



(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 1996/02/21
 (87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 1996/08/29
 (45) Date de délivrance/Issue Date: 2009/04/28
 (85) Entrée phase nationale/National Entry: 1997/08/18
 (86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 1996/000279
 (87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 1996/026299
 (30) Priorités/Priorities: 1995/02/24 (FR95/02387);
 1995/10/09 (FR95/12065)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *C22C 21/06* (2006.01)

(72) Inventeurs/Inventors:
 RAYNAUD, GUY-MICHEL, FR;
 HOFFMANN, JEAN-LUC, FR;
 COTTIGNIES, LAURENT, FR;
 PILLET, GEORGES, FR

(73) Propriétaire/Owner:
 PECHINEY RHENALU, FR

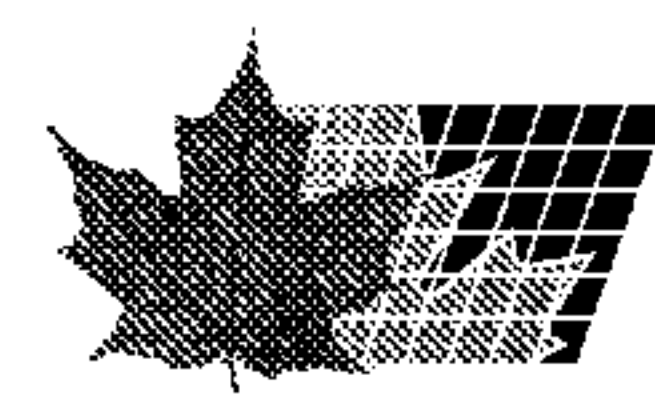
(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : PRODUIT POUR CONSTRUCTION SOUDEE EN ALLIAGE ALMGMN A RESISTANCE MECANIQUE AMELIOREE

(54) Title: PRODUCT FOR OBTAINING WELDED ALMGMN ALLOY STRUCTURES WITH IMPROVED MECHANICAL RESISTANCE

(57) Abrégé/Abstract:

L'invention concerne des produits laminés ou filés pour constructions soudées en alliage d'aluminium du type AlMgMn. Ces produits ont pour composition (% en poids): 3,0 < Mg < 5,0, 0,75 < Mn < 1,0, Fe < 0,25, Si < 0,25, Zn < 0,40, éventuellement un ou plusieurs des éléments Cr, Cu, Ti, Zr, tels que: Cr < 0,25, Cu < 0,20, Ti < 0,20, Zr < 0,20, autres éléments < 0,05 chacun et < 0,15 au total; avec: Mn + 2Zn > 0,75. Ces produits présentent à l'état soudé une résistance mécanique et une tenue en fatigue améliorée sans conséquences défavorables pour la ténacité et la résistance à la corrosion, et sont particulièrement aptes à la construction navale, aux véhicules industriels et aux cadres de bicyclettes en tubes soudés.



