ 0.2 % Fe, utilisé à l’état T6, combine une bonne résistance à la corrosion intergranulaire, ainsi qu’un Rp_{0,2} de 380 MPa.

Chez « Aleris », une demande publiée en 2003, WO03006697, a pour objet un
30 alliage de la série AA6xxx avec 0.2 à 0.45 % de Cu. L’objet de l’invention est de proposer un alliage du type AA6013 avec un niveau de Cu réduit, ciblant 355 MPa

de Rm à l'état T6 et une bonne résistance à la corrosion intergranulaire. La composition revendiquée est la suivante : 0.8-1.3 % Si, 0.2-0.45 % Cu, 0.5-1.1 % Mn, 0.45-1.0 % Mg.

- 5 Notons enfin que dans tous les exemple précités, l'obtention des caractéristiques mécaniques (Rp_{0,2}, Rm) élevées est atteinte en ayant recours à des alliages contenant au moins 0,5 % de cuivre.

10 **Problème posé**

Le but de la présente invention est de fournir des tôles en alliage d'aluminium pour doublure, renfort ou structure de carrosserie automobile présentant une résistance mécanique en service, après mise en forme et cuisson des peintures, aussi, voire plus
15 élevée, que les tôles de l'art antérieur, tout en présentant une bonne résistance à la corrosion, en particulier intergranulaire ou filiforme, une formabilité par emboutissage à température ambiante satisfaisante et un bon comportement dans les divers procédés d'assemblage tels que le soudage par points, le soudage laser, le collage, le clinchage ou le rivetage.

20

Objet de l'invention

L'invention a pour objet une tôle pour pièce emboutie de doublure, de renfort ou de
25 structure de carrosserie automobile encore appelée caisse en blanc, en alliage d'aluminium de la série AA6xxx, présentant une teneur en Cu faible, additionné d'éléments durcissant dont notamment Zn, V et Ti, typiquement d'épaisseur comprise entre 1 et 5 mm, et de composition (% en poids) :

- 30 Si : 0,85 - 1,20 et de préférence : 0,90 - 1,10
Fe : < 0,30 et de préférence : 0,15 - 0,25
Cu : 0,10 - 0,30 et de préférence : 0,10 - 0,20
Mg : 0,70 - 0,90 et de préférence : 0,70 - 0,80
Mn : < 0,30 et de préférence : 0,10 - 0,20

5

Zn : 1,10 - 1,60 et de préférence : 1,20 - 1,50

V : 0,05 - 0,30 et de préférence : 0,10 - 0,20

Ti : 0,05 - 0,20 et de préférence : 0,08 - 0,15

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

5

Elle a également pour objet un procédé de fabrication desdites tôles telles que ci-dessus, comportant les étapes suivantes :

- la coulée typiquement semi-continue verticale d'une plaque et son scalpage éventuel,
- 10 - l'homogénéisation à une température de 550 à 570°C avec un maintien entre 2 et 12 h, préférentiellement entre 4 et 6 h, suivi d'un refroidissement rapide jusqu'à l'ambiante, typiquement à l'air pulsé ou à l'eau,
- le réchauffage à une température comprise entre 450 et 550°C avec un maintien entre 30 min et 3 h, préférentiellement sensiblement 2 h,
- 15 - le laminage à chaud de la plaque en une bande d'épaisseur comprise entre 3 et 10 mm,
- le laminage à froid jusqu'à l'épaisseur finale typiquement comprise entre 1 et 5 mm,
- la mise en solution de la bande laminée à une température au-delà de la température de solvus de l'alliage, tout en évitant la brûlure, soit entre 550 et 570°C pendant 30 s à 5 min, suivi de la trempe à une vitesse de plus de 50°C/s et mieux d'au moins 100°C/s,
- 20 - le pré-revenu, ou réversion, par bobinage à une température d'au moins 60°C suivi d'un refroidissement à l'air libre de la bobine obtenue.

25

Selon une autre variante, les étapes d'homogénéisation et de réchauffage ci-dessus sont remplacées par une seule étape de réchauffage à une température comprise entre 550 et 570°C avec un maintien entre 2 et 12 h, préférentiellement entre 4 et 6 h, suivie du laminage à chaud comme ci-dessus.

