

①② **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

②① Numéro de dépôt: 89420497.3

⑤① Int. Cl.⁵: **C22C 1/04, C22F 1/053,**
C22C 21/10

②② Date de dépôt: 18.12.89

③① Priorité: 19.12.88 FR 8817044

④③ Date de publication de la demande:
27.06.90 Bulletin 90/26

⑥④ Etats contractants désignés:
AT BE CH DE ES FR GB IT LI NL SE

⑦① Demandeur: **PECHINEY RECHERCHE**
(Groupement d'Intérêt Economique régi par
l'ordonnance du 23 Septembre 1967)
23, rue Balzac
F-75008 Paris(FR)

⑦② Inventeur: **Faure, Jean-François**
21, rue général Rambaud
F-38500 Voiron(FR)
Inventeur: **Dubost, Bruno**
1 Quater Avenue Lesage
F-78600 Maisons Laffitte(FR)

⑦④ Mandataire: **Séraphin, Léon et al**
PECHINEY 28, rue de Bonnel
F-69433 Lyon Cedex 3(FR)

⑤④ Procédé d'obtention par "pulvérisation-dépôt" d'alliages d'Al de la série 7000 et de matériaux composites à renforts discontinus ayant pour matrice ces alliages à haute résistance mécanique et bonne ductilité.

⑤⑦ L'invention concerne un procédé d'obtention d'un alliage d'Al de la série 7000 (Al-Zn-Cu-Mg) à haute résistance mécanique et bonne ductilité par pulvérisation-dépôt; ce procédé vise à obtenir des alliages d'Al possédant une charge de rupture ≥ 800 MPa et un allongement supérieur ou égal à 5%, ou ces mêmes alliages renforcés par des particules céramiques.

L'invention consiste donc :

1. à former par pulvérisation-dépôt un alliage massif de composition pondérale suivante :

Zn de 8,5 à 15%; Mg de 2,0 à 4,0%; Cu de 0,5 à 2,0%;

au moins un des 3 éléments suivants : Zr de 0,05 à 0,8%; Mn de 0,05 à 1,0%; Cr de 0,05 à 0,8% avec $Zr + Mn + Cr \leq 1,4\%$; Fe jusqu'à 0,5%; Si jusqu'à 0,5%; autres éléments $\leq 0,05$ chacun, $\leq 0,15\%$ au total; reste Al.

2. à transformer à chaud le corps ainsi obtenu entre 300 et 450 ° C et éventuellement à froid.

3. à traiter le produit ainsi obtenu par mise en solution, trempe et revenu.

EP 0 375 571 A1

PROCEDE D'OBTENTION PAR "PULVERISATION-DEPOT" d'ALLIAGES D'Al DE LA SERIE 7000 ET DE MATERIAUX COMPOSITES A RENFORTS DISCONTINUS AYANT POUR MATRICE CES ALLIAGES A HAUTE RESISTANCE MECANIQUE ET BONNE DUCTILITE

L'invention concerne un procédé d'obtention d'un alliage d'Al de la série 7000 (Al-Zn-Mg-Cu) à haute résistance mécanique et bonne ductilité par "pulvérisation-dépôt" (spray deposition). De façon plus précise, le procédé vise à obtenir des alliages d'Al qui possèdent à l'état traité (T6) une charge de rupture ≥ 800 MPa avec un allongement, au moins dans le sens long, supérieur ou égal à 5%.

5 L'invention concerne également l'obtention de matériaux composites à très haute résistance, haute rigidité et bonne ductilité ayant pour matrice les alliages 7000 décrits ci-dessus avec un renfort particulaire de céramiques et obtenus directement par "pulvérisation-dépôt".

De nombreux travaux ont déjà été réalisés sur les alliages de la série 7000, chargés en éléments d'alliage en vue d'obtenir de hautes résistances mécaniques associés à une bonne ductilité, soit par 10 métallurgie classique, soit par la métallurgie des poudres.

