

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 750 666**

51 Int. Cl.:

C22C 21/16 (2006.01)

C22F 1/057 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.09.2016 PCT/FR2016/052167**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.03.2017 WO17037391**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.09.2016 E 16777712 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019 EP 3344790**

54 Título: **Producto extruido de aleación de Al-Cu-Mg con un compromiso mejorado entre la resistencia mecánica y la tenacidad**

30 Prioridad:

03.09.2015 FR 1558153

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

26.03.2020

73 Titular/es:

**CONSTELLIUM ISSOIRE (100.0%)
Rue Yves Lamourdedieu, ZI des Listes
63500 Issoire, FR**

72 Inventor/es:

**BES, BERNARD;
POUGET, GAËLLE y
PIGNATEL, JÉRÔME**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 750 666 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Producto extruido de aleación de Al-Cu-Mg con un compromiso mejorado entre la resistencia mecánica y la tenacidad

Campo de la invención.

- 5 La invención se refiere a productos extruidos de aleación de AlCuMg en estado tratado por puesta en solución, temple y revenido, y que presenta, en comparación con los productos de la técnica anterior, un compromiso mejorado entre las diferentes propiedades de empleo requeridas.

Estado de la técnica

- 10 Los productos extruidos de aleación de AlCuMg tienen numerosas aplicaciones, principalmente en la industria aeroespacial, la industria automovilística, la fabricación de camiones y trenes, la industria de defensa y aplicaciones industriales en general, tales como sistemas de ventilación, compresores o pistones.

Estos productos pueden ser utilizados principalmente en estado extruido o en estado forjado de una barra extruida.

- 15 Las propiedades requeridas para estos productos son principalmente la resistencia mecánica y la tolerancia a los daños. En particular, es ventajoso obtener simultáneamente una elevada resistencia mecánica y una elevada tenacidad, siendo estas dos propiedades generalmente antagónicas. Se habla así en general de un compromiso entre la resistencia mecánica y la tenacidad.

Se han desarrollado numerosas aleaciones principalmente para estos productos extruidos.

- 20 La patente US 5.376.192 describe aleaciones que tienen combinaciones mejoradas de resistencia mecánica y de tenacidad y que tienen como composición (en % en peso) Cu: 2,5 – 5,5; Mg: 0,10 – 2,30 con adiciones menores de agentes de afino de granos y de elementos dispersoides. Las cantidades de Cu y Mg se ajustan de tal modo que no se exceda el límite de solubilidad para estos elementos y preferiblemente $Cu = - 0,91 (Mg) + 5,2$.

- 25 La solicitud de patente EP 1 114 877 A1 describe un elemento estructural de composición (en % en peso) Cu: 4,6 – 5,3; Mg: 0,10 - 0,50; Mn: 0,15 - 0,45; Si < 0,10; Fe < 0,15; Zn < 0,20; Cr < 0,10; otros elementos < 0,05 cada uno y 0,15 en total, siendo el resto aluminio, tratado por puesta en solución, temple, tracción controlada a más del 1,5% de deformación permanente y revenido. La aleación contiene manganeso, pero no contiene ningún otro elemento anti-recristalizante, tal como vanadio o zirconio. La solicitud de patente US 2005/0081965 describe un producto soldado de aleación, de composición (en % en peso) Cu: 4,4 – 5,5; Mg: 0,3 - 1,0; Fe: 0 - 0,20; Si: 0 - 0,20; Zn: 0 - 0,40; Mn: 0,15 - 0,8 como elemento dispersoide en combinación con y/o más elementos dispersoides seleccionados del grupo que consiste en Zr, Sc, Cr, Hf, Ag, Ti y V; siendo el resto aluminio, en el que los contenidos de Cu y Mg son tales que $- 1,1 [Mg] + 5,38 \leq [Cu] \leq 5,5$. La solicitud de patente WO 2012/140337 se refiere a aleaciones de Al-Cu-Mg de composición, en % en peso, $Cu_{corr} : 2,6 - 3,7$; $Mg_{corr} 1,5 - 2,6$; Mn: 0,2 - 0,5; Zr: $\leq 0,16$; Ti: 0,01 - 0,15; Cr $\leq 0,25$; Si $\leq 0,2$; Fe $\leq 0,2$; otros elementos < 0,05 y siendo el resto aluminio; con $Cu_{corr} > - 0,9(Mg_{corr}) + 4,3$ y $Cu_{corr} < - 0,9 (Mg_{corr}) + 5,0$; donde $Cu_{corr} = Cu - 0,74 (Mn - 0,2) - 2,28 Fe$ y $Mg_{corr} = Mg - 1,73 (Si - 0,05)$ para $Si \geq 0,05$ y $Mg_{corr} = Mg$ para $Si < 0,05$ y su procedimiento de fabricación.

- 35 El objeto de la presente invención es proporcionar productos extruidos que presentan un compromiso mejorado de propiedades entre resistencia mecánica elevada y tenacidad.

Objeto de la invención

- 40 La invención tiene por objeto un producto extruido de aleación de composición (% en peso): Cu: 5,05 - 5,35 Mg: 0,20-0,40; Mn: 0,20-0,40; Zr: 0,08 - 0,15; Ti: 0,01 - 0,10; Zn: 0 - 0,15; Si < 0,10; Fe < 0,15; otros elementos < 0,05 cada uno y < 0,15 en total, siendo el resto Al, tratado por puesta en solución, temple, tracción controlada y revenido.