30

Selon un mode avantageux, la tôle obtenue par le procédé ci-dessus présente, après maturation éventuelle à température ambiante comprise entre 72 h et 6 mois, une pré-déformation en traction contrôlée de 2 % pour simuler la mise en forme, et traitement

de cuisson des peintures typiquement pendant 20 min à 185°C, une limite d'élasticité $R_{p0,2}$ d'au moins 300 MPa.

5 Tout aussi avantageusement, la tôle obtenue par le procédé précité présente, à l'état métallurgique T6 selon la norme européenne EN 515, soit typiquement après un traitement thermique complémentaire à 205°C pendant 2 h ou équivalent, une limite d'élasticité $R_{p0,2}$ d'au moins 350 MPa.

10 Tout aussi avantageusement, la tôle obtenue par le procédé précité présente une bonne résistance à la corrosion, notamment intergranulaire et filiforme.

Enfin, une telle tôle en une épaisseur de 2 mm, obtenue par le procédé précité, après maturation éventuelle à température ambiante comprise entre 72 h et 6 mois, une pré-déformation en traction contrôlée de 10 %, et traitement de cuisson des peintures, 15 typiquement pendant 20 min à 185°C, présente un « angle de pliage trois points » $\alpha_{10\%}$, mesuré selon la norme NF EN ISO 7438 et la procédure VDA 238-100, d'au moins 60°.

20 **Description des figures**

La figure 1 représente le dispositif pour « test de pliage trois points » constitué de deux rouleaux R, d'un poinçon B de rayon r pour procéder au pliage de la tôle T d'épaisseur t.

25

La figure 2 représente la tôle T après test de « pliage trois points » avec l'angle interne β et l'angle externe, résultat mesuré du test : α encore appelé $\alpha_{10\%}$.

La figure 3 précise les dimensions en mm des outils utilisés pour déterminer la 30 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.

Description de l'invention

L'invention repose sur la constatation faite par la demanderesse qu'un domaine de composition étroit à l'intérieur de la composition d'un alliage de la famille AA6xxx enregistrée à l' « Aluminum Association », associé à une addition combinée de Zn, V et Ti, permettait d'obtenir l'ensemble des propriétés recherchées, à savoir résistance mécanique en service élevée, après mise en forme et cuisson des peintures, liée notamment à l'addition de zinc mais combinée de façon surprenante et inattendue, du fait a priori de la présence simultanée de V et Ti, à une résistance à la corrosion, intergranulaire et filiforme, très satisfaisante et une formabilité en emboutissage à température ambiante satisfaisante.

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

15

Si : Les caractéristiques mécaniques des alliages d'aluminium augmentent régulièrement avec la teneur en silicium. Le silicium est, avec le magnésium, le second élément d'alliage des systèmes aluminium-magnésium-silicium (famille AA6xxx) pour former les composés intermétalliques Mg_2Si ou Mg_5Si_6 qui contribuent au durcissement structural de ces alliages. La présence de silicium, à une teneur comprise entre 0,85 % et 1,20 %, combinée à la présence de magnésium, à une teneur comprise entre 0,70% et 0,90% permet d'obtenir le ratio Si/Mg requis pour atteindre les propriétés mécaniques recherchées tout en garantissant une bonne résistance à la corrosion et une mise en forme en emboutissage à température ambiante satisfaisante.

25

La fourchette de teneur la plus avantageuse est de 0,90 à 1,10 %.

Mg : Le niveau de caractéristiques mécaniques des alliages de la famille des AA6xxx est proportionnel à la teneur en magnésium. Combiné au silicium pour former les composés intermétalliques Mg_2Si ou Mg_5Si_6 , le magnésium contribue à l'accroissement des propriétés mécaniques. Une teneur minimum de 0,70 % est nécessaire pour obtenir le niveau de caractéristiques mécaniques requis et former suffisamment de précipités durcissants. En outre, la température de solvus,

30

correspondant à la température de mise en solution, de ces alliages est très dépendante de la teneur en magnésium. Au-delà de 0,90 %, la température de solvus devient trop élevée posant ainsi des problèmes de mise en solution industrielle.

La fourchette de teneur la plus avantageuse est de 0,70 à 0,80 %.