Ainsi, dans le premier cas, on connaît les brevets français FR 2517702 ou FR 2457908 dans lesquels sont présentés des alliages de la série 7000 ne dépassant pas une charge de rupture de 650-700 MPa environ, avec un allongement de l'ordre de 8-9% (dans le sens long).

On a aussi cherché à obtenir des alliages de la série 7000 à haute résistance par la métallurgie des 15 poudres, c'est-à-dire par un procédé comportant la formation de particules (poudres, paillettes, ruban broyé, etc...) qui sont ensuite consolidés sous forme massive par diverses méthodes (compressions à froid, à chaud, isostatique, filage, etc...).

Cependant, ces alliages bien qu'atteignant de hautes ou très hautes résistances mécaniques, possèdent des allongements très faibles, qui en interdisent tout emploi industriel.

20 C'est ainsi que HAAR rapporte dans Alcoa Report n° 13-65-AP59-S- Contract n° DA-360-034-ORD-3559 RD (Frankfort Arsenal), mai 1966, des charges de rupture dépassant 800 MPa mais avec des allongements de l'ordre de 1%. De même, BOWER et al- Met. Trans. Vol. 1, janvier 1970, p.191 - rapporte, sur des alliages de la même famille, élaborés par "splat cooling" (technique marteau et enclume) des charges de rupture de 800 MPa, mais avec des allongements de 2%.

25 Les brevets US 3563814 et US 4732610 sont relatifs à des alliages de la même famille obtenus par métallurgie des poudres mais dont les caractéristiques mécaniques sont nettement inférieures aux objectifs visés (charge de rupture de l'ordre de 500 MPa à 600 MPa).

L'invention consiste donc :

1. à former par pulvérisation-dépôt un alliage massif de composition pondérale suivante :

30 Zn 8,5 à 15 %

Mg 2,0 à 4,0 %

Cu 0,5 à 2,0 %

au moins un des 3 éléments suivants :

Zr de 0,05 à 0,8 %

35 Mn de 0,05 à 1,0 %

Cr de 0,05 à 0,8 %

avec $Zr + Mn + Cr \leq 1,4\%$

Fe jusqu'à 0,5 %

Si jusqu'à 0,5 %

40 Autres (impuretés)

$\leq 0,05$ % chacune

$\leq 0,15$ % au total

reste Al.

2. à transformer à chaud le corps ainsi obtenu entre 300 et 450 ° C et éventuellement à froid.

45 3. à traiter thermiquement le produit obtenu par mise en solution, trempe et revenu.

Par pulvérisation-dépôt, on entend un procédé dans lequel le métal est fondu, atomisé par un jet de gaz à haute pression sous forme de fines gouttelettes liquides qui sont ensuite dirigées et agglomérées sur un substrat de manière à former un dépôt massif et cohérent, contenant une faible porosité fermée. Ce dépôt peut se présenter sous la forme de billettes, tubes ou plaques dont la géométrie est contrôlée. Une 50 technique de ce type est désignée sous le nom de "Spray Deposition" par les anglo-saxons et est également dénommée "procédé OSPREY".

Ce dernier procédé est principalement décrit dans les demandes de brevets (ou brevets) suivants : GB-B-1379261; GB-B-1472939; GB-B-1548616; GB-B-1599392; GB-A-2172827; EP-A-225080; EP-A-225732; WO-

A-87-03012.

Les meilleures caractéristiques mécaniques ($R_m \geq 800$ MPa, $A \geq 5\%$) sont obtenues pour la composition donnée ci-dessus.

Si $Zn \leq 8,5\%$ en poids, la fraction volumique de précipités à la base du durcissement structural de l'alliage (essentiellement du type η -Mg Zn_2 ou η -(Mg,Zn,Al,Cu)) devient insuffisante et il n'est plus possible d'obtenir les niveaux de caractéristiques mécaniques élevés (tels que charge de rupture ≥ 800 MPa) qui sont l'objectif de la présente invention.

