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

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
2 décembre 2004 (02.12.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/104258 A1

(51) Classification internationale des brevets[7] : C22F 1/04, 1/047, 1/057

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2004/001176

(22) Date de dépôt international : 14 mai 2004 (14.05.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
03/06036 20 mai 2003 (20.05.2003) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **PECHINEY RHENALU** [FR/FR]; 7, place du Chancelier Adenauer, F-75116 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants *(pour US seulement)* : **EHRSTROM, Jean-Christophe** [FR/FR]; 5, place des Jacobins, F-38130 Echirolles (FR). **WARNER, Timothy** [GB/FR]; 62, rue de Bouvardière, F-38340 Voreppe (FR).

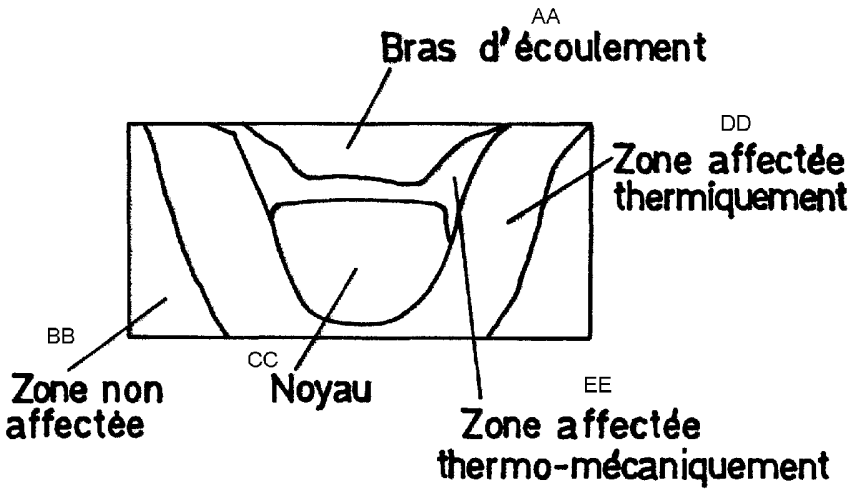
(74) Mandataire : **SCHMIDT, Martin, Peter**; Pechiney, 217, cours Lafayette, F-69451 Lyon Cedex 06 (FR).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR WELDING BY MEANS OF FRICTION - AGITATION OF ALUMINIUM ALLOY PARTS WITH HEAT TREATMENT PRIOR TO WELDING

(54) Titre : PROCEDE DE SOUDAGE PAR FRICTION AGITATION DE PIECES EN ALLIAGE D'ALUMINIUM AVEC TRAITEMENT THERMIQUE AVANT SOUDAGE



AA DISCHARGE ARM
BB NON-AFFECTED AREA
CC CORE
DD THERMALLY AFFECTED AREA
EE THERMO-MECHANICALLY AFFECTED AREA

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for the production of structurally hardening aluminium alloy parts comprising tool friction welding of at least two elements of the same alloy or different alloys, the placing of said welded parts in a solution and the hardening thereof, wherein the elements undergo heat treatment at a temperature T over a period whose duration is at least $2t_1$, prior to welding, whereby t_1 is defined as the minimum duration of treatment at temperature T resulting in a specific melting peak power, defined by AED, of less than 1 J/g. The method according to the invention avoids an increase in grain size when placed in a solution after welding.

[Suite sur la page suivante]

WO 2004/104258 A1

PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* **:** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— *relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii)) pour la désignation suivante US*

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US seulement*

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale*

— *avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : L'invention a pour objet un procédé de fabrication de pièces en alliage d'aluminium à durcissement structural comportant le soudage par friction à l'outil d'au moins deux éléments du même alliage ou d'alliages différents, la mise en solution et la trempe des pièces soudées, dans lequel les éléments sont soumis avant soudage à un traitement thermique à une température T d'une durée d'au moins $2t_1$, t_1 étant définie comme la durée minimale d'un traitement à la température T conduisant à une énergie spécifique du pic de fusion, définie par AED, de moins de 1 J/g. Le procédé selon l'invention évite le grossissement du grain lors de la mise en solution postérieure au soudage.

