

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 769 564 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
23.04.1997 Bulletin 1997/17

(51) Int Cl.⁶: **C22C 21/06**

(21) Numéro de dépôt: **96420311.1**

(22) Date de dépôt: **15.10.1996**

(84) Etats contractants désignés:
CH DE GB IT LI

(30) Priorité: **18.10.1995 FR 9512466**

(71) Demandeur: **PECHINEY RHENALU**
92400 Courbevoie (FR)

(72) Inventeurs:
• **Hoffmann, Jean-Luc**
38430 Moirans (FR)

- **Raynaud, Guy-Michel**
63500 Issoire (FR)
- **Schmidt, Martin-Peter**
38140 La Murette (FR)
- **Ribes, Hervé**
63500 Issoire (FR)

(74) Mandataire: **Mougeot, Jean-Claude**
PECHINEY
28, rue de Bonnel
69433 Lyon Cedex 03 (FR)

(54) **Alliages AlMg pour constructions soudées à caractéristiques mécaniques améliorées**

(57) L'invention concerne des tôles pour constructions soudées en alliage AlMg présentant une résistance à la rupture $R_m > 275$ MPa, un allongement $A > 17,5\%$ et un produit $A \times R_m > 6000$ de composition (% en poids):

Mg: 4,2 - 4,8 Mn: $< 0,5$ Zn $< 0,4$
Fe $< 0,45$ Si $< 0,30$ et éventuellement:

Cr $< 0,15$ Cu $< 0,25$ Ti $< 0,20$ Zr $< 0,20$

autres éléments $< 0,05$ chacun et $< 0,15$ au total, balance Al, avec la relation: Mn + Zn $< 0,7$.

Les tôles selon l'invention sont destinées notamment à la fabrication de citernes ferroviaires ou routières, de conteneurs de transport et de roues de véhicules.

EP 0 769 564 A1

Description**Domaine technique**

5 L'invention concerne le domaine technique des tôles en alliage d'aluminium du type AlMg et plus particulièrement en alliage 5083 ou 5086 selon la norme EN 573-3, destinées à des constructions soudées telles que des réservoirs fixes ou mobiles et notamment des citernes de transport routier ou ferroviaire de matières solides ou liquides.

Problème posé

10 Pour augmenter la résistance mécanique des constructions soudées tout en diminuant leur poids, il est intéressant de disposer d'alliages offrant par rapport aux alliages 5083 ou 5086 actuellement utilisés, des caractéristiques mécaniques améliorées sans rien perdre sur les autres propriétés d'emploi telles que la soudabilité, la résistance à la corrosion ou la formabilité.

15 Les deux caractéristiques mécaniques qui, selon les principes de construction mécanique connues de l'homme de métier, doivent être optimisées pour assurer un comportement plastique convenable des structures en alliage d'aluminium, sont l'allongement à la rupture A et la résistance à la rupture R_m . Pour les alliages AlMg, ces deux caractéristiques ont des tendances d'évolution contraires lorsqu'on modifie la composition de l'alliage et un compromis doit être trouvé pour chaque type d'application. C'est pourquoi, pour calculer le comportement des structures sous une déformation plastique rapide, par exemple en cas d'avarie, on utilise généralement pour ces alliages le produit $A \times R_m$, dès lors que A et R_m présentent chacun des valeurs minimales convenables.

20 Le but de la présente invention est donc d'améliorer ce compromis entre l'allongement et la résistance à la rupture tout en assurant une tenue à la corrosion satisfaisante et une gamme de fabrication aussi simple et fiable que possible.

Art antérieur

25 La demande de brevet japonais JP 06-212373 montre des exemples de tôles en alliage AlMgMn présentant un bon compromis entre l'allongement et la résistance, mais la fabrication par laminage à chaud requiert une température minimale de sortie du laminage de 450°C, ce qui oblige à une cadence de fabrication rapide et une lubrification minimale et ne permet donc pas une fabrication fiable et économique de bandes.

30 La demande de brevet japonais JP 06-93365 montre également des tôles en alliage AlMgMn ayant des caractéristiques mécaniques répondant à l'objectif visé, mais leur fabrication fait intervenir une gamme compliquée et coûteuse, comportant un laminage à chaud suivi d'un recuit intermédiaire, d'un laminage à tiède et d'un recuit final.

Objet de l'invention

35 La demanderesse a mis en évidence un domaine de composition étroit à l'intérieur des fourchettes de composition des alliages 5083 et 5086 permettant de répondre aux objectifs visés pour les caractéristiques mécaniques et d'utiliser une gamme de fabrication fiable et économique.