De même, si la teneur en Zn dépasse 15% en poids, la fraction volumique de seconde phase est trop élevée et conduit à un matériau fragile, avec des allongements à rupture très faibles, ce qui interdit son emploi industriel.

A l'intérieur de l'intervalle 8 à 15% en poids de zinc, les teneurs en cuivre et magnésium doivent se situer dans des proportions proches de la stoechiométrie des précipités durcissants. En pratique, on constate que lorsque $Mg < 2\%$ ou $Cu < 0,5\%$, la nature et la fraction volumique des précipités formés sont insuffisantes pour atteindre les caractéristiques mécaniques visées. Lorsque, au contraire, $Mg \geq 4\%$ ou $Cu \geq 2,0\%$, ces éléments sont présents en excès dans l'alliage et le fragilisent considérablement.

La présence de Cr, Zr, Mn, seuls ou en association, assure un durcissement supplémentaire soit par effet de fibrage en empêchant ou limitant la recristallisation pouvant intervenir lors du traitement thermique suivant les opérations de transformation par corroyage, soit par un mécanisme de durcissement par dispersion, vu que ces éléments forment en combinaison avec l'aluminium des phases dispersées fines et bien réparties (par exemple Al_3Zr , Al_6Mn , ou des phases ternaires $Al_{18}Cr_2Mg_3$ et (Al,Cr,Mn)). Toutefois, leur teneur doit être limitée à 0,8% pour Cr et Zr et à 1,0% pour Mn et leur teneur globale ($Zr + Cr + Mn$) $\leq 1,4\%$ car au-delà, les phases dispersées formées sont trop nombreuses et trop grossières et fragilisent par conséquent le matériau. De plus des teneurs en Cr, Zr et Mn supérieures aux limites indiquées ci-dessus conduisent à des températures de liquidus élevées des alliages, ce qui pose des problèmes d'élaboration liés en particulier à la sublimation du zinc ou du magnésium. Les teneurs en fer et silicium sont limitées supérieurement à 0,5%, car au-delà se forment des composés intermétalliques grossiers qui nuisent à la ductilité de l'alliage.

La composition préférentielle est :

Zn de 8,7 à 13,7%
 Mg de 2,2 à 3,8%
 Cu de 0,6 à 1,6%
 au moins un des 3 éléments suivants :
 Zr de 0,05 à 0,5%
 Mn de 0,05 à 0,8%
 Cr de 0,05 à 0,5%
 avec $Zr + Mn + Cr \leq 1,2\%$
 Fe jusqu'à 0,3%
 Si jusqu'à 0,2%
 autres (impuretés)
 $\leq 0,05\%$ chacun
 $\leq 0,15\%$ total
 reste Al.

En vue de l'obtention de meilleurs résultats, la teneur en éléments principaux obéit, de préférence, à la relation suivante,

$5,5 \leq Mg + Cu + \frac{Zn}{5} \leq 6,5$

C'est en effet dans ce domaine de composition que la fraction volumique des phases durcissantes est maximale tout en permettant une mise en solution complète des éléments d'addition lors du traitement thermique.

Ainsi, un très haut niveau de résistance mécanique peut être atteint tout en conservant une bonne ductilité.

En ce qui concerne l'effet des éléments formant des dispersoïdes (Zr, Cr, Mn), on s'est rendu compte qu'il était préférable de les utiliser tous les 3 en association plutôt que l'un ou l'autre séparément. En effet, pour une teneur globale en $Zr + Cr + Mn$ donnée, on obtient une distribution de dispersoïdes plus fins et mieux répartis lorsque les 3 éléments sont présents simultanément plutôt que seulement 1 ou 2 des 3. Lorsque les 3 éléments sont associés, on a cependant intérêt à limiter leur teneur globale à 1,2%. Plus précisément, on constate que pour une teneur identique, Zr conduit à la formation de dispersoïdes (Al_3Zr) plus fins et mieux répartis que ceux formés à partir de Cr ou Mn; on est donc conduit, lorsque la ductilité et la ténacité de l'alliage doivent être maximisés à limiter la teneur en $Mn + Cr$ à 0,6% maximum.

