



⑪ Numéro de publication : **0 320 417 B1**

⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet :
07.08.91 Bulletin 91/32

⑤① Int. Cl.⁵ : **C22C 21/02**

②① Numéro de dépôt : **88420409.0**

②② Date de dépôt : **05.12.88**

⑤④ **Pièces en alliage d'aluminium, telles que bielles notamment, ayant une résistance à la fatigue améliorée et procédé de fabrication.**

③① Priorité : **07.12.87 FR 8717674**

④③ Date de publication de la demande :
14.06.89 Bulletin 89/24

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :
07.08.91 Bulletin 91/32

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

⑤⑥ Documents cités :
EP-A- 0 144 898
GB-A- 388 109
GB-A- 563 617
US-A- 1 921 195

⑦③ Titulaire : **PECHINEY RHENALU**
6, place de l'Iris Tour Manhattan LA DEFENSE
2
F-92400 COURBEVOIE (FR)

⑦② Inventeur : **Faure, Jean-François**
21, rue Général Rambaud
F-38500 Voiron (FR)

⑦④ Mandataire : **Vanlaer, Marcel et al**
PECHINEY 28, rue de Bonnel
F-69433 Lyon Cédex 3 (FR)

EP 0 320 417 B1

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention est relative à des pièces en alliage d'aluminium ayant une résistance à la fatigue améliorée et à un procédé de fabrication desdites pièces.

5 On sait que l'aluminium a notamment pour propriétés d'être trois fois plus léger que l'acier et d'avoir une bonne résistance à la corrosion. En l'alliant à des métaux tels que le cuivre et le magnésium, on améliore fortement sa résistance mécanique. Par ailleurs, l'ajout de silicium donne un produit ayant une bonne résistance à l'usure. Ces alliages dopés avec d'autres éléments tels que le fer, le nickel, le cobalt, le chrome et le manganèse, conduisent à un compromis de propriétés qui en font un matériau de choix pour la fabrication de pièces

10 pour automobiles telles que moteur, piston, cylindre, etc...
C'est ainsi que l'EP 144898 enseigne un alliage d'aluminium contenant en poids 10 à 36% de silicium, 1 à 12% de cuivre, 0,1 à 3% de magnésium et 2 à 10% d'au moins un élément choisi dans le groupe Fe, Ni, Co, Cr et Mn.

Cet alliage est applicable à la confection de pièces destinées aussi bien à l'industrie aéronautique qu'auto-
15 mobile, lesdites pièces étant obtenues par la technique de la métallurgie des poudres comportant, outre la mise en forme par compactage et filage, une étape intermédiaire de traitement thermique entre 250 et 550°C.

Si ces pièces répondent bien aux différentes propriétés énoncées ci-dessus, il en est une qui n'a pas encore été prise en compte, à savoir la tenue à la fatigue.

L'homme de l'art sait que la fatigue correspond à un changement permanent, localisé et progressif de la
20 structure métallique qui se produit dans les matériaux soumis à une succession de contraintes discontinues et qui peut entraîner des fissures et même des ruptures des pièces après une application desdites contraintes suivant un nombre de cycles plus ou moins grand et ce alors que leur intensité est le plus souvent nettement inférieure à celle qu'il faut appliquer au matériau de façon continue pour obtenir une rupture par traction. C'est pourquoi les valeurs de module d'élasticité, de résistance à la traction, de dureté énoncées dans l'EP 144898
25 ne peuvent rendre compte de l'aptitude de l'alliage à la résistance à la fatigue.

Or, il est important pour des pièces telles que les bielles ou les axes de piston, par exemple qui travaillent en dynamique et qui sont soumises à des efforts périodiques, de présenter une bonne tenue à la fatigue.

C'est pourquoi la demanderesse s'étant penchée sur ce problème a constaté que certes les pièces fabri-
30 quées à partir des alliages entrant dans le cadre du document sus-mentionné présentaient une résistance à la fatigue qui pouvait convenir à certaines applications, mais qu'il était possible d'améliorer notablement cette propriété en modifiant leur composition. C'est dans ce but qu'elle a mis au point des pièces en alliages d'aluminium contenant en poids 11 à 22% de silicium, 2 à 5% de fer, 0,5 à 4% de cuivre, 0,2 à 1,5% de magnésium ainsi que les inévitables impuretés caractérisées en ce qu'elles contiennent également 0,4 à 1,5% de zirconium.