PCT

ORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE
Bureau international

DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

<p>(51) Classification internationale des brevets ⁶ : C22C 21/06</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Numéro de publication internationale: WO 96/26299 (43) Date de publication internationale: 29 août 1996 (29.08.96)</p>					
<p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR96/00279 (22) Date de dépôt international: 21 février 1996 (21.02.96)</p> <p>(30) Données relatives à la priorité:</p> <table border="0"> <tr> <td>95/02387</td> <td>24 février 1995 (24.02.95)</td> <td>FR</td> </tr> <tr> <td>95/12065</td> <td>9 octobre 1995 (09.10.95)</td> <td>FR</td> </tr> </table> <p>(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): PECHINEY RHENALU [FR/FR]; Tour Manhattan, 6, place de l'Iris, La Défense 2, F-92400 Courbevoie (FR).</p> <p>(72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): RAYNAUD, Guy-Michel [FR/FR]; Les Tradets, F-63500 Issoire (FR). HOFFMANN, Jean-Luc [FR/FR]; 6, avenue Marius-Chorot, Les Tuileries, F-38430 Moirans (FR). COTTIGNIES, Laurent [FR/FR]; 55 B, avenue Léon-Blum, F-38100 Grenoble (FR). PILLET, Georges [FR/FR]; F-73160 Saint-Cassin (FR).</p> <p>(74) Mandataire: MOUGEOT, Jean-Claude; Pechiney, 28, rue de Bonnel, F-69433 Lyon Cédex 03 (FR).</p>	95/02387	24 février 1995 (24.02.95)	FR	95/12065	9 octobre 1995 (09.10.95)	FR	<p>(81) Etats désignés: AU, CA, CN, FI, JP, KR, NO, NZ, PL, RU, SG, TR, UA, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i></p>
95/02387	24 février 1995 (24.02.95)	FR					
95/12065	9 octobre 1995 (09.10.95)	FR					
<p>(54) Title: PRODUCT FOR OBTAINING WELDED AlMgMn ALLOY STRUCTURES WITH IMPROVED MECHANICAL RESISTANCE</p>							
<p>(54) Titre: PRODUIT POUR CONSTRUCTION SOUDEE EN ALLIAGE AlMgMn A RESISTANCE MECANIQUE AMELIOREE</p>							
<p>(57) Abstract</p>							
<p>Laminated or extruded products for obtaining welded AlMgMn-type aluminium alloy structures are described, said products having the following contents in weight percent: 3.0 < Mg < 5.0; 0.75 < Mn < 1.0; Fe < 0.25; Si < 0.25; Zn < 0.40; optionally, one or more components selected from Cr, Cu, Ti, Zr, such that: Cr < 0.25; Cu < 0.20; Ti < 0.20; Zr < 0.20; other components < 0.05 each and < 0.15 in all, wherein Mn + 2Zn > 0.75. The welded products have improved mechanical and fatigue resistance, while retaining their toughness and corrosion resistance, and are particularly suitable for applications in shipbuilding, utility vehicles and bicycle frames made of welded tubes.</p>							
<p>(57) Abrégé</p>							
<p>L'invention concerne des produits laminés ou filés pour constructions soudées en alliage d'aluminium du type AlMgMn. Ces produits ont pour composition (% en poids): 3,0 < Mg < 5,0, 0,75 < Mn < 1,0, Fe < 0,25, Si < 0,25, Zn < 0,40, éventuellement un ou plusieurs des éléments Cr, Cu, Ti, Zr, tels que: Cr < 0,25, Cu < 0,20, Ti < 0,20, Zr < 0,20, autres éléments < 0,05 chacun et < 0,15 au total; avec: Mn + 2Zn > 0,75. Ces produits présentent à l'état soudé une résistance mécanique et une tenue en fatigue améliorée sans conséquences défavorables pour la ténacité et la résistance à la corrosion, et sont particulièrement aptes à la construction navale, aux véhicules industriels et aux cadres de bicyclettes en tubes soudés.</p>							

PRODUIT POUR CONSTRUCTION SOUDEE EN ALLIAGE AlMgMn
A RESISTANCE MECANIQUE AMELIOREE

5

Domaine technique

L'invention concerne le domaine des produits laminés ou filés, tels que tôles, profilés, fils ou tubes, en alliage d'aluminium du type AlMgMn à Mg > 3% en poids, destinées à des constructions soudées présentant une limite élastique élevée, une bonne résistance à la fatigue et une bonne tenacité pour des applications structurales, comme, par exemple, les bateaux, les véhicules industriels ou les cadres de bicyclettes soudés.

Etat de la technique

Le dimensionnement optimal des structures soudées en alliage d'aluminium conduit à utiliser des alliages AlMg de la série 5000 selon la nomenclature de l'Aluminum Association, comme par exemple l'alliage 5083 dont la composition déposée à l'Aluminum Association est (% en poids):

Mg: 4,0 - 4,9
Mn: 0,4 - 1,0
Fe < 0,40
Si < 0,40
Zn < 0,25
Cu < 0,10
Cr: 0,05 - 0,25
Ti < 0,15

Ces alliages sont utilisés à l'état écroui (état H1 selon la norme NF-EN-515), ou partiellement adouci (état H2), ou stabilisé (état H3), tout en conservant une bonne résistance à la corrosion (état H116), plutôt qu'à l'état recuit (état O). Mais, le plus souvent, l'augmentation des caractéristiques mécaniques par rapport à l'état O ne subsiste pas après

FEUILLE MODIFIEE

soudage, et les recommandations des organismes de certification et de contrôle conseillent généralement, pour les structures soudées, de ne tenir compte que des caractéristiques à l'état 0. On doit prendre en compte également, pour le dimensionnement, la tenue à la fatigue et la vitesse de propagation des fissures.