La transformation à chaud de l'alliage massif obtenu par pulvérisation-dépôt a généralement lieu entre 300 et 450 °C, de préférence par filage, forgeage ou laminage, en une ou plusieurs opérations successives; ces opérations peuvent éventuellement être combinées par exemple filage + laminage ou filage + forgeage/matriçage.

- 5 Les opérations de transformation à chaud peuvent être complétées par des opérations à froid telles que laminage, étirage, etc...

La mise en solution est effectuée entre 440 et 520 °C, entre 2 et 8h suivant la taille des produits; la trempe est suivie d'un revenu entre 2 et 25 h entre 90 et 150 °C en un ou plusieurs paliers, les temps les plus longs étant généralement associés aux températures les moins élevées (et vice-versa).

- 10 Le produit obtenu par un procédé de pulvérisation-dépôt peut éventuellement être homogénéisé avant transformation à chaud entre 450 et 520 °C pendant 2 à 50h en un ou plusieurs paliers.

L'invention consiste également, en utilisant les alliages et la méthode décrits ci-dessus, à obtenir des matériaux composites à très haute résistance ($R_m \geq 800$ MPa), haut module d'Young ($E \geq 80$ GPa), avec une ductilité acceptable par les utilisateurs ($A \geq 3\%$), ainsi qu'une bonne résistance à l'usure et au frottement. Ces matériaux se caractérisent par une matrice en alliage de la série 7xxx de composition indiquée cidessus et d'une dispersion des particules céramiques de type SiC, Al_2O_3 ou B_4C (ces exemples n'étant pas limitatifs) et sont obtenus directement par la technique de pulvérisation-dépôt.

L'invention consiste donc:

- 1/ A fondre et à pulvériser un alliage 7000 de composition décrite ci-dessus
- 20 2/ A coinjecter, dans le jet de gouttelettes métalliques atomisées des particules céramiques de type SiC, Al_2O_3 , B_4C ou autres carbures, nitrures ou oxydes ou combinaison de ceux-ci, de forme sensiblement équiaxe et de taille comprise entre 1 μm et 50 μm et en fraction volumique, relative au métal, comprise entre 3 et 28%. Par taille on entend la dimension hors tout maximale de la particule.
- 3/ A agglomérer le jet de particules métalliques et céramiques sous la forme d'un métal massif par la
- 25 technique de pulvérisation-dépôt.
- 4/ A transformer et traiter thermiquement le dépôt ainsi obtenu par une procédure analogue à celle décrite pour les alliages 7000 ci-dessus non renforcés.

L'invention sera mieux comprise à l'aide des exemples suivants:

30

EXEMPLE 1

Différents alliages repérés 1 à 7 dont les compositions sont indiquées dans le tableau 1 ont été fondus et élaborés par pulvérisation-dépôt (procédé OSPREY) sous forme de billettes cylindriques de 150 mm de

- 35 diamètre dans les conditions suivantes:

- température de coulée: 750 °C
- distance atomiseur-dépôt: 600 mm, maintenue sensiblement constante pendant l'essai
- collecteur en acier inoxydable animé d'un mouvement de rotation.
- oscillation de l'atomiseur par rapport à l'axe de rotation du collecteur

- 40 Les débits gaz d'atomisation et débit métal utilisés pour chaque composition sont également indiqués au tableau 1.

Après écoulement à 140 mm, les billettes sont homogénéisées pendant 8 h à la température indiquée au tableau 1.

- 45 Les ébauches sont ensuite filées à chaud à 400 °C dans une presse dont le conteneur a un diamètre de 143 mm sous forme de méplats de section 50 x 22 mm, soit un rapport de filage de 14,6.