40 Les tôles pour constructions soudées selon l'invention sont réalisées en alliage AlMg de composition suivante (% en poids):

Mg: 4,2 - 4,8 Mn: < 0,5 Zn: < 0,4

Fe < 0,45 Si < 0,30 et éventuellement

Cr: < 0,15 Cu < 0,25 Ti < 0,20 Zr < 0,20

45 autres éléments < 0,05 chacun et 0,20 au total, balance Al, avec la relation $Mn + Zn < 0,7$ (de préférence < 0,6), et présentent une résistance à la rupture $R_m > 275$ MPa, un allongement $A > 17,5\%$ et un produit $R_m \times A > 6000$ et de préférence > 6500 (R_m exprimé en MPa et A en %).

La teneur en zinc est comprise de préférence entre 0,07 et 0,2%. La teneur en fer est comprise de préférence entre 0,20 et 0,45% et supérieure à la moitié de la teneur en manganèse.

50 Les tôles selon l'invention sont fabriquées de préférence sans recuit final et par laminage à chaud avec une température de sortie du laminage comprise entre 300 et 370°C, et de préférence entre 320 et 360°C.

Une composition particulièrement avantageuse de l'alliage selon l'invention, conduisant à des tôles présentant une résistance à la rupture $R_m > 275$ MPa, un allongement $A > 22\%$ et un produit $A \times R_m > 7000$, est la suivante:

Mg: 4,2 - 4,7 Mn: 0,20 - 0,40 Zn: 0,07 - 0,20

55 Fe: 0,20 - 0,45 Si < 0,25 Cr < 0,15 Cu < 0,15

Ti < 0,10 Zr < 0,10 autres éléments < 0,05 chacun et < 0,15 au total, balance Al.

Description de l'invention

Le rôle du magnésium et du manganèse comme éléments d'addition est bien connu. Le magnésium assure une bonne résistance mécanique, mais une teneur trop élevée diminue la résistance à la corrosion, ce qui limiterait l'utilisation des réservoirs fabriqués avec de tels alliages.

Le manganèse améliore la résistance à la traction, mais une teneur trop élevée conduit à une diminution de l'allongement.

Il est connu également que le zinc, en présence de manganèse, améliore la résistance à la rupture, mais la demanderesse a trouvé, de manière surprenante, que, pour les teneurs choisies en magnésium et manganèse, le produit $A \times R_m$ dépendait de la somme $Mn + Zn$ plutôt que des teneurs individuelles en Mn et Zn, et que ce produit était nettement amélioré lorsque la somme $Mn + Zn$ était inférieure à 0,7, et, de préférence, à 0,6%.

Dans le domaine de composition retenu pour Mg, Mn et Zn, une addition de chrome, à condition qu'elle ne dépasse pas 0,15%, permet d'augmenter à la fois l'allongement A et la résistance à la corrosion, et une addition de cuivre inférieure à 0,25% conduit à une augmentation de R_m .

La teneur en fer doit se situer en dessous de 0,45% afin d'éviter la formation de phases primaires dont la présence entraîne une détérioration inacceptable des caractéristiques mécaniques de la tôle. Toutefois, dans le domaine de composition retenu pour les éléments Mg, Mn et Zn, la demanderesse a mis en évidence de manière surprenante qu'il est avantageux de choisir une teneur en fer proche de 0,45%, car lors de la coulée, la quasi-totalité du fer forme des précipités eutectiques de type AlMnFe. On constate, ce qui est contraire à ce qu'on observe habituellement, qu'une forte fraction de ces précipités eutectiques améliore la ductilité de la tôle et qu'il est souhaitable que cette fraction soit d'au moins 0,7%. En même temps, toujours pour avoir une ductilité élevée, la fraction de dispersoïdes au manganèse dans la tôle finale doit rester faible, de préférence au-dessous de 1,5 fois la fraction d'eutectiques, ce qui s'exprime par la relation $Fe > 0,5Mn$.

Les fractions volumiques de précipités eutectiques et de dispersoïdes sont mesurées par les fractions surfaciques calculées sur des micrographies par des techniques métallographiques bien connues, par exemple par microscopie électronique à balayage et analyse d'images sur une coupe polie d'un échantillon de tôle.

Cette possibilité de choisir une teneur en fer pas trop basse permet de choisir un métal de base moins pur et donc moins cher, tout en ayant de bonnes caractéristiques mécaniques. Avec la composition selon l'invention, il est possible d'obtenir des tôles d'épaisseur > 2 mm présentant une résistance à la rupture $R_m > 275$ MPa, un allongement $A > 17,5\%$ et un produit $A \times R_m > 6000$, par laminage sans recuit final à une température $> 250^\circ\text{C}$, et, plus particulièrement, par laminage à chaud et en grande largeur, par exemple > 2200 mm. Pour des raisons de fiabilité industrielle, il est préférable que la température en sortie du laminoir à chaud soit inférieure à 400°C , et, de préférence, à 370°C , voire à 350°C .