5

Fe : Il est toujours présent comme impureté dans « l'aluminium primaire », puisqu'il provient, comme le silicium, du minerai, la bauxite, dont l'alumine est extraite. Une teneur minimum de 0,05 %, et mieux 0,15 %, diminue sensiblement la solubilité du manganèse en solution solide, ce qui permet d'obtenir une sensibilité à la vitesse de déformation positive, retarde la rupture lors de la déformation après striction, et donc améliore la ductilité et la formabilité. Le fer est également nécessaire à la formation d'une forte densité de particules intermétalliques garantissant une bonne « écrouissabilité » au cours de la mise en forme. Dans ces teneurs le fer permet également de contrôler la taille des grains. Au-delà d'une teneur

10

15

de 0,30 %, trop de particules intermétalliques sont créées avec un effet néfaste sur la ductilité et la résistance à la corrosion.

La fourchette de teneur la plus avantageuse est de 0,15 à 0,25 %.

Mn : sa teneur est limitée à 0,30 %. Une addition de manganèse au-delà de 0,05 % peut accroître les caractéristiques mécaniques par effet de solution solide, mais au-delà de 0,3 %, elle ferait très fortement décroître la sensibilité à la vitesse de déformation et donc la ductilité.

20

Une fourchette avantageuse est de 0,10 à 0,20 %.

Cu : Dans les alliages de la famille des AA6000, le cuivre est un élément durcissant efficace en participant à la précipitation durcissante. A une teneur minimum de 0,10 %, sa présence permet d'obtenir des caractéristiques mécaniques plus élevées. Au-delà de 0,30 % le cuivre a une influence négative sur la résistance à la corrosion.

25

La fourchette de teneur la plus avantageuse est de 0,10 à 0,20 %.

30

Zn : l'effet de l'ajout de Zn dans les AA6xxx sur les propriétés mécaniques et sur la résistance à la corrosion n'est pas complètement compris. Une teneur

minimum de 1,10 % est nécessaire pour obtenir le niveau de caractéristiques mécaniques requis, par durcissement par solution solide. Par ailleurs, l'ajout de Zn dans les alliages d'aluminium de la famille des AA6xxx modifie la température du solidus. Plus on ajoute de Zn, plus la température de solidus diminue, réduisant ainsi la différence entre température de solvus et de solidus et rendant difficile l'industrialisation d'un tel alliage. Au-delà de 1,60 %, cette différence devient trop critique. La fourchette de teneur la plus avantageuse est de 1,20 à 1,50 %.

V et Ti : une teneur minimum de 0,05 % de chacun de ces éléments est nécessaire pour obtenir un durcissement par solution solide conduisant au niveau de caractéristiques mécaniques requis et, combiné à l'ajout de Zn, chacun de ces éléments a de plus un effet favorable sur la ductilité en service et la résistance à la corrosion. Par contre, une teneur maximum de 0,20 % pour Ti et 0,30 % pour V est requise pour ne pas former des phases primaires lors de la coulée verticale, qui ont un effet néfaste sur l'ensemble des propriétés revendiquées. La fourchette de teneur la plus avantageuse est de 0,10 à 0,20 % pour V et 0,08 à 0,15 pour Ti.

Le procédé de fabrication des tôles selon l'invention comporte typiquement la coulée d'une plaque, éventuellement le scalpage de cette plaque, suivi de :

- soit son homogénéisation à une vitesse d'au moins 30°C/h jusqu'à une température de 550 à 570°C avec un maintien entre 2 et 12 h, préférentiellement entre 4 et 6 h, suivi d'un refroidissement rapide à l'air pulsé ou à l'eau jusqu'à l'ambiante, puis du réchauffage à une température comprise entre 450 et 550°C avec un maintien entre 30 min et 3 h, préférentiellement sensiblement 2 h,
- soit directement le réchauffage à une température de 550 à 570°C avec un maintien entre 2 et 12 h, préférentiellement entre 4 et 6 h.

Intervient ensuite le laminage à chaud de la plaque en une bande d'épaisseur comprise entre 3 et 10 mm, le laminage à froid jusqu'à l'épaisseur finale typiquement comprise entre 1 et 5 mm, la mise en solution de la bande laminée à une température au-delà de la température de solvus de l'alliage, tout en évitant la brûlure, soit entre 550 et 570°C pendant 30 s à 5 min, la trempe à une vitesse de plus de 50°C/s et mieux d'au moins 100°C/s, et enfin le pré-revenu, ou réversion, par

bobinage à une température d'au moins 60°C suivi d'un refroidissement à l'air libre de la bobine obtenue.