Les méplats ainsi obtenus sont ensuite mis en solution à la température indiquée dans le tableau 1 pendant 2 h, trempés à l'eau froide puis revenus pendant 24 h à 120 °C.

- 50 Les caractéristiques mécaniques de traction en sens long, moyenne de 3 essais, sont reportées dans le tableau 2 ($R_{0,2}$: limite élastique à 0,2% de déformation résiduelle, R_m : charge de rupture; $A\%$: allongement de rupture).

On constate que les alliages n° 1 à 4 suivant l'invention présentent un très haut niveau de caractéristiques mécaniques, avec en particulier une charge de rupture ≥ 800 MPa ainsi qu'un niveau correct de ductilité, avec des allongements à rupture $\geq 5\%$.

- 55 L'alliage 5, hors des limites analytiques de l'invention (teneur en Zn trop faible) présente des caractéristiques mécaniques nettement plus faibles que les alliages de l'invention.

L'alliage 6, également hors des limites de l'invention du fait de sa trop forte teneur en Zn présente une ductilité ($A\%$) et un écart plastique ($R_m - R_{0,2}$) très faibles.

L'alliage 7 se situe également hors du cadre de l'invention du fait de la teneur globale en Zr + Cr +

Mn trop élevée. Ceci se traduit, malgré le bon niveau de caractéristiques mécaniques par une ductilité très faible (allongement à rupture = 2%).

Il est donc clair qu'un ensemble de propriétés nettement supérieur est obtenu dans le cadre analytique de l'invention pour des alliages élaborés par la technique de pulvérisation-dépôt.

- 5 L'alliage 8 est un alliage dont la composition entre dans le domaine analytique des alliages de l'invention mais qui a été élaboré suivant une voie Métallurgie des Poudres décrite ci-après: l'alliage est fondu puis atomisé à l'azote sous forme de poudres; celles-ci sont récupérées et tamisées à 100 μm . Les poudres de taille inférieure à 100 μm sont mises dans des conteneurs en aluminium de diamètre 140 mm munies d'un tube orifice puis sont dégazées à chaud sous vide secondaire (par pompage à travers le tube)
- 10 à la température de 460 °C pendant 100 h. Les conteneurs de poudre ainsi dégazés sont soudés de manière étanche puis comprimés à chaud dans une presse à filer à matrice borgne dans un conteneur de diamètre 143 mm à 450 °C de manière à atteindre la densité théorique du matériau. Les billettes ainsi obtenues sont alors usinées afin d'éliminer le matériau du conteneur puis filées dans les mêmes conditions que les billettes des exemples précédents. Le produit obtenu est traité thermiquement suivant une
- 15 procédure analogue (voir température de mise en solution dans le tableau 1) et est caractérisé dans les mêmes conditions.

Les résultats reportés tableau 1 montrent que le produit obtenu a une ductilité et un écart plastique très faibles malgré un niveau de résistance relativement élevé.

- 20 Le cas du dernier alliage illustre bien la supériorité de la méthode de l'invention pour obtenir des alliages ayant à la fois de très hautes résistances et une bonne ductilité.

EXEMPLE 2

- 25 Un alliage d'Al de composition:
Al: 10%Zn; 3,0%Mg; 1,0%Cu; 0,1%Zr; 0,15%Cr; 0,15%Mn, reste Al
a été fondu à 750 °C et élaboré par pulvérisation-dépôt sous la forme de billettes de 150 mm de diamètre avec une coinjection simultanée de particules de SiC de taille moyenne 10 μm , avec une fraction volumique de 15%.

- 30 Les conditions de pulvérisation-dépôt étaient les suivantes:
- débit métal : 5,8 kg/min.
 - débit gaz : 15 Nm³/min.
 - distance atomiseur-dépôt: 620 mm, maintenue sensiblement constante pendant l'essai
 - collecteur en acier inox animé d'un mouvement de rotation
 - 35 - oscillation de l'atomiseur par rapport à l'axe de rotation du collecteur

Les billettes ainsi obtenues sont ensuite écrouîtées à Ø 140 mm, homogénéisées 8 h à 470 °C, filées à chaud à 400 °C sous forme de méplats de section 50 x 22 mm (rapport de filage 14,6).

