(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 538 412**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **83 20694**

(51) Int Cl³ : C 22 C 21/00.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 23 décembre 1983.

(30) **Priorité** JP, 27 décembre 1982, n° 57-232558.

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** BOPI « Brevets » n° 26 du 29 juin 1984.

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *Société dite : SUMITOMO LIGHT METAL INDUSTRIES, LTD, société régie par les lois japonaises.* — JP.

(72) **Inventeur(s) :** Yoshio Baba, Teruo Uno et Hideo Yoshida.

(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire(s) :** Orès.

(54) Alliage d'aluminium pour des structures ayant une résistivité électrique élevée.

(57) La présente invention est relative à un alliage d'aluminium pour des structures à résistivité électrique élevée.

Cet alliage se caractérise en ce qu'il comprend essentiellement 1,0 à 5,0 % en poids de Li; un ou plusieurs éléments choisis dans le groupe consistant en 0,05 à 0,20 % en poids de Ti, 0,05 à 0,40 % en poids de Cr, 0,05 à 0,30 % en poids de Zr, 0,05 à 0,35 % en poids de V et 0,05 à 0,30 % en poids de W; le restant étant formé par de l'aluminium avec des impuretés qui sont inévitablement incluses dans l'alliage.

Application aux alliages à résistivité électrique élevée.

FR 2 538 412 - A1

La présente invention est relative à des alliages d'aluminium (Al) ayant une résistivité électrique accrue, utilisables pour des structures.

Des alliages d'aluminium de l'Art antérieur sont connus en tant qu'alliages à faible résistivité électrique, c'est-à-dire à excellente conductivité électrique et en conséquence, ils ont été utilisés comme matériaux pour des fils électriques ou similaires. Ces dernières années, cependant, il y a eu une demande pour un alliage d'aluminium qui présente une résistivité électrique élevée pour de nouvelles applications, comme matériaux de structure dans la technologie des véhicules à moteur linéaire, réacteurs à fusion nucléaire comme un tokamak, etc., parce que ces matériaux de structure sont soumis à un champ ferromagnétique.

Ainsi que cela est connu, l'utilisation d'un alliage d'aluminium dans un champ ferromagnétique provoque la production d'un courant induit. La magnitude de ce courant induit augmente proportionnellement à une conductivité électrique spécifique de l'alliage d'aluminium. Par exemple, un élément électriquement conducteur fixe en forme de colonne de longueur suffisante, est soumis à un champ magnétique H uniformément dans sa direction longitudinale le long de sa ligne centrale, le champ magnétique H étant amplifié à la vitesse de dH/dt, la densité J d'un courant à travers l'élément conducteur dans sa direction circonférentielle, est obtenue à l'aide de la formule suivante :

$$J = -\frac{\mu r \sigma}{2} \cdot \frac{dH}{dt}$$

où μ = perméabilité magnétique,

σ = conductivité électrique spécifique, et

r = rayon de l'élément conducteur en forme de colonne.

En moyenne, le matériau conducteur dans lequel le courant est induit sous l'effet du champ magnétique externe, est soumis à une force magnétique relativement grande dans la direction déterminée conformément à la règle de la main gauche

de Fleming. Pour réduire cette force, il faut donc un alliage d'aluminium ayant une résistivité électrique aussi élevée que possible.

A la lumière de la situation de l'Art décrit plus haut, la Demanderesse a constaté à la suite de recherches et d'études, qu'une combinaison astucieuse d'éléments d'alliage fournit un alliage d'aluminium qui présente une résistivité électrique accrue, en particulier qui n'est pas inférieure à 6,9 μΩ.cm, plus particulièrement 8,6 μΩ.cm et une résistance à la traction améliorée, qui est une propriété requise pour des matériaux de structure. Ainsi, la présente invention est réalisée.

En conséquence, la présente invention a pour principal objet de fournir un alliage d'aluminium pour des structures présentant une résistivité électrique accrue.

Un autre objet de la présente invention est de fournir un matériau de structure consistant en un alliage d'aluminium ayant une résistance à la traction élevée ainsi qu'une forte résistivité électrique, en particulier un matériau de structure tel qu'il peut être utilisé de façon appropriée à des emplacements soumis à l'influence d'un champ ferromagnétique.

Pour atteindre ces objets, on choisit des ingrédients d'un alliage d'aluminium conforme à la présente invention de telle sorte que l'alliage d'aluminium comprenne essentiellement : 1,0 à 5,0 % en poids de lithium (Li), un ou plusieurs éléments choisis dans le groupe consistant en titane (Ti) en une quantité ne dépassant pas 0,20 % en poids, 0,05 à 0,40 % en poids de chrome (Cr), 0,05 à 0,30 % en poids de zirconium (Zr), 0,05 à 0,35 % en poids de vanadium (V) et 0,05 à 0,30 % en poids de tungstène (W) ; le restant étant de l'aluminium (Al) avec des impuretés qui se trouvent inévitablement incluses dans l'alliage.

Conformément à un autre aspect de la présente invention, l'alliage d'aluminium peut comprendre de plus, 0 à 5,0 %

en poids de manganèse (Mn). Cet alliage d'aluminium présente avantageusement une résistivité électrique d'au moins 6,9 μΩ.cm (équivalent à une conductivité IACS ne dépassant pas 25 %) et même 8,6 μΩ.cm (équivalent à une conductivité IACS ne dépassant pas 20 %) et une résistance à la traction σ_B d'au moins 15 kg/mm^2 ou même 20 kg/mm^2 ou plus.