Ainsi, les tôles selon l'invention présentent une aptitude satisfaisante à l'emboutissage à température ambiante. Tout aussi avantageusement, elles présentent, en service, après mise en forme, assemblage et cuisson des peintures, des propriétés mécaniques élevées, une bonne tenue à la corrosion, en particulier à la corrosion intergranulaire et à la corrosion filiforme.

10

Exemples

Préambule

15 Le Tableau 1 récapitule les compositions chimiques nominales (% en poids) des alliages utilisés lors des essais.

Les plaques de fonderie de ces différents alliages ont été obtenues par coulée semi-continue verticale.

Après scalpage, ces différentes plaques ont subi un traitement thermique d'homogénéisation et/ou de réchauffage dont les températures sont données dans le Tableau 2. Les plaques des cas 1, 6, 7, 8 et 10 ont subi un traitement d'homogénéisation à 570°C consistant en une montée en température à une vitesse de 30°C/h jusqu'à 570°C, un maintien de l'ordre de 5 heures à 570°C puis un refroidissement contrôlé à l'air pulsé jusqu'à température ambiante. Cette étape d'homogénéisation est suivie d'une étape de réchauffage consistant en une montée en température à une vitesse de 70°C/h jusqu'à 480°C avec un temps de maintien de l'ordre de 40 minutes, directement suivi du laminage à chaud. Les plaques du cas 2 ont subi un traitement d'homogénéisation à 562°C consistant en une montée en température à une vitesse de 30°C/h jusqu'à 562°C, un maintien de l'ordre de 5 heures à 562°C puis un refroidissement contrôlé jusqu'à température ambiante. L'étape d'homogénéisation est suivie d'une étape de réchauffage consistant en une montée en température à une vitesse de 60°C/h jusqu'à 530°C avec maintien en température d'un maximum de 2 heures, suivi du laminage à chaud. Les plaques des cas 3 et 5 ont subi un réchauffage consistant en une montée à respectivement 565°C

et 550°C avec maintien minimum de 2 heures à ces températures, directement suivi du laminage à chaud. Les plaques des cas 4 et 9, constituées d'alliages du type AA6016 et AA5182, ont subi des homogénéisations classiques pour ces types d'alliages.

5 L'étape suivante de laminage à chaud a lieu sur un laminoir réversible suivi selon les cas d'un laminoir tandem à chaud à 4 cages jusqu'à une épaisseur comprise entre 3 et 10 mm. Les épaisseurs de sortie de laminage à chaud des cas testés sont données dans le Tableau 2.

10 Cette étape de laminage à chaud est suivie d'une étape de laminage à froid qui permet d'obtenir des tôles d'épaisseurs comprises entre 1.7 et 2.5 mm. Les épaisseurs de sortie de laminage à froid des cas testés sont données dans le Tableau 2.

Les étapes de laminage sont suivies d'une étape de traitement thermique de mise en solution et trempe. La mise en solution se fait à une température au-delà de la température de solvus de l'alliage, tout en évitant la brûlure. La tôle mise en solution est ensuite trempée à une vitesse minimum de 50°C/s. Pour tous les cas, 15 exceptés les cas 4 et 9, cette étape se fait en four à passage par élévation de la température du métal jusqu'à 570°C en moins d'une minute environ directement suivie par une trempe. Pour le cas 4, en alliage du type AA6016, le laminage à froid a également été suivi d'un traitement thermique en fin de gamme et consiste en une 20 mise en solution et trempe réalisées en four à passage par élévation de la température du métal jusqu'à 540°C en 30 secondes environ et trempe à une vitesse minimum de 50°C/s. Pour le cas 9, en alliage du type AA5182, le recuit de recristallisation a eu lieu en four à passage et consistait à amener le métal jusqu'à une température de 365°C en 30 secondes environ puis à le refroidir.

25

La trempe est suivie d'un traitement thermique de pré-revenu, destiné à améliorer les performances du durcissement lors de la cuisson des peintures. Pour tous les cas testés, excepté le cas 9, cette étape est réalisée par bobinage à une température d'au moins 60°C suivi du refroidissement à l'air libre. Les températures 30 de bobinage sont décrites dans le Tableau 2.