Les tôles selon l'invention peuvent être utilisées pour des constructions soudées, telles que des réservoirs fixes ou mobiles, par exemple des citernes ferroviaires ou routières, mais aussi des conteneurs de transport routier, ferroviaire et/ou maritime, ainsi que des roues soudées et/ou forgées pour automobile ou camion. Ces tôles peuvent être soudées par tous les moyens habituellement utilisés pour ce type d'alliage, en particulier 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. Il est avantageux, pour toutes ces applications, de pouvoir disposer de tôles de grande largeur, en particulier de largeur supérieure à 2200 mm. L'intérêt de disposer de tôles à caractéristiques mécaniques améliorées est particulièrement grand dans le cas de citernes routières destinées au transport de matières dangereuses, qui doivent présenter un comportement plastique convenable en cas d'accident.

Exemples

On a élaboré 24 alliages ayant les compositions indiquées au tableau 1, par coulée semi-continue de plaques. Après un réchauffage pendant 20 h à une température supérieure à 500°C , celles-ci ont été laminées à chaud jusqu'à une épaisseur finale de 6 mm. La température de sortie du laminoir était de 340°C .

Les alliages 0 à 4 ont une composition hors invention (l'alliage 0 représentant une composition de 5083), les alliages 5 à 23 une composition selon l'invention.

On a mesuré sur ces tôles la résistance à la rupture R_m et l'allongement A. Sur des micrographies réalisées par microscopie optique, on a mesuré également les fractions surfaciques de précipités eutectiques et de dispersoïdes. Ces résultats sont rassemblés au tableau 1 et montrent que, pour les compositions selon l'invention, on a toujours $R_m > 275$ MPa, $A > 17,5\%$ et leur produit > 6000 .

On constate de plus qu'avec la composition plus étroite mentionnée plus haut, à savoir:

Mg: 4,2 - 4,7 Mn: 0,20 - 0,40 Zn: 0,07 - 0,20
Fe: 0,20 - 0,45 Si $< 0,25$ Cr $< 0,15$ Cu $< 0,15$
Ti $< 0,10$ Zr $< 0,10$

EP 0 769 564 A1

on obtient des tôles présentant un produit $A \times R_m$ toujours supérieur à 7000 et, le plus souvent, supérieur à 7400 (cf. références 14, 46, 18 à 23).

Des essais de soudage MIG réalisés par soudage bout à bout MIG avec un chanfrein de 45° sur les 2/3 de l'épaisseur ont montré une soudabilité semblable à celle des tôles en alliages 5083 et 5086 de composition habituelle.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

TABLEAU 1

Ref.	Mg %	Cu %	Mn %	Fe %	Si %	Cr %	Zn %	Ti %	Fraction Eutectique	Fraction Dispersoïdes	Rm Mpa	A %	RmA
0	4,5	0,02	0,65	0,21	0,2	0,03	0,08	0,01	0,78	0,86	298	17	5066
1	4,52	<0,01	0,72	0,12	0,16	0,05	<0,01	0,01	0,63	1,1	296	17	5032
2	4,55	<0,01	0,83	0,12	0,18	0,13	0,01	0,01	0,74	1,4	310	15	4650
3	4,6	<0,01	0,85	0,17	0,25	0,1	0,16	0,01	0,95	1,4	313	16	5008
4	4,5	0,05	0,28	0,16	0,18	0,02	0,02	0,01	0,34	0,29	266	24	6384
5	4,5	<0,01	0,46	0,1	0,21	0,05	0,02	0,01	0,37	0,65	283	22	6226
6	4,7	<0,01	0,47	0,13	0,21	0,03	0,02	0,01	0,44	0,66	295	22	6490
7	4,7	0,06	0,54	0,08	0,18	0,02	0,01	0,01	0,33	0,82	305	20	6100
8	4,5	<0,01	0,5	0,11	0,22	0,3	0,02	0,01	0,42	0,72	295	22	6490
9	4,6	<0,01	0,42	0,15	0,2	0,05	0,16	0,01	0,46	0,56	298	22	6556
10	4,6	<0,01	0,45	0,21	0,17	0,07	0,3	0,01	0,54	0,61	295	21	6195
11	4,5	<0,01	0,55	0,22	0,23	0,02	0,01	0,01	0,77	0,77	284	23	6532
12	4,5	0,02	0,3	0,2	0,2	0,03	0,05	0,01	0,44	0,29	277	24	6648
13	4,38	<0,01	0,5	0,27	0,2	0,09	0,01	0,01	0,83	0,67	278	24	6672
14	4,5	0,02	0,31	0,45	0,2	0,03	0,08	0,01	0,85	0,31	277	27	7479
15	4,5	0,02	0,58	0,45	0,19	0,0	0,08	0,01	1,41	0,72	296	22	6512
16	4,3	0,18	0,4	0,37	0,22	0,03	0,12	0,01	0,89	0,52	285	25	7125
17	4,8	0,1	0,58	0,43	0,2	0,03	0,08	0,01	1,4	0,78	295	23	6785
18	4,37	0,06	0,32	0,29	0,14	0,07	0,05	0,02			290	24,2	7018
19	4,46	0,06	0,33	0,3	0,15	0,07	0,05	0,02			292	25,8	7533
20	4,39	0,06	0,32	0,29	0,14	0,07	0,04	0,02			289	24,7	7138
21	4,42	0,07	0,28	0,25	0,12	0,03	0,07	0,01			288	27,8	8006
22	4,47	0,06	0,25	0,23	0,13	0,02	0,06	0,01			278	28,3	7867
23	4,31	0,05	0,32	0,27	0,13	0,07	0,04	0,02			293	26,9	7881