Ces méplats sont traités thermiquement dans les conditions suivantes:

- 40 - mise en solution 2 h à 470 °C
- trempe à l'eau froide
 - revenu 24 h à 120 °C

Les caractéristiques de traction ainsi que le module d'Young (E) ont été mesurées sens long. Les résultats obtenus, moyenne de 3 essais, sont donnés ci-dessous:

$R_{0,2}$ = 798 MPa, R_m = 820 MPa, A = 4%, E = 95 GPa

- 45 Le procédé de pulvérisation-dépôt selon l'invention, outre le meilleur compromis de caractéristiques mécaniques obtenues, possède sur la métallurgie des poudres classique les avantages suivants :
- on évite les opérations longues et coûteuses de dégazage et de compactage
 - la méthode est plus sûre, car il n'y a pas de manipulation de poudres réactives.

50

55

TABLEAU 1

ALLIAGE N°	COMPOSITION (% PONDERAUX)							PROCEDE D'ELABORATION	DEBIT GAZ (m3/min)	DEBIT METAL (kg/min)	TEMPERATURE HOMOGENEISATION (° C)	TEMPERATURE DE MISE EN SOLUTION
	Zn	Mg	Cu	Mn	Cr	Zr	Al					
1	12,0	3,0	1,0	0,25	0,20	0,20	rest	Pulvérisation dépôt	15	6,0	470	470
2	13,0	2,5	1,4	0,20	0,15	0,20	"	"	14	5,8	465	465
3	14,5	2,2	1,1	0,15	0,10	0,30	"	"	16	6,1	460	460
4	9,0	3,5	1,2	0,25	0,15	0,25	"	"	12	5,6	470	470
5	8,0	2,5	1,6	0,25	0,20	0,20	"	"	12	6,0	470	470
6	16,0	3,2	1,0	0,20	0,15	0,22	"	"	16	5,8	460	460
7	12,2	2,9	1,1	0,7	0,5	0,6	"	"	14,8	6,1	470	470
8	12,1	2,9	1,0	0,20	0,20	0,15	"	Métallurgie des Poudres	-	-	-	470

TABLEAU 2

ALLIAGE	Ro,2 (MPa)	Rm (PMa)	A (%)
1	790	810	8,0
2	792	812	7,0
3	795	809	6,0
4	785	805	9,0
5	710	755	9,0
6	765	768	1,2
7	795	802	2,0
8	791	793	0,5

Revendications

5

1. Méthode d'obtention d'alliages d'Al de la série 7000, à haute résistance et bonne ductilité caractérisée en ce que :

a) on forme par pulvérisation-dépôt un alliage massif de composition pondérale suivante :

Zn de 8,5 à 15,0%

10 Mg de 2,0 à 4,0%

Cu de 0,5 à 2,0%

au moins un des 3 éléments suivants :

Zr de 0,05 à 0,8%

Mn de 0,05 à 1,0% Cr de 0,05 à 0,8%

15 avec Zr + Mn + Cr $\leq$ 1,4%

Fe jusqu'à 0,5%

Si jusqu'à 0,5%

autres (impuretés)

$\leq$ 0,05% chacun

20 $\leq$ 0,15% total

reste Al.

b) on transforme à chaud le corps ainsi obtenu entre 300 et 450 °C, puis éventuellement à froid.

c) on traite thermiquement le produit obtenu par mise en solution, trempe et revenu.