PROCÉDÉ DE SOUDAGE PAR FRICTION AGITATION DE PIÈCES EN ALLIAGE D'ALUMINIUM AVEC TRAITEMENT THERMIQUE AVANT SOUDAGE

Domaine de l'invention

L'invention concerne un procédé fabrication de pièces en alliage d'aluminium à durcissement structural obtenues par soudage par friction à l'outil, appelé également soudage par friction-malaxage (en anglais « friction stir welding » ou FSW). On désigne par alliages d'aluminium à durcissement structural les alliages des séries 2xxx (Al-Cu), 4xxx (Al-Si), 6xxx (Al-Si-Mg), 7xxx (Al-Zn-Mg ou Al-Zn-Mg-Cu) ou 8xxx (Al-Li-Cu) selon la nomenclature de l'Aluminum Association. Ces alliages sont durcis par un traitement thermique comportant une mise en solution, une trempe et, le cas échéant, un revenu.

Etat de la technique

Le soudage par friction à l'outil a été initié, au début des années 1990, par TWI (The Welding Institute) au Royaume-Uni, et a connu un développement rapide dans le domaine de l'assemblage des alliages d'aluminium. Son principe consiste à obtenir un soudage sans fusion par un fort cisaillement du métal au moyen d'un outil rotatif qui mélange les deux matériaux à assembler. La diminution de la contrainte d'écoulement est obtenue tout d'abord par un échauffement du métal par frottement d'un patin (« shoulder ») en surface du métal avant le déplacement de l'outil qui conduit de proche en proche au soudage. Le patin permet également de contenir le métal et de maintenir une pression en évitant l'éjection du métal en dehors de la zone soudée.

Le procédé permet d'éviter les problèmes de fissuration à chaud, ce qui permet notamment de souder des alliages considérés comme non soudables par fusion, comme par exemple les alliages 2xxx au magnésium ou les alliages 7xxx au cuivre, qui sont les alliages utilisés habituellement dans la construction aéronautique.

La structure métallurgique à l'intérieur et autour de la zone soudée par friction à l'outil offre un faciès très caractéristique et nettement différent de celui d'une soudure par fusion. En dehors des zones éloignées de la soudure qui restent totalement non affectées, on peut distinguer 3 zones distinctes, comme indiqué à la figure 1 :

- la zone ayant subi la déformation plastique la plus sévère est appelée le noyau (« nugget »). Elle présente une microstructure recristallisée très fine et relativement équiaxe, avec des décorations significatives aux joints de grain. En cours de soudage, la température peut atteindre 560°C dans cette zone. Elle présente par ailleurs une structure annulaire du type peau d'oignon. La largeur du noyau est généralement un peu supérieure au diamètre de l'outil.
- La seconde zone, située de part et d'autre du noyau est la zone affectée thermo-mécaniquement, qui a été déformée dans une moindre mesure, et qui peut, selon les alliages, montrer des signes de recristallisation.
- La troisième zone, située au dessus du noyau, est appelée « bras d'écoulement ». Elle est formée par l'effet de rotation du patin de l'outil.

Différentes configurations d'assemblage sont possibles, mais la plus couramment utilisée est le soudage bout à bout.

A l'issue du soudage par friction, les grains situés dans la noyau sont très petits, typiquement de l'ordre de quelques micromètres. Ces grains très fins contiennent à l'état brut de soudage une grande quantité d'énergie aux joints de grains de la zone soudée et de la zone affectée thermiquement, qui rend la microstructure instable.

Le point faible de toute pièce soudée, quel que soit le procédé utilisé, est la zone affectée thermiquement. Pour éliminer ce point faible, il est connu de procéder à une mise en solution du joint soudé de manière à retrouver une résistance mécanique élevée en tout point. Lors de cette mise en solution, l'énergie aux joints de grains peut être libérée. On constate alors que, dans le noyau et la zone d'écoulement, la dimension moyenne des grains a fortement augmenté, et peut atteindre plusieurs mm. Ce grossissement incontrôlé du grain est dû à une recristallisation dite secondaire. L'article de Kh. A. A. Hassan et al. « Stability of nugget zone grain structures in high-strength Al-alloy friction stir welds during solution treatment », publié dans Acta Materialia, vol. 51, 2003, pp. 1923-1936, décrit bien cette croissance anormale

de la taille des grains, et indique comme solutions d'augmenter, soit la densité des dispersoïdes, conduisant à freiner ou bloquer ce processus de croissance, soit la quantité de chaleur générée par le soudage, conduisant à un grain moins fin à l'issue du soudage, renfermant une quantité moins élevée d'énergie stockée.