Revendications

1. Tôle pour construction soudée en alliage AlMg présentant une résistance à la rupture $R_m > 275$ MPa, un allongement $A > 17,5\%$ et un produit $A \times R_m > 6000$ et, de préférence > 6500 , de composition (% en poids):
 5 Mg: 4,2 - 4,8 Mn: $< 0,5$ Zn: $< 0,4$
 Fe $< 0,45$ Si $< 0,30$ et éventuellement:
 Cr $< 0,15$ Cu $< 0,25$ Ti $< 0,20$ Zr $< 0,20$
 autres éléments $< 0,05$ chacun et $< 0,15$ au total, balance Al, avec la relation: $Mn + Zn < 0,7$
- 10 2. Tôle selon la revendication 1 dans laquelle $Mn + Zn < 0,6$.
3. Tôle selon l'une des revendications 1 et 2 dans laquelle Zn: 0,07 - 0,2
- 15 4. Tôle selon l'une des revendications 1 à 3 dans laquelle $0,20 < Fe < 0,45$
5. Tôle selon la revendication 4 présentant une résistance à la rupture $R_m > 275$ MPa, un allongement $> 22\%$ et un produit $A \times R_m > 7000$, de composition (% en poids):
 20 Mg: 4,2 - 4,7 Mn: 0,20 - 0,40 Zn: 0,07 - 0,20
 Fe: 0,20 - 0,45 Si $< 0,25$ Cr $< 0,15$ Cu $< 0,15$
 20 Ti $< 0,10$ Zr $< 0,10$ autres éléments $< 0,05$ chacun et 0,15 au total, balance Al.
6. Tôle selon l'une des revendications 1 à 5 dans laquelle $\%Fe > 0,5 \ \%Mn$.
- 25 7. Tôle selon l'une des revendications 1 à 6 pour laquelle la fraction volumique des précipités eutectiques est supérieure à 0,7%
8. Tôle selon l'une des revendications 1 à 7 telle que la fraction volumique des dispersoïdes est inférieure à 1,5 fois la fraction des eutectiques.
- 30 9. Tôle selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce qu'elle est fabriquée sans recuit final.
10. Tôle selon la revendication 9, caractérisée en ce qu'elle est fabriquée par laminage à chaud avec une température de sortie du laminoir comprise entre 300 et 370°C.
- 35 11. Tôle selon la revendication 10, caractérisée en ce que la température de sortie du laminoir à chaud est comprise entre 320°C et 360°C.
12. Tôle selon l'une des revendications 10 ou 11, caractérisée en ce que sa largeur est supérieure à 2200 mm.
- 40 13. Utilisation de tôles selon l'une quelconque des revendications 1 à 12 pour la fabrication de citernes routières ou ferroviaires.
14. Utilisation de tôles selon l'une quelconque des revendications 1 à 12 pour la fabrication de conteneurs de transport routier, ferroviaire et/ou maritime.
- 45 15. Utilisation de tôles selon l'une quelconque des revendications 1 à 12 pour la fabrication de roues de voiture ou de camion soudées et/ou forgées.



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 96 42 0311

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
A	US-A-4 043 840 (SPERRY ET AL.) * le document en entier *	1-6	C22C21/06
A	EP-A-0 385 257 (SUMITOMO LIGHT METAL INDUSTRIES LTD.) * le document en entier *	1,9-11	
A	FR-A-2 029 307 (ALUMINUM COMPANY OF AMERICA) * le document en entier *	1-6,9-11	
A	& US-A-3 502 448 (ANDERSON ET AL.) * le document en entier *	1-6,9-11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			C22C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 3 Janvier 1997	Examineur Lippens, M
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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 antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande I : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)