En effet, la demanderesse s'est aperçue que cet élément d'alliage ajouté aux autres en quantité au moins
35 égale à 0,4% pour avoir un effet convenable mais n'excédant pas 1,5%, quantité au-delà de laquelle l'amélioration obtenue n'est plus sensible, avait pour conséquence d'accroître la résistance à la fatigue des pièces et ce sans nuire ni aux autres propriétés obtenues avec les alliages de l'art antérieur, ni à leur aptitude à l'usinage.

L'invention concerne également un procédé d'obtention des pièces à partir de tels alliages.

Il consiste après avoir élaboré l'alliage de composition revendiquée, à le fondre à une température supé-
40 rieure à 900°C de manière à éviter tout phénomène de précipitation prématuré puis à le soumettre à un moyen de solidification rapide. En effet, comme les éléments tels que le fer et le zirconium sont très peu solubles dans l'alliage, il est indispensable pour obtenir des pièces répondant aux caractéristiques souhaitées d'éviter une précipitation grossière et hétérogène de ces éléments ce qu'on réalise en les refroidissant le plus rapidement possible.

45 Il existe plusieurs façons d'opérer cette solidification rapide :

- soit par atomisation du métal fondu à l'aide d'un gaz ou par atomisation mécanique suivie d'un refroidissement dans un gaz (air, hélium, argon) ; ce qui conduit à des poudres de granulométrie inférieure à 400 µm qui sont ensuite mis en forme par compactage à froid ou à chaud, dans une presse uniaxiale ou isostatique puis filage et/ou forgeage ;
- 50 — soit par projection de l'alliage fondu contre une surface métallique refroidie, technique désignée par les Anglo-Saxons sous l'expression "melt spinning", ou "planar flow casting" et dont on trouve des descriptions dans les brevets US 4.389.258 et EP 136.508, ce qui génère des rubans d'épaisseur inférieure à 100 µm qui sont ensuite mises en forme par compactage comme ci-dessus ;
- soit encore par projection de l'alliage fondu atomisé dans un courant de gaz contre un substrat, technique encore appelée "spray deposition" dont un exemple est donné dans le brevet GB 1.379.261, et qui conduit à un dépôt cohérent suffisamment malléable pour être mis en forme par forgeage, filage ou matriçage par exemple.

55 Cette liste est bien entendu non exhaustive.

Afin d'affiner davantage la structure de précipitation, les pièces après avoir été soumises éventuellement à un usinage sont traitées thermiquement entre 480 et 530°C pendant 1 à 10 heures, puis trempées à l'eau avant de subir un traitement de revenu entre 150 et 200°C pendant 2 à 32 heures, ce qui améliore leurs caractéristiques mécaniques.

- 5 L'invention sera mieux comprise à l'aide des exemples d'application suivants :
Six alliages ont été mis en oeuvre. Ils avaient la composition suivante en poids :

	Alliage N°	Si %	Fe %	Cu %	Mg %	Zr %	Al %
10	1	18	3,0	3	1,0	-	reste
	2	18	3,0	3	1,0	1	reste
	3	12	5,0	1	1,5	1,2	reste
15	4	15	4,0	1	1	0,6	reste
	5	20	4,0	1	1	0,8	reste
	6	12	5,0	3	0,8	0,2	reste

20 Les alliages n° 1, 2 et 3 ont été obtenus par métallurgie des poudres, c'est-à-dire qu'ils ont été fondus à 900°C puis atomisés dans une atmosphère d'azote sous forme de particules de granulométrie 300 µm puis compactés sous 300 MPa dans une presse isostatique, filés sous forme de barre de diamètre 40 mm.

25 Pour les alliages N° 4, 5 et 6, la technique utilisée était celle de la "spray deposition" au cours de laquelle on a obtenu un dépôt sous forme d'une billette cylindrique qui a été ensuite transformée par filage en barre de diamètre 40 mm. Les barres provenant de l'un ou l'autre procédé ont ensuite été traitées pendant 2 heures entre 490 et 520°C puis trempées à l'eau et soumises pendant 8 heures à une température comprise entre 160 et 190°C.

30 On a effectué sur des éprouvettes de chacune d'elles des mesures d'une part du module d'Young, d'autre part de la limite élastique conventionnelle à 0,2%, la charge de rupture et l'allongement successivement à 20°C et à 150°C après 100 heures de maintien, ainsi que les mesures de la limite de fatigue à 20°C au bout de 10⁷ cycles et du rapport d'endurance, défini par le rapport entre la limite d'endurance et la charge de rupture.