Conformément à un autre aspect de la présente invention, l'alliage d'aluminium peut comprendre, à la place d'un élément supplémentaire Mn indiqué ci-dessus, 0,05 à 5,0 % en poids de cuivre (Cu) et/ou 0,05 à 8,0 % en poids de magnésium (Mg).

Conformément à la présente invention, les propriétés de l'alliage d'aluminium peuvent être encore améliorées par addition de quantités prédéterminées de cuivre (Cu) et/ou de magnésium (Mg) en plus du manganèse. De façon plus spécifique, un alliage d'aluminium également fourni conformément à un autre aspect de la présente invention, peut comprendre essentiellement : 1,0 à 5,0 % en poids de lithium et 0,05 à 5,0 % en poids de cuivre et/ou 0,05 à 8,0 % en poids de magnésium ; un ou plusieurs éléments choisis dans le groupe consistant en 0,05 à 0,20 % en poids de titane, 0,05 à 0,40 % en poids de chrome, 0,05 à 0,30 % en poids de zirconium, 0,05 à 0,35 % en poids de vanadium et 0,05 à 0,30 % en poids de tungstène ; pas plus de 5,0 % en poids de manganèse ; et le restant étant constitué par de l'aluminium, avec des impuretés inévitablement présentes. Dans ce cas, l'alliage d'aluminium en question fournit une résistivité électrique d'au moins 6,9 μΩ.cm et même 8,6 μΩ.cm et une résistance à la traction σ_B d'au moins 20 kg/mm^2, en particulier 30 kg/mm^2 et même 35 kg/mm^2 ou plus.

L'élément Li inclus dans l'alliage conforme à la présente invention, est un composant qui est essentiel pour conférer à l'alliage sa résistivité électrique accrue. Pour que cet élément Li exerce un effet suffisant sur l'alliage d'Al, sa teneur doit être d'au moins 1,0 % en poids (les te-

neurs indiquées ci-après sont toutes données en pourcentages en poids). Si la teneur en Li est inférieure à cette limite inférieure, la résistance de l'alliage d'Al obtenu est réduite et une augmentation de la résistivité électrique de l'alliage peut ne pas être obtenue comme prévu. D'un autre côté, une teneur excessive en Li va tendre à provoquer la précipitation des composés associés du Li sur les frontières du grain, conduisant ainsi à la possibilité d'une diminution de la tenacité de l'alliage et à la création d'un problème lié à la difficulté de laminer l'alliage obtenu. Pour cette raison, la limite supérieure de la teneur en Li est fixée à 5,0 %. De préférence, la teneur en Li est maintenue dans une gamme allant de 1,0 % à 3,0 % pour une meilleure obtention des objets de la présente invention.

D'autres éléments d'alliage, Ti, Cr, Zr, V et W sont employés comme ingrédients pour accroître la résistivité électrique de l'alliage et raffiner celui-ci en réduisant la dimention de son grain, si bien qu'un lingot obtenu à partir de métal fondu coulé, issus de l'alliage d'Al conforme à la présente invention, est fourni avec une structure métallique à petites particules. Cette réduction du grain de la composition d'alliage confère à cet alliage les propriétés qui sont désirées pour des matériaux de structure. Cependant, les proportions des éléments d'alliage doivent être maintenues à l'intérieur des gammes suivantes :

Ti : pas plus de 0,20 %, de préférence pas plus de 0,06 % ;
Cr : 0,05 à 0,40 %, de préférence 0,05 à 0,20 % ;
Zr : 0,05 à 0,30 %, de préférence 0,05 à 0,20 % ;
V : 0,05 à 0,35 %, de préférence 0,05 à 0,20 % ; et
W : 0,05 à 0,30 %, de préférence 0,05 à 0,15 %.

L'utilisation de ces éléments au-delà de ces limites supérieures se traduit par la production de composés intermétalliques qui se séparent en cristaux de l'alliage, nuisant ainsi à la tenacité de l'alliage. Ainsi qu'il est indiqué plus haut, ces cinq éléments d'alliage peuvent être utilisés seuls

ou en combinaison de deux ou plusieurs de ces cinq éléments.

L'alliage d'Al décrit plus haut peut comprendre 0,01 à 0,3 % en poids de bismuth (Bi) pour améliorer l'aptitude à être travaillé à chaud de l'alliage et/ou 1 à 100 ppm en poids de béryllium (Be) pour prévenir l'oxydation du métal fondu pendant la coulée et améliorer l'aptitude à la coulée de l'alliage d'Al.

Un autre constituant d'alliage, Mn, sert non seulement, comme les cinq éléments mentionnés ci-dessus Ti, Cr, etc, à augmenter la résistivité électrique de l'alliage et à réduire la dimension du grain de celui-ci, mais aussi à renforcer l'alliage. Cet élément d'alliage Mn est utilisé en une quantité allant de 0,05 à 2,0 %. On note aussi que l'utilisation de Mn en une quantité supérieure à 2,0 % nuit à la tenacité de l'alliage obtenu.