Composition	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	V
Invention 1	0.92	0.19	0.16	0.18	0.72	1.47	0.08	0.15
Invention 2	0.94	0.20	0.17	0.17	0.72	1.52	0.11	0.15
Invention 3	0.95	0.20	0.16	0.18	0.74	1.20	0.10	0.14
Alliage 4	1.05	0.25	0.09	0.17	0.37	0.02	0.02	0.00
Alliage 5	1.08	0.25	0.18	0.18	0.57	0.01	0.02	0.00
Alliage 6	0.81	0.15	0.16	0.17	0.79	0.01	0.02	0.00
Alliage 7	0.63	0.19	0.16	0.17	0.97	1.46	0.09	0.15
Alliage 8	0.93	0.20	0.16	0.18	0.78	0.05	0.03	0.01
Alliage 9	< 0.20	< 0.35	0.07	0.33	4.65	0.01	0.02	0.00
Alliage 10	0.79	0.29	0.80	0.003	0.71	0.49	0.05	0.01

Tableau 1

5

	Homogénéisation	Réchauffage	Epaisseur sortie LAC	Epaisseur sortie LAF	Pré-revenu
Invention 1	570°C	480°C	10 mm	2.0 mm	85°C
Invention 2	562°C	530°C	10 mm	2.5 mm	65°C
Invention 3	X	565°C	10 mm	2.0 mm	80°C
Alliage 4	-	-	6.0 mm	2.0 mm	70°C
Alliage 5	X	550°C	3.0 mm	1.7 mm	60°C
Alliage 6	570°C	480°C	10 mm	2.0 mm	85°C
Alliage 7	570°C	480°C	10 mm	2.0 mm	85°C
Alliage 8	570°C	480°C	10 mm	2.0 mm	85°C
Alliage 9	-	-	4.3 mm	2.5 mm	-
Alliage 10	570°C	480°C	8 mm	2.0mm	85°C

10

Tableau 2

Essais de traction

- Les essais de traction à température ambiante ont été réalisés selon la norme NF EN 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 ladite norme. Ces éprouvettes possèdent notamment une largeur de 20 mm et une longueur calibrée de 120 mm.
- Les résultats de ces essais de traction en termes de limite conventionnelle d'élasticité à 0.2 %, $R_{p0,2}$, et mesurée sur les tôles telles que fabriquées selon les conditions décrites au paragraphe précédent, soit après trempe, pré-revenu, maturation à température ambiante pendant un temps minimum de 72 h, puis écrouissage de 2 % en traction contrôlée pour simuler la mise en forme, et maintien pendant 20 min. à 185°C pour simuler la cuisson des peintures, sont donnés dans le Tableau 3 ci-après.

	$R_{p0,2}$ [MPa]
Alliage 4	217
Alliage 5	264
Alliage 6	282
Alliage 7	288
Alliage 8	291
Invention 1	309
Invention 2	316
Invention 3	307

20

Tableau 3

On y relève clairement que les limites d'élasticité des tôles en alliage 1, 2 et 3, selon l'invention, sont supérieures à 300 MPa, comme revendiqué, ce qui n'est pas le cas pour les autres alliages.

25

Les résultats de ces essais de traction, toujours en termes de limite conventionnelle d'élasticité à 0.2 %, $R_{p0.2}$, mais mesurée sur les tôles telles que fabriquées selon les conditions décrites au paragraphe précédent, à l'état T6, soit après trempe, pré-revenu, maturation à température ambiante pendant un temps minimum de 72 h, et

5 revenu pour parvenir à l'état T6 au pic de durcissement, soit 2 h à 205°C, sont donnés dans le Tableau 4 ci-après.

	$R_{p0.2}$ [MPa]
Alliage 3	249
Alliage 4	310
Alliage 5	336
Alliage 6	347
Alliage 7	343
Alliage 9	344
Invention 1	355
Invention 2	357
Invention 3	354

10

Tableau 4

On y relève clairement que les limites d'élasticité des tôles en alliage 1, 2 et 3, selon l'invention, sont supérieures à 350 MPa, comme revendiqué, ce qui n'est pas le cas pour les autres alliages.

15

Evaluation de la ductilité en service

La ductilité en service peut être estimée par un « test de pliage trois points » suivant la norme NF EN ISO 7438 et la procédure VDA 238-100.