Dans ce domaine, les travaux de recherche se sont surtout concentrés sur la conduite de l'opération de soudage elle-même. De plus, on a cherché, par des traitements thermomécaniques appropriés, à améliorer la tenue à la corrosion de la pièce.

La demande de brevet japonais JP 06-212373 propose, pour minimiser la réduction de la résistance mécanique due au soudage, d'utiliser un alliage contenant de 1,0 à 2,0% de Mn, de 3,0 à 6,0% de Mg et moins de 0,15% de fer. Mais, l'utilisation d'un alliage avec une teneur aussi élevée en manganèse conduit à un abaissement de la résistance à la fatigue et de la tenacité.

20 Objet de l'invention

L'invention a pour but, dans des conditions de soudage déterminées, d'améliorer de manière significative la résistance mécanique et la tenue à la fatigue des structures soudées en alliage AlMgMn, sans conséquences défavorables sur d'autres paramètres tels que la tenacité, la résistance à la corrosion et la déformation à la découpe, due aux contraintes internes.

L'invention a pour objet des produits destinés à des constructions soudées en alliage AlMgMn de composition (en poids %):

$$3,0 < \text{Mg} < 5,0$$

$$0,5 < \text{Mn} < 1,0$$

contenant Fe, Si et Zn en quantité telle que:

$$\text{Fe} < 0,25$$

$$\text{Si} < 0,25$$

$$\text{Zn} < 0,40$$

FEUILLE MODIFIEE

éventuellement l'un au moins des éléments Cr, Cu, Ti, Zr tels que:

Cr < 0,25

Cu < 0,2

Ti < 0,20

Zr < 0,20

autres éléments < 0,05 chacun et < 0,15 au total.

avec la relation: $Mn + 2Zn > 0,75$ et,

ce produit présentant une fraction volumique de dispersoïdes supérieure à 1,2%.

10

Description de l'invention

Contrairement aux recherches antérieures concentrées sur le procédé de soudage et les traitements thermomécaniques, les inventeurs ont trouvé un domaine de composition particulier pour les éléments d'addition mineurs, en particulier le fer, le manganèse et le zinc, conduisant à un ensemble de propriétés intéressantes associant les caractéristiques mécaniques statiques, la tenacité, la résistance à la fatigue, la résistance à la corrosion et la déformation à la découpe, cet ensemble de propriétés étant particulièrement bien adapté à l'utilisation de ces alliages pour la construction navale, les véhicules utilitaires ou les cadres de cycles soudés. Cet ensemble de propriétés est obtenu par la combinaison d'une basse teneur en fer, < 0,25%, de préférence < 0,20%, et même 0,15%, et d'une teneur en manganèse et en zinc telle que $Mn + 2Zn > 0,75\%$, de préférence > 0,8%. La teneur en Mn doit être > 0,5%, et de préférence > 0,8%, pour avoir des caractéristiques mécaniques suffisantes, mais ne doit pas dépasser pour autant 1%, si on veut éviter une dégradation de la tenacité et de la résistance à la fatigue. L'addition de zinc en combinaison avec le manganèse s'est révélée avoir un effet bénéfique sur les caractéristiques mécaniques des tôles et des joints soudés. Toutefois, il vaut mieux ne pas dépasser 0,4%, car on peut alors rencontrer des problèmes au soudage.

30

Le magnésium est maintenu de préférence > 4,3%, car il a un effet favorable sur la limite élastique et la résistance à la fatigue, mais au-delà de 5% la résistance à la corrosion est

moins bonne. L'addition de Cu et Cr sont également favorables à la limite élastique, mais Cr est maintenu de préférence < 0,15% pour conserver une bonne résistance à la fatigue.

La résistance mécanique des tôles dépend à la fois de la teneur du magnésium en solution solide et des dispersoïdes au manganèse. Il a été constaté que la fraction volumique de ces dispersoïdes, qui est liée aux teneurs en fer et en manganèse, doit être maintenue, de préférence, au dessus de 1,2%. Cette fraction volumique est calculée à partir de la moyenne des fractions surfaciques mesurées sur des coupes polies réalisées dans les 3 directions (longueur, largeur et épaisseur) par microscopie électronique à balayage et analyse d'images.