Cependant lorsque l'alliage d'Al conforme à la présente invention est employé comme matériau pour des structures, tel qu'un réacteur à fusion nucléaire ou analogue, dans lesquelles une radioactivité résiduelle constitue un sujet de préoccupation, l'alliage ne comprend pas l'élément Mn, étant donné l'influence contraire reconnue, exercée par le Mn sur la quantité de radioactivité résiduelle, à savoir une inclusion de 1 % de Mn dans l'alliage d'Al provoque une radioactivité de 10^{-1} mrem/heure une année après une réaction de fusion nucléaire d'un mélange de deuterium et de tritium (laquelle sera dénommée dans ce qui va suivre "fusion D-T") et cette radioactivité n'est réduite qu'à son dixième, même après la fusion D.T.

Le ou les éléments d'alliage Mg et/ou Cu qui sont inclus en plus des autres éléments d'alliage indiqués jusqu'ici, sont des éléments servant effectivement à augmenter la résistivité électrique de l'alliage d'Al conforme à la présente invention. Une teneur excessive en ces éléments rend l'alliage d'Al ainsi obtenu difficile à traiter par laminage ou extrusion. Ainsi, les proportions de Mn et de Cu dans l'alliage d'Al sont

maintenues dans les gammes spécifiées. C'est-à-dire que la gamme de Cu va de 0,05 à 5,0 %, de préférence de 0,15 à 4,5 %, de façon plus avantageuse de 0,5 à 4,0 % et celle de Mg va de 0,05 à 8,0 %, de préférence de 0,5 à 6,5 %, de façon plus avantageuse de 2,0 à 6,0 %. On remarque que le Mg contribue plus que le Cu à améliorer la résistance de l'alliage d'Al en question. La résistance à la traction σ_B de l'alliage d'Al est d'environ 20 à 35 kg/mm^2 lorsque l'alliage comprend du Cu dans la gamme spécifiée de teneur, mais pas de Mg, tandis que celle de l'alliage qui inclut le Mg dans la gamme spécifiée, mais pas de Cu, est améliorée à une valeur d'au moins 35 kg/mm^2 et éventuellement jusqu'à une valeur aussi élevée que 40 kg/mm^2 ou même plus. Ainsi qu'il est indiqué plus haut, ces éléments d'alliage Cu et Mg, sont ajoutés seuls ou en association, selon les besoins.

L'alliage d'Al comprenant les éléments d'alliage indiqués plus haut conformément à la présente invention, est d'abord préparé sous la forme d'un alliage d'aluminium fondu qui est alors coulé, selon une méthode de coulée connue, classique en courant continu, en un lingot voulu d'alliage d'Al pour une utilisation en tant que matériaux de structure dans une large gamme d'applications. Ensuite, le lingot d'alliage coulé est soumis à un traitement thermique, dénommé traitement d'homogénéisation (imbibition) pour homogénéiser la structure coulée (éléments d'alliage de l'alliage). Successivement, le lingot est laminé à chaud et à froid selon des méthodes ordinaires et ensuite soumis, selon les besoins, à des traitements connus, tels qu'un traitement de mise en solution et un vieillissement. Ainsi, on traite le lingot pour produire un matériau de structure susceptible de satisfaire à l'application spécifique.

Dans le cas où l'on fabrique un matériau de structure avec un alliage d'Al sous forme de poudres qui sont produites au moyen d'un refroidissement rapide d'un alliage d'Al fondu, avec des méthodes telles que le laminage, l'atomisation

à travers des buses ultrasoniques ou une méthode centrifuge, il se peut que certains éléments comme Mn soient effectivement en solution, en une quantité relativement importante dans l'alliage d'Al. Les poudres ainsi obtenues par la méthode de refroidissement rapide peuvent être mises sous forme d'article en poudre par compression, suivi de dégazage et d'extrusion ou bien par forgeage ou laminage. L'article d'alliage d'Al préparé avec cette méthode, est avantageux en ce qui concerne sa résistivité électrique encore accrue.

L'alliage d'Al ainsi obtenu présente une résistivité électrique notablement augmentée, qui est en particulier d'au moins 6,9 $\mu\Omega$.cm (une conductivité IACS ne dépassant pas 25 %), plus particulièrement de 8,6 $\mu\Omega$.cm (une conductivité IACS ne dépassant pas 20 %) et une résistance à la traction améliorée σ_B, qui est d'au moins 20 kg/mm^2, en particulier 30 kg/mm^2, et même éventuellement 35 kg/mm^2, mettant ainsi en évidence des caractéristiques électriques et mécaniques améliorées, qui permettent à l'alliage d'Al conforme à la présente invention de servir avantageusement de matériaux de structure pour des véhicules à moteur linéaire et des réacteurs à fusion nucléaire, par exemple, qui sont soumis à l'action d'un champ ferromagnétique. Un alliage d'Al qui ne renferme pas de Mn, est particulièrement avantageux comme matériau de structure pour des récipients travaillant sous vide et des châssis de bobinages d'un réacteur à fusion nuclaire, parce que cet alliage d'Al est capable de réduire le niveau de résidu de radioactivité imparti au matériau sous l'effet de l'irradiation par des neutrons, pendant une combustion de D-T.

Outre les dispositions qui précèdent, l'invention comprend encore d'autres dispositions, qui ressortiront de la description qui va suivre.