Une telle structure à grains grossiers n'est guère favorable à un bon comportement mécanique, notamment en ce qui concerne la ductilité, la ténacité et la tenue en fatigue, ce qui rend problématique toute mise en forme ultérieure et conduit à des ruptures intergranulaires. Le procédé selon l'invention a pour but de remédier à cet inconvénient.

Objet de l'invention

L'invention a pour objet un procédé de fabrication de pièces en alliage d'aluminium à durcissement structural comportant le soudage par friction à l'outil d'au moins deux éléments du même alliage ou d'alliages différents, la mise en solution et la trempe des pièces soudées, dans lequel les éléments sont soumis avant soudage à un traitement thermique à une température T d'une durée d'au moins $2t_1$, t_1 étant définie comme la durée minimale d'un traitement à la température T conduisant à une énergie spécifique du pic de fusion, définie par AED, de moins de 1 J/g, et de préférence moins de 0,5 J/g, et plus préférentiellement moins de 0,1 J/g.

La température T est généralement inférieure d'au plus 20°C à la température de brûlure de l'alliage, ou, dans le cas d'alliages différents, de la température de brûlure la plus basse de ces alliages

Dans le cas où la température de brûlure est inférieure à 500°C, la durée du traitement est d'au moins 24 h, et de préférence d'au moins 48 h.

L'invention a également pour objet une pièce constituée d'au moins deux éléments en alliage d'aluminium à durcissement structural soudés par friction à l'outil, et traitée après soudage par mise en solution et trempe, caractérisée en ce que la taille de grains dans la zone soudée après mise en solution et trempe est inférieure à 200 µm.

Description des figures

La figure 1 représente les différentes zones du joint soudé par friction à l'outil.

Description de l'invention

Les désignations des alliages normalisés suivent les règles de The Aluminum Association. Les concentrations des éléments chimiques sont exprimées en pourcent massique.

L'invention consiste essentiellement à réaliser avant soudage un traitement thermique très poussé destiné à provoquer la coalescence des dispersoïdes, d'une durée significativement plus longue que la durée habituelle d'homogénéisation ou de mise en solution pour le même alliage. Pour être efficace, le traitement thermique selon l'invention doit se faire à une température T et avoir une durée d'au moins $2t_1$, t_1 étant la durée typique de mise en solution, définie comme la durée d'un traitement à la température T conduisant à une énergie spécifique du pic de fusion, déterminée par analyse enthalpique différentielle (AED) inférieure en valeur absolue à 1 J/g, de préférence 0,5 J/g, et encore plus préférentiellement 0,1 J/g.

La température T est généralement aussi voisine que possible de la température dite de « brûlure » de l'alliage, tout en évitant d'atteindre cette température. Pratiquement, l'écart avec la température de brûlure doit, dans la plupart des cas, rester inférieur à 20°C.

Dans le cas où les éléments à souder sont en alliages différents, c'est la température de brûlure la plus basse qui doit être prise en compte. Pour les alliages dont la température de brûlure est inférieure à 500°C, la durée du traitement doit être de plus de 24 h, et de préférence de plus de 48 h.

L'invention peut être appliquée à tous les alliages d'aluminium à traitement thermique, mais de manière préférée à ceux dont la température de mise en solution optimale ne dépasse pas environ 500°C. On préfère les alliages de type Al-Zn-Cu-Mg (notamment ceux de la série 7xxx) et Al-Cu-Mg (série 2xxx) aux alliages de type Al-Cu-Mg-Li à forte teneur en lithium (supérieure à environ 1,2%) et aux alliages de la série 6xxx.