20

Le dispositif de pliage est tel que présenté en figure 1.

On effectue tout d'abord sur une tôle à l'état T4, soit après trempe, pré-revenu et maturation à température ambiante pendant 72 h, une pré-déformation en traction

25 contrôlée de 10 % selon la direction perpendiculaire à la direction de laminage, puis

un maintien pendant 20 min. à 185°C pour simuler la cuisson des peintures, et on effectue le « pliage trois points » proprement dit en utilisant un poinçon B de rayon $r = 0.4 \text{ mm}$, la tôle étant supportée par deux rouleaux R, l'axe de pliage étant perpendiculaire à la direction de pré-traction. Les rouleaux ont un diamètre de 30 mm et la distance entre les axes des rouleaux est égale à $30 + 2t \text{ mm}$, t étant l'épaisseur initiale de la tôle testée T.

Au début de l'essai le poinçon est mis en contact avec la tôle avec une pré-force de 30 Newtons. Une fois le contact établi, le déplacement du poinçon est indexé à zéro. Le test consiste alors à déplacer le poinçon de manière à effectuer le « pliage trois points » de la tôle.

Le test s'arrête lorsqu'une microfissuration de la tôle conduit à une chute de force sur le poinçon d'au moins 30 Newtons, ou bien lorsque le poinçon s'est déplacé de 14,2 mm, ce qui correspond à la course maximale autorisée.

A la fin du test, l'échantillon de tôle se retrouve donc plié comme illustré en figure 2.

La ductilité en service s'évalue alors par la mesure de l'angle de pliage α , appelé ici $\alpha_{10\%}$, en degrés. Plus l'angle $\alpha_{10\%}$ est élevé, meilleure est l'aptitude au sertissage ou au pliage de la tôle.

Les résultats de ces essais de pliage sur les tôles telles que fabriquées selon les conditions décrites au paragraphe « Préambule » sont donnés dans le Tableau 5 ci-après.

	$\alpha_{10\%} (^{\circ})$
Alliage 4	63
Alliage 7	52
Invention 1	61

Tableau 5

On y relève clairement que l'angle $\alpha_{10\%}$ de la tôle selon l'invention est supérieur à 60°.

Mesure du LDH (Limit Dome Height)

Ces mesures de LDH (Limit Dome Height) ont été réalisées afin de caractériser la performance en emboutissage à l'état T4 des différentes tôles de cet exemple.

- 5 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.
- 10 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.
- 15 La figure 3 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

20 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 6 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

25 et pour lesquelles la dimension de 160 mm était positionnée parallèlement à la direction de laminage.

	LDH (mm)
Alliage 8	37,1
Invention 2	36,5

- Ces résultats mettent en évidence le fait que la tôle selon l'invention possède une valeur de LDH similaire à la valeur de LDH obtenue pour une tôle en alliage du type AA5182 (alliage 8), alliage de référence lorsqu'il s'agit de panneaux de carrosserie
- 5 pour emboutissages sévères.

Evaluation de la résistance à la corrosion

- 10 L'essai de corrosion intergranulaire selon la norme ISO 11846 consiste à immerger les éprouvettes pendant 24 h dans une solution de chlorure de sodium (30g/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.
- 15 Les échantillons ont une dimension de 40 mm (sens de laminage) x 30 mm x 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 maximale.
- 20 Les résultats sont récapitulés au tableau 7 ci-après.

	Profondeur d'attaque maximum en μm
Alliage 9	250
Invention 1	140

Tableau 7

25

La profondeur d'attaque maximale apparaît nettement plus faible pour l'alliage selon l'invention, traduisant une meilleure résistance à la corrosion intergranulaire.