L'invention sera mieux comprise à l'aide du complément de description qui va suivre, qui se réfère à des exemples de mise en oeuvre du procédé objet de la présente invention.

Il doit être bien entendu, toutefois, que ces exem-

ples de mise en oeuvre, sont donnés uniquement à titre d'illustration de l'objet de l'invention, dont ils ne constituent en aucune manière une limitation.

EXEMPLE 1

On fait fondre des matériaux pour différents alliages de Al-Li, consistant en éléments ou ingrédients indiqués dans le Tableau I, dans une atmosphère d'Ar (argon), en ajoutant du chlorure d'aluminium comme fondant. On coule chaque masse fondue en un lingot rectangulaire de 30 mm d'épaisseur et de 175 X 175 mm de côtés. Ce lingot est alors homogénéisé par un traitement thermique à 450°C dans une atmosphère contrôlée et laminé à chaud à 380°C en une feuille de 4 mm d'épaisseur. Ensuite, cette feuille laminée à chaud est laminée à froid jusqu'à une épaisseur de 2 mm.

Les feuilles laminées à froid sont découpées en éprouvettes pour l'étude de la résistivité électrique et de la résistance à la traction. Les éprouvettes sont soumises à un traitement thermique de mise en solution, à environ 500°C et enfin à un traitement de durcissement.

On évalue les caractéristiques électriques et la résistance à la traction des éprouvettes ainsi obtenues et ayant les diverses compositions d'alliage. Les mesures relevées sur des échantillons distincts, sont énumérées dans le Tableau II. Les caractéristiques électriques sont étudiées en termes de la conductivité IACS en pourcentage (International Annealed Copper Standard), et la résistivité électrique en fonction de la spécification B-193 ASTM (American Society for Testing Materials). On obtient cette résistivité en convertissant le pourcentage de conductivité IACS mesuré. La résistance à la traction est mesurée selon la spécification Z-2241 JIS (Japan Industrial Standard). Le pourcentage de conductivité IACS est l'inverse de la résistivité (ohm-centimètres). Par exemple, une conductivité de 20 % IACS est équivalente à 8,6 $\mu\Omega$.cm.

Les alliages d'Al comprenant le ou les éléments d'alliage Li et/ou Cu en une quantité excédant la limite supé-

rieure respective spécifiée conformément à la présente invention, se révèlent d'un traitement difficile, c'est-à-dire qu'ils tendent à se fissurer au cours de leur mise en forme. Il en résulte que les mesures des caractéristiques électriques et de résistance à la traction ne peuvent être réalisées. Aucun essai n'est effectué sur des échantillons qui incluent les autres éléments d'alliage, Ti, Mn, Cr, Zr, V, W, en une quantité dépassant les limites spécifiées, parce qu'il existe des particules d'une seconde phase, c'est-à-dire des composés intermétalliques géants de Al-Ti, Al-Mn, Al-Cr, Al-Zr, Al-V, Al-W, etc.

L'éprouvette n° 20 qui comprend du Mn en une quantité relativement importante, est obtenue par compactage, dégazage et extrusion de poudres en paillettes, préparées à partir d'un alliage fondu présentant la composition spécifiée, par solidification selon une méthode de refroidissement rapide (méthode du cylindre double). On a constaté que cette méthode de refroidissement rapide permet à l'alliage d'Al de contenir un maximum d'environ 5 % de Mn à l'état de solution solide.

Les évaluations des taux de radioactivité résiduelle détectés, indiquées dans le Tableau II, sont effectuées en fonction des mesures du taux résiduel détecté un mois après la réaction de D-T. Dans le tableau, un rond indique la gamme du résidu (inférieur à 10^{-2} mrem/heure), dans laquelle un taux de radioactivité au voisinage du matériau en alliage d'Al en question est pratiquement inoffensif pour l'être humain. Un triangle indique la gamme du résidu (10^{-1} à 10^{-2} mrem/heure), dans laquelle l'effet radioactif sur l'être humain doit être pris en considération. La croix indique la gamme (supérieure à 10^{-1} mrem/heure) dans laquelle un taux de radioactivité est si élevé qu'un être humain ne peut avoir accès, par exemple, à un récipient à vide d'un réacteur à fusion nucléaire fabriqué avec l'alliage d'Al en question.

Ainsi que le montrent les résultats fournis par le Tableau II, les échantillons d'alliage d'Al n° 1 à 22, compre-

nant les éléments d'alliage dans les gammes spécifiées, conformes à la présente invention, manifestent d'excellentes caractéristiques améliorées, telles qu'elles sont nécessaires pour des matériaux de structures, à savoir une conductivité IACS ne dépassant pas 20 %, c'est-à-dire une résistivité électrique d'au moins 20 kg/mm^2, (à l'exception de l'échantillon n° 19). On considère aussi que l'échantillon n° 19, dont la résistance à la traction est de 17,3 kg/mm^2, est assez solide pour être utilisé à titre de matériau de structure.