Le traitement thermique selon l'invention peut se situer à n'importe quel stade de la gamme de fabrication en amont du soudage. Il peut consister en une homogénéisation prolongée avant laminage, filage ou forgeage, en un réchauffage intermédiaire entre deux passes de laminage à chaud ou de forgeage, ou en un traitement du demi-produit laminé, filé ou forgé avant soudage. L'expérience montre de plus que les meilleurs résultats sont obtenus lorsque le maximum d'éléments d'addition se trouve en solution solide dans l'aluminium. On peut encore améliorer la structure métallurgique après soudage en limitant la teneur en dispersoïdes, par exemple en choisissant des compositions chimiques à faible taux d'éléments anti-recristallisants (Mn, Cr, Zr, Hf, V, Sc). Par exemple, pour un alliage de type 2024, il est préférable de limiter la teneur en manganèse à moins de 0,3% (dans ce cas, la composition de l'alliage ne correspond plus à la composition normalisée de l'alliage 2024, mais uniquement pour ce qui concerne la teneur en manganèse), et pour les alliages de la série 7xxx au cuivre, de limiter la teneur en chrome à moins de 0,15%, et la teneur en zirconium à moins de 0,09%. On entend par « alliage de la série 7xxx au cuivre » un alliage normalisé pour lequel la norme de composition spécifie une valeur minimale pour la concentration en cuivre (par exemple les alliages de type 7x49 : 7049, 7149, 7249, 7349, 7449, les alliages 7050, 7055, 7150, 7060, 7075, 7175, 7475), ou d'une manière plus générale un alliage de type Al-Zn-Mg-Cu présentant une teneur en cuivre d'au moins environ 0,5%.

Dans un mode de réalisation préféré de la présente invention, on transforme l'alliage à chaud (typiquement par laminage, filage ou forgeage), on effectue le traitement thermique destiné à provoquer la coalescence des dispersoïdes, on laisse refroidir à l'air, on effectue le soudage par friction à l'outil, et on effectue sur la pièce soudée un traitement de mise en solution suivi d'une trempe et d'un revenu.

La pièce soudée peut être réalisée à partir de tôles, de profilés ou de produits forgés. Ces produits peuvent être à l'état brut de fabrication (état F) ou à l'état traité par mise en solution, trempe et éventuellement revenu (états T3, T6 ou T7). Si on soude des tôles à l'état traité, c'est-à-dire ayant déjà subi une mise en solution dans les conditions habituelles, on constate que cette mise en solution est insuffisante pour obtenir une structure à grains fins après un traitement postérieur au soudage.

On observe généralement en cours de soudage la formation d'oxydes au cœur de la zone soudée. Ces oxydes peuvent être préjudiciables à la bonne tenue mécanique de la soudure. Pour éviter cette oxydation, il est avantageux de réaliser le soudage sous un balayage de gaz neutre.

Le procédé selon l'invention permet d'obtenir des pièces soudées par friction en alliage d'aluminium à durcissement structural qui, soumises après soudage à un traitement de mise en solution, trempe et revenu, présentent une zone soudée dans laquelle la taille de grains reste relativement homogène et inférieure à 200 µm, ce qui permet d'obtenir à la fois une bonne tenue en fatigue, une ténacité améliorée et une ductilité satisfaisante.De telles pièces peuvent être utilisées pour la fabrication d'éléments de structure en construction aéronautique.

Exemples

Exemple 1

On a fabriqué des tôles en alliage 7449 de composition (% en poids) :

Zn	Mg	Cu	Si	Fe	Zr	Cr	Ti
8,11	2,19	1,94	0,04	0,07	0,09	0,005	0,025

par coulée semi-continue d'une plaque, homogénéisation de 30 mn à une température de 475°C et laminage à chaud jusqu'à une épaisseur de 10 mm. On a découpé des tôles de format 260 x 1000 mm. Ces tôles ont été traitées à l'état T651 par mise en solution de 1/2 h à 474°C, une trempe à l'eau froide, une traction contrôlée à 2,5% d'allongement permanent et un revenu de 48 h à 120°C.

Les tôles ont été soudées bout à bout par friction à l'aide d'une machine ESAB type « Superstir ». La tête de l'outil était inclinée de 2,5 degrés. La vitesse de rotation de l'outil était de 150 t/mn et sa vitesse d'avance de 200 mm/mn.