30

Revendications

1. Tôle pour pièce emboutie de doublure, de renfort ou de structure de carrosserie automobile encore appelée caisse en blanc, en alliage d'aluminium de la série AA6xxx, de composition (% en poids) :
Si : 0,85 - 1,20 Fe : < 0,30 Cu : 0,10 - 0,30 Mg : 0,70 - 0,90 Mn : < 0,30
Zn : 1,10 - 1,60 V : 0,05 - 0,30 Ti : 0,05 - 0,20
autres éléments < 0,05 chacun et < 0,15 au total, reste aluminium,
2. Tôle selon la revendication 1, caractérisée en ce que la teneur en Si est comprise entre 0.90 et 1.10 %.
3. Tôle selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que la teneur en Cu est comprise entre 0.10 et 0.20 %.
4. Tôle selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que la teneur en Mg est comprise entre 0.70 et 0.80 %.
5. Tôle selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que la teneur en Zn est comprise entre 1.20 et 1.50 %.
6. Tôle selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que la teneur en V est comprise entre 0.10 et 0.20 %.
7. Tôle selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que la teneur en Ti est comprise entre 0.08 et 0.15 %.
8. Tôle selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que la teneur en Mn est comprise entre 0.10 et 0.20 %.
9. Tôle selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que la teneur en Fe est comprise entre 0.15 et 0.25 %.

10. Procédé de fabrication d'une tôle selon l'une des revendications 1 à 9, comportant les étapes suivantes :

- 5 - la coulée typiquement semi-continue verticale d'une plaque et son scalpage éventuel,
 - l'homogénéisation de cette plaque à une température de 550 à 570°C avec un maintien entre 2 et 12 h, préférentiellement entre 4 et 6 h, suivi d'un refroidissement rapide,
- 10 - le réchauffage à une température comprise entre 450 et 550°C avec un maintien entre 30 min et 3 h, préférentiellement sensiblement 2 h,
 - le laminage à chaud de la plaque en une bande d'épaisseur comprise entre 3 et 10 mm,
 - le laminage à froid jusqu'à l'épaisseur finale,
- 15 - la mise en solution de la bande laminée à une température au-delà de la température de solvus de l'alliage, tout en évitant la brûlure, soit entre 550 et 570°C pendant 30 s à 5 min, suivi de la trempe à une vitesse de plus de 50°C/s et préférentiellement plus de 100°C/s,
 - le pré-revenu, ou réversion, par bobinage à une température d'au moins 60°C suivi
- 20 d'un refroidissement à l'air libre de la bobine obtenue.

11. Procédé de fabrication d'une tôle selon l'une des revendications 1 à 9, comportant les étapes suivantes :

- 25 - la coulée typiquement semi-continue verticale d'une plaque et son scalpage éventuel,
 - le réchauffage de cette plaque à une température comprise entre 550 et 570°C avec un maintien entre 2 et 12 h, préférentiellement entre 4 et 6 h,
 - le laminage à chaud de la plaque en une bande d'épaisseur comprise entre 3 et 10 mm,
- 30 - le laminage à froid jusqu'à l'épaisseur finale,
 - la mise en solution de la bande laminée à une température au-delà de la température de solvus de l'alliage, tout en évitant la brûlure, soit entre 550 et 570°C pendant 30 s

20

à 5 min, suivi de la trempe à une vitesse de plus de 50°C/s et préférentiellement plus de 100°C/s,

- le pré-revenu, ou réversion, par bobinage à une température d'au moins 60°C suivi d'un refroidissement à l'air libre de la bobine obtenue.

5

12. Tôle obtenue par le procédé selon l'une des revendications 10 ou 11, caractérisée en ce qu'après maturation éventuelle à température ambiante comprise entre 72 h et 6 mois, une pré-déformation en traction contrôlée 2%, et traitement de cuisson des peintures, typiquement 20 min à 185°C, elle présente une limite d'élasticité $R_{p0,2}$ d'au moins 300 MPa.

10

13. Tôle obtenue par le procédé selon l'une des revendications 10 ou 11, caractérisée en ce qu'à l'état métallurgique T6 selon la norme européenne EN 515 elle présente une limite d'élasticité $R_{p0,2}$ d'au moins 350 MPa.

15

14. Tôle d'une épaisseur de 2 mm, obtenue par le procédé selon l'une des revendications 10 ou 11, caractérisée en ce qu'après maturation éventuelle à température ambiante comprise entre 72 h et 6 mois, une pré-déformation en traction contrôlée de 10 %, et traitement de cuisson des peintures, typiquement 20 min à 185°C, elle présente un « angle de pliage trois points » $\alpha_{10\%}$ mesuré selon la norme NF EN ISO 7438, et la procédure VDA 238-100, d'au moins 60°.