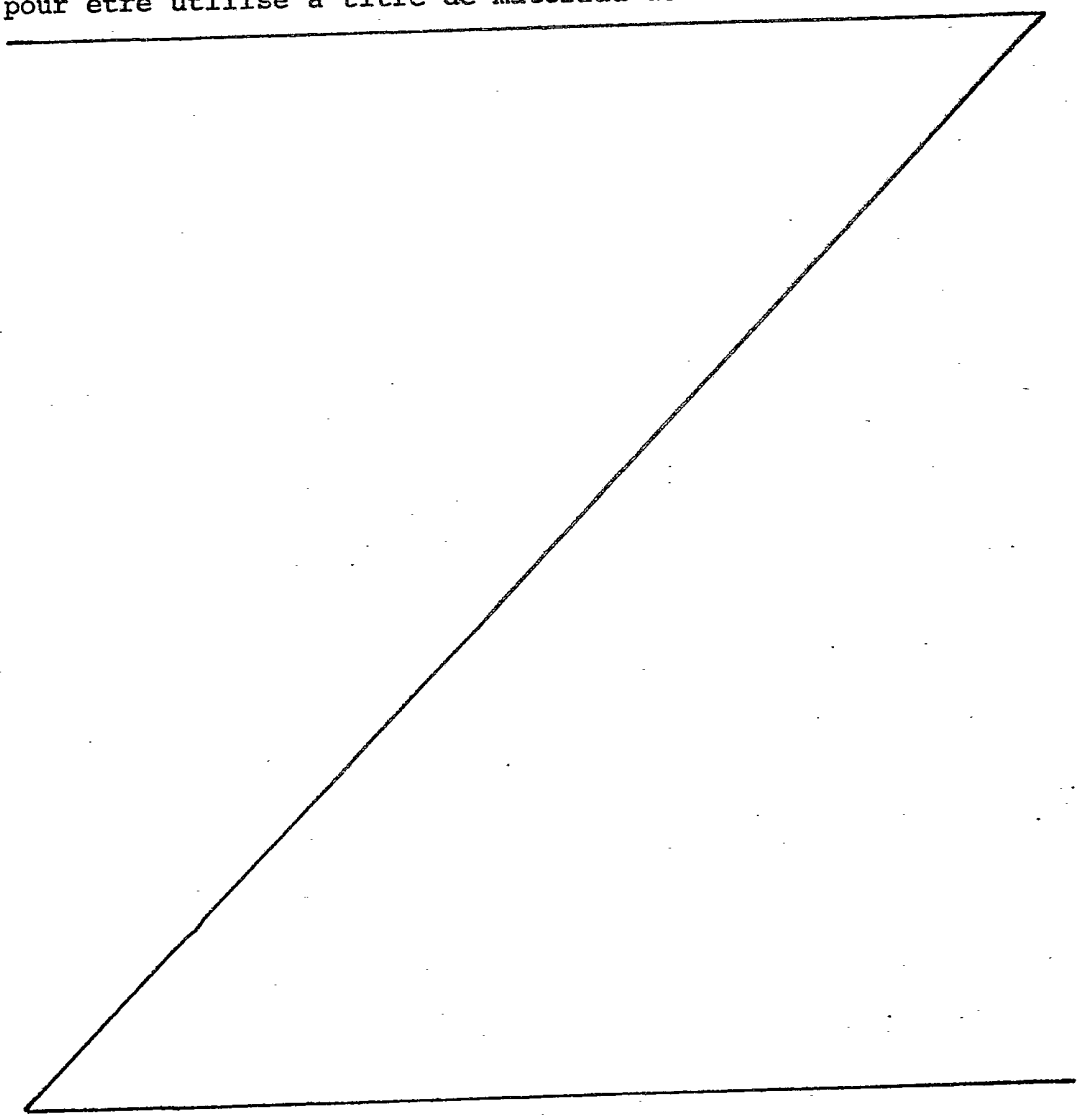


TABLEAU 1

échantillon n°	Teneurs (% en poids) en ingrédients								
	Li	Cu	Mn	Cr	Ti	Zr	V	W	Al
1	2,9	2,1	0,32	0,10	0,06	0,15	0,10	-	complément
2	2,7	2,2	-	0,10	0,06	0,16	0,10	-	"
3	2,8	2,2	0,31	0,10	0,06	0,16	-	-	"
4	2,7	2,1	0,31	0,11	0,06	-	0,10	-	"
5	2,6	2,3	0,32	-	0,06	0,16	0,10	-	"
6	2,9	2,4	0,31	0,10	-	0,16	0,10	-	"
7	3,2	2,1	0,31	0,10	0,06	-	-	0,11	"
8	2,7	2,5	0,30	0,10	0,01	0,17	-	-	"
9	2,8	2,2	0,30	0,10	-	-	0,11	-	"
10	3,1	2,1	0,31	-	0,06	0,17	-	-	"
11	3,0	2,4	0,31	-	0,06	-	0,10	-	"
12	3,1	2,1	0,30	-	0,01	0,20	0,15	-	"
13	2,8	2,1	0,30	0,22	-	-	-	-	"
14	2,7	2,0	0,31	-	0,15	-	-	-	"
15	2,7	2,3	0,31	-	0,02	0,18	-	-	"
16	3,2	2,0	0,31	-	-	-	-	0,15	"
17	3,1	0,8	0,25	0,09	0,06	0,16	0,11	-	"
18	4,0	-	-	0,10	0,06	0,15	0,11	-	"
19	1,5	-	-	0,20	0,06	0,16	0,10	-	"
20	3,2	-	2,6	-	-	0,10	-	-	"
21*	2,9	-	-	0,11	0,02	0,12	-	-	"
22*	2,7	2,4	-	0,10	0,02	0,13	-	-	"
23	3,0	5,3	-	0,08	0,06	0,15	-	-	"
24	5,2	2,2	-	0,15	0,06	0,18	-	-	"
25	3,2	-	-	0,45	-	-	-	-	"
26	3,2	-	-	-	-	0,35	-	-	"
27	3,1	-	-	-	-	-	-	0,41	"
28	0,8	-	-	0,10	0,01	0,15	-	-	"

*Note : L'échantillon n° 21 comprend de plus 0,05 % de Bi et 5 ppm de Be.