Les résultats figurent dans le tableau suivant :

35

40

45

50

55

5	:	:	:	:	:	:	:	:
	:	1	2	3	4	5	6	:
	:	:	:	:	:	:	:	:
	:	Module d'Young en GPa	87	91	89	90	95	84
	:	:	:	:	:	:	:	:
10	:	Traction à 20°C R _{0,2} en MPa	350	390	380	387	400	355
	:	R _m en MPa	430	460	442	455	470	433
	:	A%	2,5	3,0	5,0	3,8	1,0	2,0
	:	:	:	:	:	:	:	:
15	:	Traction à 150°C R _{0,2} en MPa	290	320	315	323	327	288
	:	après 100 h de R _m en MPa	385	390	387	393	398	380
	:	maintien A%	5,0	6,0	8,0	5,0	2,0	6,0
	:	:	:	:	:	:	:	:
20	:	Limite de fatigue L _f en MPa	150	185	192	190	188	155
	:	à 10 ⁷ cycles à 20°C	:	:	:	:	:	:
	:	(flexion rotative)	:	:	:	:	:	:
	:	:	:	:	:	:	:	:
	:	Rapport d'endurance (L _f /R _m)	0,35	0,40	0,43	0,42	0,40	0,36
	:	:	:	:	:	:	:	:

25

30 On constate la nette amélioration apportée par le zirconium sur la résistance à la fatigue, qui passe d'une limite de 150 à 192 MPa.

Des résultats analogues ont été obtenus sur des pièces obtenues par "spray deposition" et "melt spinning" ou "planar flow casting".

35

Revendications

1. Pièces en alliage d'aluminium, telles que bielles notamment, ayant une résistance à la fatigue améliorée qui, outre l'aluminium et les inévitables impuretés, contient en poids 11 à 22% de silicium, 2 à 5% de fer, 0,5 à 4% de cuivre, 0,2 à 1,5% de magnésium, caractérisées en ce qu'elles contiennent également 0,4 à 1,5% de zirconium.

2. Procédé d'obtention de pièces suivant la revendication 1 caractérisé en ce que l'on soumet l'alliage à l'état fondu à un moyen de solidification rapide, le met en forme, lui fait subir un traitement thermique entre 480 et 530°C, le trempe à l'eau et effectue un revenu entre 150 et 200°C.

3. Procédé selon la revendication 2 caractérisé en ce que le moyen de solidification rapide appartient au groupe constitué par l'atomisation, la "spray deposition" et le "melt spinning".

50

Patentansprüche

1. Werkstücke aus Aluminiumlegierung, wie insbesondere Pleuelstangen, mit einer verbesserten Ermüdungsfestigkeit, die außer dem Aluminium und den unvermeidbaren Verunreinigungen gewichtsmäßig 11 bis 22% Silizium, 2 bis 5% Eisen, 0,5 bis 4% Kupfer, 0,2 bis 1,5% Magnesium enthält, dadurch gekennzeichnet, daß sie noch 0,4 bis 1,5% Zirkonium enthalten.

2. Verfahren zur Herstellung von Werkstücken nach dem Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man die Legierung im geschmolzenen Zustand einem Mittel zur raschen Erstarrung aussetzt, sie in Form bringt, sie eine Wärmebehandlung zwischen 480 und 530°C durchmachen läßt, sie mit Wasser abschreckt und ein Anlassen zwischen 150 und 200°C durchführt.

3. Verfahren nach dem Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Mittel zur raschen Erstarrung zur Gruppe gehört, die durch die Zerstäubung, die "spray deposition" (Sprühabscheidung) und das "melt spinning" (Schmelzspinnen) gebildet wird.

5

Claims

1. Aluminium alloy parts, such as in particular rods, having an improved fatigue strength and which, apart from aluminium and the unavoidable impurities contains by weight 11 to 22% silicon, 2 to 5% iron, 0.5 to 4% copper, 0.2 to 1.5% magnesium, characterized in that they also contain 0.4 to 1.5% zirconium.

2. Process for obtaining parts according to claim 1, characterized in that the alloy in the molten state undergoes rapid solidification, shaping, a heat treatment at between 480 and 530°C, hardening with water and tempering at between 150 and 200°C.

3. Process according to claim 2, characterized in that fast solidification takes place by a procedure constituted by atomization, spray deposition or melt spinning.

20

25

30

35

40

45

50

55