Les tôles assemblées ont été soumises, après soudage, à un traitement thermique comportant une mise en solution de 30 mn à 474°C, suivie d'une trempe à l'eau

froide (20°C). Une micrographie d'échantillons de la zone soudée traités par oxydation anodique pour révéler la structure granulaire fait apparaître une structure recristallisée à grains de taille supérieure à 200 µm, avec une forte dispersion, certains grains pouvant atteindre plusieurs mm.

Exemple 2

Des tôles identiques à celles qui ont été soudées dans l'exemple 1 ont été soumises à un traitement d'homogénéisation de 72 h à 474°C. Elles ont été soudées dans les mêmes conditions que celles de l'exemple 1.

La micrographie de la zone soudée révèle une structure cristalline fine avec une taille de grains relativement homogène, comprise entre 50 et 200 µm, avec une moyenne de l'ordre de 120 µm.

Revendications

1. Procédé de fabrication de pièces en alliage d'aluminium à durcissement structural comportant le soudage par friction à l'outil d'au moins deux éléments du même alliage ou d'alliages différents, la mise en solution et la trempe des pièces soudées, dans lequel les éléments sont soumis avant soudage à un traitement thermique, à une température T d'une durée d'au moins $2t_l$, t_l étant définie comme la durée minimale d'un traitement à la température T conduisant à une énergie spécifique du pic de fusion, définie par AED, de moins de 1 J/g.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'énergie spécifique du pic de fusion est de moins de 0,5 J/g.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'énergie spécifique du pic de fusion est de moins de 0,1 J/g.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la température T est inférieure d'au plus 20°C à la température de brûlure de l'alliage, ou, dans le cas d'alliages différents, de la température de brûlure la plus basse de ces alliages.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la température de brûlure de l'alliage est inférieure à 500°C et que la durée du traitement est d'au moins 24 h.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que la durée de traitement est d'au moins 48 h.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le traitement thermique se situe au stade de l'homogénéisation avant laminage, filage ou forgeage.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le traitement thermique est un réchauffage entre deux passes de laminage, filage ou forgeage.

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le traitement thermique est effectué sur le demi-produit laminé ou forgé avant le soudage.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que le traitement thermique est suivi d'une trempe.

11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que l'un au moins des alliages est du type 2024 et que sa teneur pondérale en manganèse est inférieure à 0,3%.

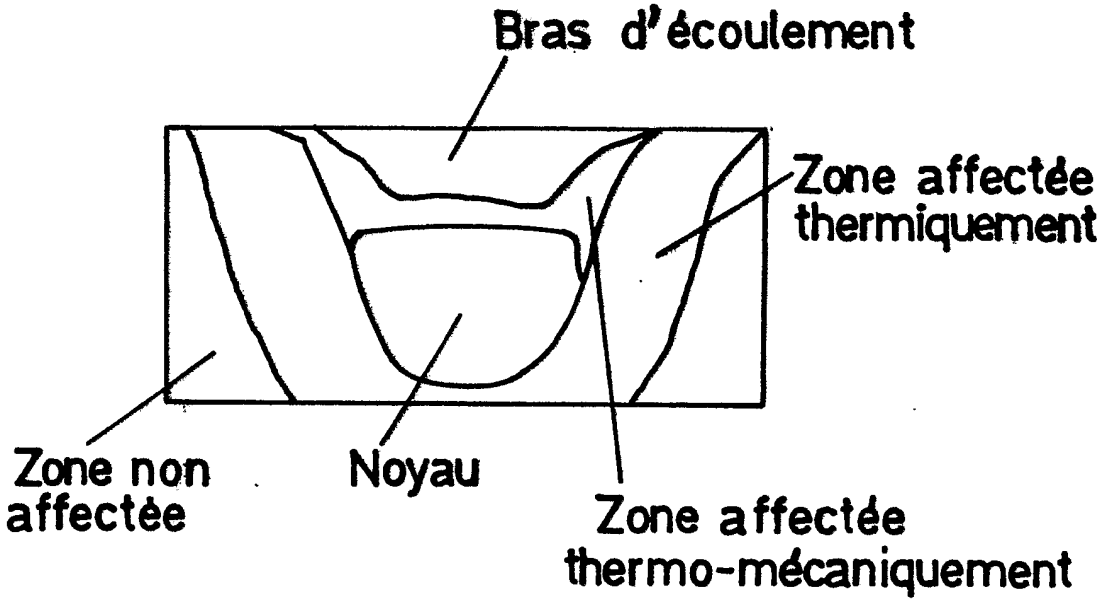
12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que l'un au moins des alliages est un alliage de la série 7xxx au cuivre, que sa teneur pondérale en chrome est inférieure à 0,15% et que sa teneur pondérale en zirconium est inférieure à 0,09%.