L'échantillon n° 22 comprend de plus 0,08 % de Bi et 7 ppm de Be.

TABLEAU 2

Echantillons n° 1 à 22 : Alliages d'Al conformes à la présente invention

Echantillons n° 23 à 28 : Alliages d'Al de comparaison.

échantillon n°	Méthode de traitement	caractéristiques électriques		résistance à la traction	taux de radioactivité résiduelle
		IACS %	μΩ·cm	(σ_B (kg/mm^2)	
1	Laminage	14,2	12,1	34,2	Δ
2	"	16,8	10,3	31,1	o
3	"	14,5	11,9	33,2	Δ
4	"	14,7	11,7	32,5	Δ
5	"	14,9	11,6	32,1	Δ
6	"	14,3	12,1	34,0	Δ
7	"	14,8	11,6	31,4	Δ
8	"	14,7	11,7	32,7	Δ
9	"	14,8	11,6	31,5	Δ
10	"	15,2	11,3	32,7	Δ
11	"	15,3	11,3	31,0	Δ
12	"	15,2	11,3	32,8	Δ
13	"	14,9	11,6	32,3	Δ
14	"	15,7	11,0	31,2	Δ
15	"	15,2	11,3	32,6	Δ
16	"	15,8	10,9	31,9	Δ
17	"	17,8	9,7	28,2	Δ
18	"	14,2	12,1	30,5	o
19	"	18,6	9,3	17,3	o
20	Extrusion	13,8	12,5	32,4	x
21	Laminage	17,8	9,7	27,4	o
22	"	16,9	10,2	31,6	Δ
23	(fissuré	-	-	-	-
24	pendant	-	-	-	-
25	le laminage	-	-	-	-
26	à chaud)	-	-	-	-
27	"	-	-	-	-
28	Laminage	22,5	7,7	14,6	o

EXEMPLE 2

Selon la procédure qui est décrite dans l'Exemple 1, on fait fondre des matériaux pour préparer différents alliages d'Al-Li-Mg, comprenant des éléments ou ingrédients indiqués dans le Tableau III et l'on coule chaque masse fondue en un lingot de dimensions prédéterminées. Ce lingot est alors traité à chaud pour être homogénéisé, laminé à chaud, puis laminé à froid en une feuille d'épaisseur prédéterminée. Les feuilles laminées à froid sont découpées en éprouvettes qui sont soumises à un traitement de mise en solution et enfin à un traitement de durcissement. Les éprouvettes obtenues et présentant diverses compositions d'alliage, sont testées pour évaluer leurs caractéristiques électriques et leur résistance à la traction. Les mesures fournies par des échantillons individuels, sont énumérées dans le Tableau IV. De même que l'échantillon n° 20 dans l'Exemple 1, l'échantillon n° 20 de cet exemple est obtenu à partir d'une poudre en paillettes, préparée par solidification selon une méthode de refroidissement rapide.

Ainsi que le montrent les résultats rassemblés dans le Tableau IV, l'inclusion de Mg en tant qu'élément d'un alliage d'Al contribue à améliorer la résistance à la traction de l'alliage, tandis qu'une conductivité IACS qui ne dépasse pas 20 %, est maintenue. De façon plus spécifique, les alliages d'Al comprenant du Mg manifestent une résistance à la traction d'au moins 40 kg/mm^2 et même d'au moins 45 kg/mm^2.