2. Méthode selon la revendication 1 caractérisée en ce que la composition chimique est la suivante :

25 Zn de 8,7 à 13,7%

Mg de 2,2 à 3,8%

Cu de 0,6 à 1,6%

au moins un des 3 éléments suivants :

Zr de 0,05 à 0,5%

30 Mn de 0,05 à 0,8%

Cr de 0,05 à 0,5%

avec Zr + Mn + Cr $\leq$ 1,2%

Fe jusqu'à 0,3%

Si jusqu'à 0,2%

35 autres (impuretés)

$\leq$ 0,05% chacun

$\leq$ 0,15% total

reste Al

40 3. Méthode selon les revendications 1 et 2 caractérisée en ce que les teneurs en Mg, Cu et Zn exprimées en pourcentages pondéraux obéissent à la relation:

$5,5 \leq \text{Mg} + \text{Cu} + \text{Zn} \leq 6,5$

4. Méthode selon les revendications 1, 2 ou 3 caractérisée en ce que Cr, Zr et Mn sont présentés simultanément dans la composition de l'alliage, avec:

Cr $\geq$ 0,05%, Mn $\geq$ 0,05%, Zr $\geq$ 0,05%

45 et Mn + Cr + Zr $\leq$ 1,2%.

5. Méthode selon la revendication 4 caractérisée en ce que la composition de l'alliage est telle que:

Mn + Cr $\leq$ 0,6%.

6. Méthode selon l'une des revendications 1 à 5 caractérisée en ce qu'une homogénéisation entre 450 et 520 °C pendant 2 à 50 h est effectuée entre les étapes a) et b).

50 7. Méthode selon l'une des revendications 1 à 6 caractérisée en ce que la transformation à chaud est effectuée par filage, laminage ou forgeage ou une combinaison de ces opérations.

8. Méthode selon la revendication 7, caractérisée en ce que la transformation à chaud est complétée par une transformation à froid.

55 9. Méthode selon l'une des revendications 1 à 8 caractérisée en ce que la mise en solution est effectuée entre 440 et 520 °C pendant 2 à 8h.

10. Méthode selon l'une des revendications 1 à 9 caractérisée en ce que le revenu est effectué entre 90 et 150 °C pendant 2 à 25 h.

11. Méthode d'obtention de matériaux composites à matrice métallique dans laquelle on obtient un

alliage massif selon l'une des revendications 1 à 10 caractérisée en ce que l'on coinjecte pendant l'opération de pulvérisation-dépôt des particules céramiques de forme sensiblement équiaxe, de taille comprise entre 1 et 50 μm , et de fraction volumique (relative au métal) comprise entre 3 et 28%.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55



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.5)
A	POWDER METALLURGY, vol. 28, no. 2, pages 72-78, A.R.E. SINGER et al.: "Metal matrix composites produced by spray codeposition" * Page 73, "Compaction of as-deposited strips"; tables 1,2 *	1,6-11	C 22 C 1/04 C 22 F 1/053 C 22 C 21/10
D,A	US-A-3 563 814 (J.P. LYLE et al.) * Revendications 1,3; table 1 *	1-5,11	
A	EP-A-0 105 595 (ALCAN INTERNATIONAL LTD) * Revendications 1-3 *	1-5	
A	EP-A-0 020 282 (SOCIETE METALLURGIQUE DE GERZAT) * Revendication 1 *	1,2,9,10	
A	EP-A-0 198 606 (UNITED KINGDOM ATOMIC ENERGY AUTHORITY) * Revendications 1,3,8 *	1,11	
A	W. HUFNAGEL: "Aluminium taschenbuch", edition 14, Aluminium Verlag Düsseldorf, DE, 1983, pages 1012-1018 * Pages 1017-1018 *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5) C 22 C C 22 F B 22 F C 23 C B 22 D
D,A	METALLURGICAL TRANSACTIONS, vol. 1, no. 1, janvier 1970, pages 191-197; T.F. BOWER et al.: "Development of high strength wrought aluminium-base alloys" * Table 1 *	1,2,9	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 14-03-1990	Examineur GREGG N.R.
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 L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			