13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel la teneur en cuivre est d'au moins 0,5%.

14. Procédé selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que la surface des éléments à souder est balayée avec un gaz neutre pendant le soudage.

15. Pièce constituée d'au moins deux éléments en alliage d'aluminium à durcissement structural soudés par friction à l'outil et traitée après soudage par mise en solution et trempe, caractérisée en ce que la taille de grains dans la zone soudée après mise en solution et trempe est inférieure à 200 µm.

16. Utilisation d'une pièce selon la revendication 15 en construction aéronautique.


Bras d'écoulement
Zone affectée thermiquement
Zone non affectée
Noyau
Zone affectée thermo-mécaniquement

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2004/001176

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 C22F1/04 C22F1/047 C22F1/057

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)
IPC 7 B23K C22F

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 practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X,P	EP 1 334 793 A (BOEING CO) 13 August 2003 (2003-08-13) paragraphs '0018!, '0020!, '0023! - '0025!, '0036!; claim 1	15,16
X	US 6 168 067 B1 (D.J. WALDRON ET AL) 2 January 2001 (2001-01-02) column 1, line 66 - column 2, line 14	1-3,14
Y	column 3, line 48 - column 7, line 40; figures 2a-d,4,5	4,5, 7-10,12, 13
Y	US 5 560 789 A (P. SAINFORT ET AL) 1 October 1996 (1996-10-01) column 1, line 52 - column 2, line 42; claims 1,2,8-12; example 1	4,5, 7-10,12, 13

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in 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 document 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	Date of mailing of the international search report
8 October 2004	14/10/2004

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Jeggy, T

3

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2004)

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 127 952 A (GERZAT METALLURG) 29 August 2001 (2001-08-29) paragraphs '0010! - '0013!, '0017! - '0021!	1-10
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 12, 3 January 2001 (2001-01-03) & JP 2000 237882 A (SKY ALUM CO LTD), 5 September 2000 (2000-09-05) abstract	15
A	HATCH J E: "ALUMINUM PROPERTIES AND PHYSICAL METALLURGY, PASSAGE" ALUMINUM. PROPERTIES AND PHYSICAL METALLURGY, OHIO, AMERICAN SOCIETY FOR METALS, US, 1984, pages 1-4, XP000889406 the whole document	1-3
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 05, 12 May 2003 (2003-05-12) & JP 2003 027170 A (KOBE STEEL LTD), 29 January 2003 (2003-01-29) abstract	1-3
A	FR 2 748 035 A (PECHINEY RHENALU) 31 October 1997 (1997-10-31) example	2-3

3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/FR2004/001176

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1334793 A	13-08-2003	US 2003116608 A1	26-06-2003
		CA 2411133 A1	26-06-2003
		EP 1334793 A1	13-08-2003
		JP 2003236681 A	26-08-2003
US 6168067 B1	02-01-2001	NONE	
US 5560789 A	01-10-1996	FR 2716896 A1	08-09-1995
		CA 2143551 A1	03-09-1995
		DE 670377 T1	04-11-1999
		EP 1464719 A1	06-10-2004
		EP 0670377 A1	06-09-1995
		NO 950591 A	04-09-1995
EP 1127952 A	29-08-2001	FR 2805282 A1	24-08-2001
		AU 773692 B2	03-06-2004
		AU 2121501 A	30-08-2001
		CA 2337625 A1	23-08-2001
		EP 1127952 A1	29-08-2001
		JP 2001303221 A	31-10-2001
		US 2001039982 A1	15-11-2001
		ZA 200101099 A	14-08-2001
JP 2000237882 A	05-09-2000	NONE	
JP 2003027170 A	29-01-2003	NONE	
FR 2748035 A	31-10-1997	FR 2748035 A1	31-10-1997
		DE 69702133 D1	29-06-2000
		DE 69702133 T2	09-11-2000
		EP 0896637 A1	17-02-1999
		ES 2146467 T3	01-08-2000
		WO 9741272 A1	06-11-1997