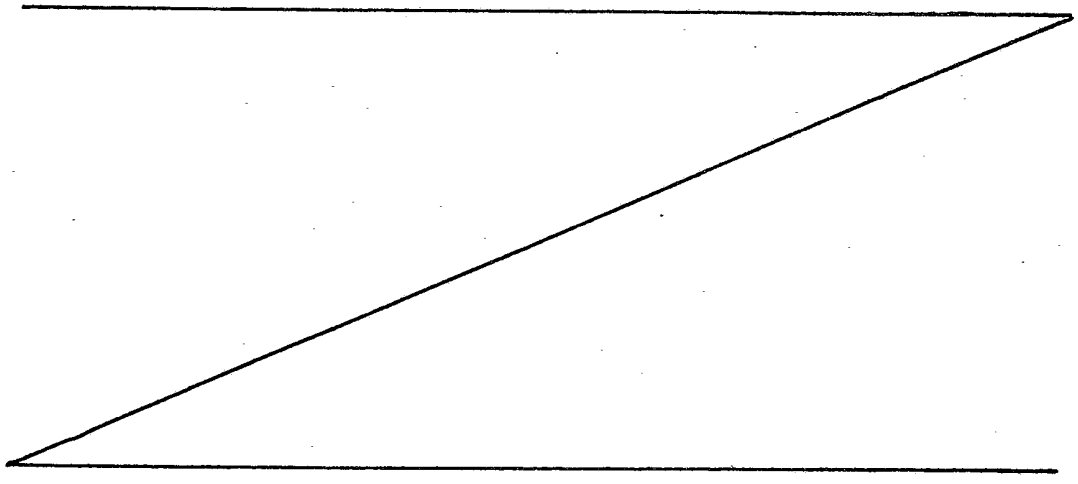


TABLEAU 3

échantillon n°	Teneurs (% en poids) en ingrédients									
	Li	Mg	Cu	Mn	Cr	Ti	Zr	V	W	Al
1	2,7	2,2	-	0,31	0,10	0,06	0,15	0,10	-	complément
2	2,8	2,3	-	-	0,11	0,06	0,15	0,10	-	"
3	2,8	2,2	-	0,30	0,10	0,06	0,15	-	-	"
4	2,6	2,4	-	0,30	0,10	0,06	-	0,10	-	"
5	2,7	2,1	-	0,31	-	0,06	0,15	0,10	-	"
6	2,9	2,2	-	0,32	0,10	0,01	0,15	0,10	-	"
7	2,9	2,0	-	0,31	0,10	0,06	-	-	0,10	"
8	3,1	2,2	-	0,31	0,11	0,01	0,16	-	-	"
9	3,0	2,2	-	0,30	0,11	0,01	-	0,10	-	"
10	3,2	2,3	-	0,31	-	0,06	0,15	-	-	"
11	2,8	2,1	-	0,31	-	0,06	-	0,10	-	"
12	2,9	2,0	-	0,31	-	0,01	0,21	0,20	-	"
13	3,0	2,3	-	0,30	0,23	-	-	-	-	"
14	2,7	2,0	-	0,31	-	0,15	-	-	-	"
15	2,9	2,0	-	0,30	-	-	0,20	-	-	"
16	3,1	2,1	-	-	-	-	-	0,16	-	"
17	2,3	4,6	-	-	-	-	0,15	-	-	"
18	1,4	6,1	-	-	0,10	0,06	0,15	-	-	"
19	2,7	2,2	2 4	-	0,10	0,06	0,14	-	-	"
20	3,2	2,0	-	2,5	-	-	0,22	-	-	"
21*	2,9	2,4	-	-	0,11	0,05	0,14	-	-	"
22	2,6	8,2	-	-	0,11	0,05	0,15	-	-	"
23	5,2	2,5	-	-	0,10	0,06	0,15	-	-	"
24	3,1	2,4	-	-	0,45	0,06	-	-	-	"
25	3,4	2,2	-	-	-	0,05	0,35	-	-	"
26	3,0	2,1	-	-	-	0,05	-		0,40	"

*Note : L'échantillon n° 21 comprend de plus 0,006 % de Bi et 4 ppm de Be.

TABLEAU 4

Echantillons n° 1 à 21 : alliages d'Al conformes à la présente invention
Echantillons n° 22 à 26 : alliages de comparaison.

échantillon n°	Méthode de traitement	caractéristiques électriques		résistance à la traction	taux de radioactivité résiduelle
		IACS %	μΩ·cm	(σ_B (kg/mm^2)	
1	Laminage	15,1	11,4	48,5	Δ
2	"	17,0	10,1	43,1	o
3	"	14,9	11,6	46,2	Δ
4	"	15,2	11,3	45,4	Δ
5	"	14,8	11,6	45,8	Δ
6	"	14,7	11,7	46,9	Δ
7	"	15,1	11,4	45,1	Δ
8	"	14,8	11,6	46,7	Δ
9	"	15,4	11,2	45,0	Δ
10	"	15,3	11,3	46,4	Δ
11	"	16,2	10,6	45,1	Δ
12	"	14,9	11,6	46,3	Δ
13	"	15,1	11,4	46,0	Δ
14	"	15,8	10,9	44,8	Δ
15	"	15,0	11,5	46,5	Δ
16	"	16,1	10,7	45,6	o
17	"	13,8	12,5	50,4	o
18	"	13,4	12,9	51,2	o
19	"	14,2	12,1	51,9	o
20	Extrusion	12,9	13,4	47,2	x
21	Laminage	16,0	10,8	45,8	o
22	(fissuré lors du laminage à chaud)	-	-	-	-
23		-	-	-	-
24	(fissuré lors du traitement)	-	-	-	-
25		-	-	-	-
26	"	-	-	-	-

REVENDICATIONS

1°) Alliage d'aluminium pour structures, ayant une résistivité électrique accrue, caractérisé en ce qu'il comprend essentiellement 1,0 à 5,0 % en poids de Li ; un ou plusieurs éléments choisis dans le groupe consistant en 0,05 à 0,20 % en poids de Ti, 0,05 à 0,40 % en poids de Cr, 0,05 à 0,30 % en poids de Zr, 0,05 à 0,35 % en poids de V et 0,05 à 0,30 % en poids de W ; le restant étant formé par de l'aluminium avec des impuretés qui sont inévitablement incluses dans l'alliage.

2°) Alliage d'aluminium selon la Revendication 1, caractérisé en ce que la teneur en Li est dans la gamme de 1,0 à 3,0 % en poids.

3°) Alliage d'aluminium selon les Revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend de plus, 0,01 à 0,30 % en poids de Bi et/ou 1 à 100 ppm en poids de Be.