Les produits selon l'invention peuvent être des produits laminés ou filés tels que des tôles laminées à chaud ou à froid, des fils, des profilés ou des tubes filés éventuellement réétirés.

Les tôles selon l'invention, assemblées par soudage bout à bout à l'aide d'un procédé MIG ou TIG et avec un chanfrein de l'ordre de 45° sur environ les 2/3 de l'épaisseur, présentent dans la zone soudée une limite élastique $R_{0,2}$ pouvant être supérieure d'au moins 25 MPa à celle d'un alliage conventionnel ayant la même teneur en magnésium, soit un gain de l'ordre de 20%.

La largeur de la zone affectée thermiquement est réduite de l'ordre d'un tiers par rapport à un alliage 5083 habituel, et la dureté du joint soudé passe d'environ 75 Hv à plus de 80Hv. Les joints soudés présentent également une résistance à la rupture qui dépasse le minimum imposé par les organismes de contrôle pour les tôles brutes écrouies non soudées .

Les tôles selon l'invention présentent une résistance à la fatigue, mesurée en flexion plane avec un rapport de contraintes $R = 0,1$ sur des éprouvettes prélevées dans le sens travers-long, supérieure à:

	10^5 cycles	pour une contrainte maximale	>	280 MPa
35	10^6 cycles	" " " "	>	220 MPa
	10^7 cycles	" " " "	>	200 MPa

La vitesse de propagation de fissure $_K$, mesurée pour $R = 0,1$,

est > 22 MPavm pour $da/dN = 5 \cdot 10^{-4}$ mm/cycle et > 26 MPavm pour $da/dN = 10^{-3}$ mm/cycle.

Les tôles selon l'invention sont le plus souvent d'épaisseur supérieure à 1,5 mm. Pour les épaisseurs supérieures à 2,5 mm, 5 elles peuvent être obtenues directement par laminage à chaud, sans nécessité d'un laminage à froid ultérieur, et, de plus, ces tôles laminées à chaud présentent à la découpe une distorsion plus faible que les tôles laminées à froid.

Les produits selon l'invention présentent une résistance à la 10 corrosion aussi bonne que les alliages habituels à même teneur en magnésium, par exemple le 5083 de composition courante, largement utilisé dans la construction navale.

Exemple

15

On a préparé 13 échantillons de tôles par coulée semi-continue conventionnelle sous forme de plaques, réchauffées pendant 20 h à une température $> 500^{\circ}\text{C}$, puis laminées à chaud jusqu'à l'épaisseur finale de 6 mm. La référence 0 correspond 20 à une composition classique de 5083 et la référence 1 a une composition légèrement en dehors de l'invention. Les 11 autres (réf. 2 à 12) ont une composition selon l'invention. Les compositions étaient les suivantes (% en poids):

25	Réf	Mg	Cu	Mn	Fe	Cr	Zn	Ti	Zr
	0	4,40	$< 0,01$	0,50	0,27	0,09	0,01	0,01	
	1	4,68	$< 0,01$	0,72	0,12	0,05	$< 0,01$	0,01	
	2	4,56	$< 0,01$	0,83	0,12	0,13	0,01	0,01	
	3	4,60	$< 0,01$	0,85	0,17	0,10	0,16	0,01	
30	4	4,62	$< 0,01$	0,96	0,10	0,05	0,02	0,01	
	5	4,80	0,09	0,80	0,11	0,03	0,02	0,01	
	6	4,72	$< 0,01$	0,87	0,13	0,03	0,02	0,01	0,11
	7	4,88	0,05	0,78	0,16	0,02	0,01	0,09	
	8	4,92	0,06	0,94	0,08	0,02	0,19	0,01	
35	9	4,69	$< 0,01$	0,72	0,07	0,02	0,10	0,01	
	10	4,71	$< 0,01$	0,82	0,06	0,02	$< 0,01$	0,01	
	11	4,73	$< 0,01$	0,95	0,17	0,03	$< 0,01$	0,01	

12 4,70 < 0,01 0,92 0,22 0,03 0,01 0,01

Les échantillons présentent tous, après laminage, une limite élastique $R_{0,2} > 220$ MPa dans le sens L.