20

25

1 / 2

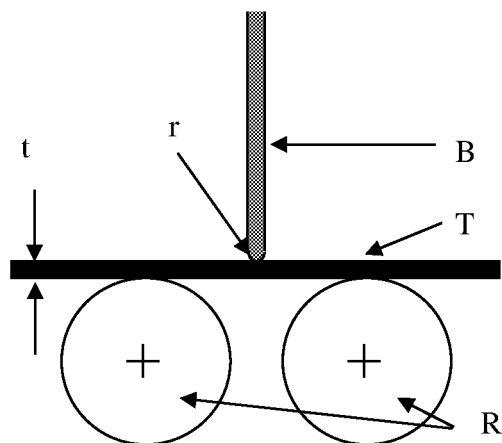


FIG. 1

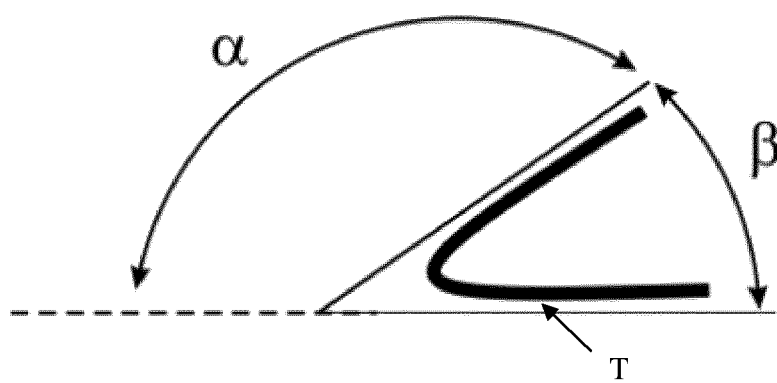


FIG. 2

2 / 2

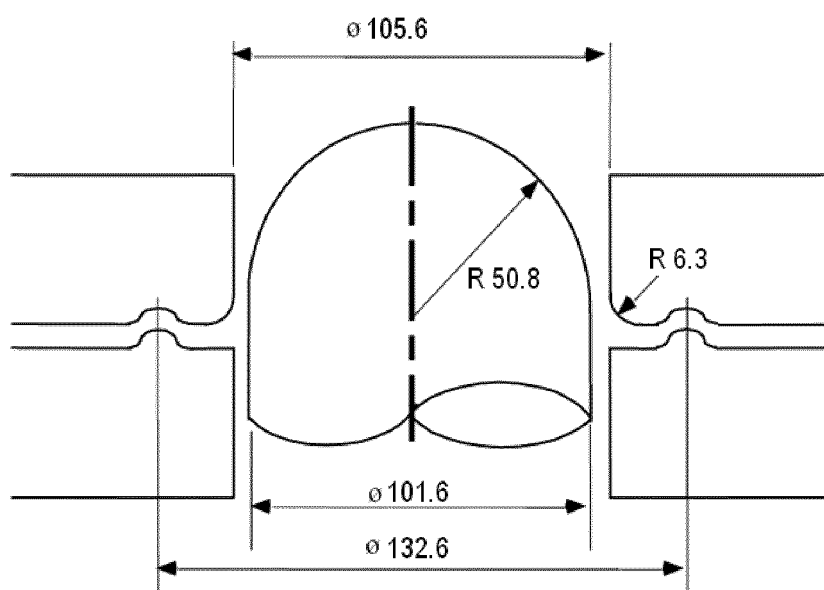


FIG. 3



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 811941
FR 1555129

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		
A	US 5 888 320 A (DORWARD RALPH C [US]) 30 mars 1999 (1999-03-30) * colonnes 2-3; revendication 1 *	1-14	B21B1/00 B21B3/00
A	JP H05 112840 A (NIPPON KOKAN KK) 7 mai 1993 (1993-05-07) * abrégé; tableaux 1-3 *	1-14	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			C22C C22F
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
13 octobre 2015		González Junquera, J	
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 1555129 FA 811941

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 **13-10-2015**

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
US 5888320	A	30-03-1999	AU 5664796 A	29-11-1996
			CA 2218024 A1	14-11-1996
			DE 69628922 D1	07-08-2003
			DE 69628922 T2	29-01-2004
			EP 0826072 A1	04-03-1998
			US 5888320 A	30-03-1999
			WO 9635819 A1	14-11-1996

JP H05112840	A	07-05-1993	AUCUN	