4°) Alliage d'aluminium selon l'une des Revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la résistivité électrique n'est pas inférieure à 6,9 $\mu\Omega$.cm et la résistance à la traction n'est pas inférieure à 20 kg/mm2.

5°) Alliage d'aluminium pour structures, ayant une résistivité électrique accrue, caractérisé en ce qu'il comprend essentiellement : 1,0 à 5,0 % en poids de Li, un ou plusieurs éléments choisis dans le groupe formé par le Ti en une quantité inférieure à 0,20 % en poids, 0,05 à 0,40 % en poids de Cr, 0,05 à 0,30 % en poids de Zr, 0,05 à 0,35 % en poids de V et 0,05 à 0,30 % en poids de W ; pas plus de 5,0 % en poids de Mn ; le restant étant formé par de l'aluminium avec des impuretés qui sont inévitablement incluses dans l'alliage.

6°) Alliage d'aluminium selon la Revendication 5, caractérisé en ce que la teneur en Li se trouve dans la gamme de 1,0 à 3,0 % en poids.

7°) Alliage d'aluminium selon les Revendications 5 ou 6, caractérisé en ce que la teneur en Mn est dans la

gamme de 0,05 à 2,0 % en poids.

8°) Alliage d'aluminium selon l'une des Revendications 5 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend de plus 0,01 à 0,30 % en poids de Bi et/ou 1 à 100 ppm en poids de Be.

9°) Alliage d'aluminium selon l'un des Revendications 5 à 8, caractérisé en ce que la résistivité électrique n'est pas inférieure à 6,9 µΩ.cm et la résistance à la traction n'est pas inférieure à 20 kg/mm2.

10°) Alliage d'aluminium pour structures, ayant une résistivité électrique accrue, caractérisé en ce qu'il comprend essentiellement : 1,0 à 5,0 % en poids de Li et 0,05 à 5,0 % en poids de Cu et/ou 0,05 à 8,0% en poids de Mg ; un ou plusieurs éléments choisis dans le groupe formé par du Ti en une quantité inférieure à 0,20 % en poids, 0,05 à 0,40 % en poids de Cr, 0,05 à 0,30 % en poids de Zr, 0,05 à 0,35 % en poids de V et 0,05 à 0,30 % en poids de W ; le restant étant formé par de l'aluminium et des impuretés qui sont inévitablement présentes dans l'alliage.

11°) Alliage d'aluminium selon la Revendication 10, caractérisé en ce que la teneur en Li se trouve dans la gamme de 1,0 à 3,0 % en poids.

12°) Alliage d'aluminium selon les Revendications 10 ou 11, caractérisé en ce qu'il comprend au plus 0,01 à 0,30 % en poids de Bi et/ou 1 à 100 ppm en poids de Be.

13°) Alliage d'aluminium selon l'une des Revendications 10 à 12, caractérisé en ce que la résistivité électrique n'est pas inférieure à 6,9 µΩ.cm et la résistance à la traction n'est pas inférieure à 20kg/mm2.

14°) Alliage d'aluminium selon l'une des Revendications 10 à 13, caractérisé en ce que la teneur en Cu est dans la gamme du 0,15 à 4,5% en poids.

15°) Alliage d'aluminium selon l'une des Revendications 10 à 14, caractérisé en ce que la teneur en Mg est dans la gamme de 0,5 à 6,5 % en poids.

16°) Alliage d'aluminium pour structures, ayant

une résistivité électrique accrue, caractérisé en ce qu'il comprend essentiellement : 1,0 à 5,0 % en poids de Li et 0,05 à 5,0 % en poids de Cu et/ou 0,05 à 8,0 % en poids de Mg ; un ou plusieurs éléments choisis dans le groupe formé par le Ti en une quantité ne dépassant pas 0,20 % en poids, 0,05 à 0,40 % en poids de Cr, 0,05 à 0,30 % en poids de Zr, 0,05 à 0,35 % en poids de V et 0,05 à 0,30 % en poids de W ; pas plus de 5,0 % en poids de Mn ; le reste étant constitué par l'aluminium et des impuretés qui sont inévitablement présentes dans l'alliage.

17°) Alliage d'aluminium selon la Revendication 16, caractérisé en ce que la teneur en Li se trouve dans la gamme de 1,0 à 3,0 % en poids.

18°) Alliage d'aluminium selon les Revendications 16 ou 17, caractérisé en ce que la teneur en Mn se trouve dans la gamme de 0,05 à 2,0 % en poids.

19°) Alliage d'aluminium selon l'une des Revendications 16 à 18, caractérisé en ce qu'il comprend de plus 0,01 à 0,30 % en poids de Bi et/ou 1 à 100 ppm en poids de Be.

20°) Alliage d'aluminium selon l'une des Revendications 16 à 19, caractérisé en ce que la résistivité électrique n'est pas inférieure à 6,9 $\mu\Omega$.cm et la résistance à la traction n'est pas inférieure à 20 kg/mm2.

21°) Alliage d'aluminium selon l'une des Revendications 16 à 20, caractérisé en ce que la teneur en Cu est dans la gamme de 0,15 à 4,5 % en poids.

22°) Alliage d'aluminium selon l'une des Revendications 16 à 21, caractérisé en ce que la teneur en Mg est dans la gamme de 0,5 à 6,5 % en poids.