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/FR2004/001176

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 C22F1/04 C22F1/047 C22F1/057

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)
CIB 7 B23K C22F

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 réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, PAJ, 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
X,P	EP 1 334 793 A (BOEING CO) 13 août 2003 (2003-08-13) alinéas '0018!, '0020!, '0023! - '0025!, '0036!; revendication 1	15,16
X	US 6 168 067 B1 (D.J. WALDRON ET AL) 2 janvier 2001 (2001-01-02) colonne 1, ligne 66 - colonne 2, ligne 14	1-3,14
Y	colonne 3, ligne 48 - colonne 7, ligne 40; figures 2a-d,4,5	4,5, 7-10,12, 13
Y	US 5 560 789 A (P. SAINFORT ET AL) 1 octobre 1996 (1996-10-01) colonne 1, ligne 52 - colonne 2, ligne 42; revendications 1,2,8-12; exemple 1	4,5, 7-10,12, 13

-/--

[X] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[X] 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'appartenenant 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'inven tion revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'inven tion 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	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
8 octobre 2004	14/10/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Jeggy, T

3

Formulaire PCT/ISA/210 (deuxième feuille) (Janvier 2004)

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 1 127 952 A (GERZAT METALLURG) 29 août 2001 (2001-08-29) alinéas '0010! - '0013!, '0017! - '0021!	1-10
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 12, 3 janvier 2001 (2001-01-03) & JP 2000 237882 A (SKY ALUM CO LTD), 5 septembre 2000 (2000-09-05) abrégé	15
A	HATCH J E: "ALUMINUM PROPERTIES AND PHYSICAL METALLURGY, PASSAGE" ALUMINUM. PROPERTIES AND PHYSICAL METALLURGY, OHIO, AMERICAN SOCIETY FOR METALS, US, 1984, pages 1-4, XP000889406 le document en entier	1-3
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 05, 12 mai 2003 (2003-05-12) & JP 2003 027170 A (KOBE STEEL LTD), 29 janvier 2003 (2003-01-29) abrégé	1-3
A	FR 2 748 035 A (PECHINEY RHENALU) 31 octobre 1997 (1997-10-31) exemple	2-3

3

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements rela ux membres de familles de brevets

Demande internationale No
PCT/FR2004/001176

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
EP 1334793	A	13-08-2003	US	2003116608 A1	26-06-2003
			CA	2411133 A1	26-06-2003
			EP	1334793 A1	13-08-2003
			JP	2003236681 A	26-08-2003
US 6168067	B1	02-01-2001	AUCUN		
US 5560789	A	01-10-1996	FR	2716896 A1	08-09-1995
			CA	2143551 A1	03-09-1995
			DE	670377 T1	04-11-1999
			EP	1464719 A1	06-10-2004
			EP	0670377 A1	06-09-1995
			NO	950591 A	04-09-1995
EP 1127952	A	29-08-2001	FR	2805282 A1	24-08-2001
			AU	773692 B2	03-06-2004
			AU	2121501 A	30-08-2001
			CA	2337625 A1	23-08-2001
			EP	1127952 A1	29-08-2001
			JP	2001303221 A	31-10-2001
			US	2001039982 A1	15-11-2001
			ZA	200101099 A	14-08-2001
JP 2000237882	A	05-09-2000	AUCUN		
JP 2003027170	A	29-01-2003	AUCUN		
FR 2748035	A	31-10-1997	FR	2748035 A1	31-10-1997
			DE	69702133 D1	29-06-2000
			DE	69702133 T2	09-11-2000
			EP	0896637 A1	17-02-1999
			ES	2146467 T3	01-08-2000
			WO	9741272 A1	06-11-1997