- 5 On a mesuré la résistance mécanique des joints soudés à partir de ces tôles dans les conditions suivantes: soudage MIG bout à bout continu automatique, avec un chanfrein symétrique de pente 45° par rapport à la verticale sur une épaisseur de 4 mm et fil d'apport en alliage 5183.
- 10 Les caractéristiques mécaniques (résistance à la rupture R_m , limite élastique $R_{0,2}$) ont été obtenues par traction sur des éprouvettes normalisées par l'organisme norvégien de contrôle DNV pour la construction navale, de longueur 140 mm, de largeur 35 mm, le cordon de soudure de largeur 15 mm étant au centre et la longueur de la partie étroite de l'éprouvette étant de 27 mm, soit la somme de la largeur du cordon et de 2 fois l'épaisseur (15 + 12 mm).
- On a mesuré également les fractions volumiques de dispersoïdes au manganèse.
- 20 Les résultats sont les suivants (en MPa pour les résistances et % pour les fractions):

	Réf.	R_m	$R_{0,2}$	fractions
	0	285	131	0,62
25	1	292	144	1,2
	2	302	150	1,4
	3	300	146	1,6
	4	310	158	1,7
	5	309	149	1,4
30	6	305	155	1,5
	7	315	166	1,3
	8	318	164	1,9
	9	310	153	1,5
	10	312	150	1,5
35	11	315	153	1,6
	12	315	151	1,5

FEUILLE MODIFIEE

On constate que la limite élastique des échantillons soudés selon l'invention présente, par rapport à l'échantillon de référence une augmentation comprise entre 15 et 35 MPa.

5 On a mesuré aussi, pour les références 0 à 5, la résistance à la fatigue des tôles non soudées en flexion plane, avec $R = 0,1$, en déterminant la contrainte maximale (en MPa) correspondant respectivement à 10^6 et 10^7 cycles, ainsi que la vitesse de propagation de fissure $_K$ mesurée pour $da/dn = 5 \times 10^{-4}$ mm/cycle (en MPavm).

Les résultats ont été les suivants:

	Réf.	10^6 cycles	10^7 cycles	$_K$
	0	220	200	22
15	1	235	205	22
	2	230	200	23
	3	225	200	23
	4	230	205	22
	5	225	200	22

20

On constate que, malgré l'augmentation de la résistance mécanique, les tôles selon l'invention présentent une résistance à la fatigue au moins aussi bonne que celle des tôles en 5083 classique.

25

30

35

REVENDEICATIONS

1. Produit pour construction soudée en alliage d'aluminium AlMgMn de composition (% en poids):
- $3,0 < \text{Mg} < 5,0$
 $0,5 < \text{Mn} < 1,0$
- contenant Fe, Si et Zn en quantité telle que:
- $\text{Fe} < 0,25$
 $\text{Si} < 0,25$
 $\text{Zn} < 0,40$
- éventuellement un ou plusieurs des éléments Cr, Cu, Ti, Zr tels que:
- $\text{Cr} < 0,25$
 $\text{Cu} < 0,20$
 $\text{Ti} < 0,20$
 $\text{Zr} < 0,20$
- autres éléments $< 0,05$ chacun et $< 0,15$ au total,
avec $\text{Mn} + 2\text{Zn} > 0,75$ et,
ce produit présentant une fraction volumique de dispersoïdes supérieure à 1,2%.
- 20 2. Produit selon la revendication 1, caractérisé en ce que $\text{Mg} > 4,3\%$.
3. Produit selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que $\text{Mn} > 0,8\%$.
4. Produit selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que $\text{Fe} < 0,20\%$.
5. Produit selon la revendication 4, caractérisée en ce que $\text{Fe} < 0,15\%$.
6. Tôle selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce qu'elle est d'épaisseur $> 2,5$ mm et qu'elle est uniquement laminée à chaud.

7. Utilisation d'un produit selon l'une des revendications 1 à 6 pour la construction navale.

8. Utilisation d'un produit selon l'une des revendications 1 à 6 pour la construction de véhicules industriels.

9. Utilisation de tubes filés selon l'une des revendications 1 à 5 pour la fabrication de cadres de bicyclettes soudés.