La invención tiene igualmente por objeto un procedimiento de fabricación de un producto extruido según la invención que comprende:

- a) la colada de una forma en bruto de la composición según la invención,
 b) la homogeneización de esta forma en bruto,
 45 c) la transformación en caliente por extrusión de un tocho obtenido a partir de esta forma en bruto así homogeneizada para obtener un producto extruido,
 d) la puesta en solución de este producto extruido, a una temperatura comprendida entre 525 y 540°C,
 e) el temple del producto así puesto en solución,
 f) la tracción controlada del producto así templado hasta una deformación permanente de al menos 1,5%,

g) el revenido del producto así sometido a tracción a una temperatura comprendida entre 160 y 180°C.

Descripción de la figura

Figura 1: Compromiso entre el límite de elasticidad y la tenacidad para los productos extruidos del ejemplo.

Descripción de la invención.

5 A menos que se especifique lo contrario, todas las indicaciones relativas a la composición química de las aleaciones se expresan como un porcentaje en peso basado en el peso total de la aleación. La expresión 1,4 Cu significa que el contenido de cobre expresado en % en peso está multiplicado por 1,4. La designación de las aleaciones está de acuerdo con las regulaciones de The Aluminium Association, conocidas por los expertos en la técnica. Las definiciones de los estados metalúrgicos se encuentran en la norma europea EN 515. Las características mecánicas
10 estáticas en la tracción, en otros términos la resistencia a la rotura R_m , el límite de elasticidad convencional del 0,2% de alargamiento $R_{p0,2}$ y el alargamiento en la rotura A%, se determinan por un ensayo de tracción según la norma NF EN ISO 6892-1, estando definidos el muestreo y el sentido del ensayo por la norma EN 485-1.

El factor de intensidad de la tensión (K_Q) se determina según la norma ASTM E399. La norma ASTM E399 proporciona los criterios que permiten determinar si K_Q es un valor válido de K_{1C} . Para una geometría de probeta
15 dada, los valores de K_Q obtenidos para diferentes materiales son comparables entre sí, siempre que los límites de elasticidad de los materiales sean del mismo orden de magnitud.

A menos que se especifique lo contrario, se aplican las definiciones de la norma EN 12258.

El espesor de los productos extruidos se define según la norma EN 2066:2001: la sección transversal se divide en rectángulos elementales de dimensiones A y B; siendo A siempre la dimensión más grande del rectángulo elemental
20 y pudiendo considerarse B como el espesor del rectángulo elemental.

Según la invención, los productos extruidos de aleación de Al-Cu-Mg que presentan un compromiso mejorado entre la resistencia mecánica y la tenacidad, en particular en la dirección longitudinal, se obtienen gracias a una selección estrecha de la composición y un procedimiento de transformación adecuado, que comprende la puesta en solución, el temple, la tracción controlada y el revenido.

25 El contenido de cobre está comprendido entre 5,05 y 5,35% en peso. Preferiblemente, el contenido de cobre está comprendido entre 5,10 y 5,30% en peso. Ventajosamente, el contenido máximo de cobre es 5,25% en peso y preferiblemente 5,20% en peso. El contenido de magnesio está comprendido entre 0,20 y 0,40% en peso. Preferiblemente, el contenido de magnesio está comprendido entre 0,25 y 0,35% en peso. La combinación de las adiciones de Cu y Mg, principalmente con una relación Cu/Mg comprendida entre 12,625 y 26,75, contribuye a
30 alcanzar un compromiso ventajoso entre la resistencia mecánica y la tenacidad. Ventajosamente, la relación Cu/Mg está comprendida entre 16 y 21.

Los contenidos de manganeso y zirconio se controlan para obtener una estructura granular ventajosa. Por tanto, un contenido de manganeso de 0,20 a 0,40% en peso está asociado a un contenido de zirconio de 0,08 a 0,15% en peso. Preferiblemente, el contenido de manganeso está comprendido entre 0,25 y 0,35% en peso. Ventajosamente,
35 el contenido de zirconio está comprendido entre 0,10 y 0,14% en peso. El control de las adiciones de manganeso y zirconio permite obtener ventajosamente una estructura no recristalizada que es favorable a la obtención del compromiso deseado entre la resistencia mecánica y la tenacidad en dirección longitudinal.

La adición de 0,01 a 0,15% en peso de titanio permite principalmente controlar el tamaño de grano durante la colada y puede contribuir a la obtención del compromiso favorable de propiedades entre resistencia mecánica y tenacidad.

40 La aleación puede comprender hasta 0,15% en peso de zinc, pudiendo tener esta adición un efecto favorable sobre la resistencia mecánica, sin riesgo para otras propiedades, como la resistencia a la corrosión. En un modo de realización de la invención, el contenido de zinc es sin embargo inferior al 0,05% en peso.

Los contenidos de hierro y silicio se mantienen respectivamente por debajo de 0,15 y 0,10% en peso y preferiblemente por debajo de 0,09 y 0,08% en peso.

45 Los contenidos de los otros elementos se mantienen por debajo de 0,05% en peso cada uno y de 0,15% en total. Estos otros elementos son impurezas presentes inevitablemente en el aluminio y su contenido debe ser limitado para no afectar a las propiedades de la aleación. Ventajosamente, los contenidos de cromo y vanadio se mantienen por debajo de 0,02% en peso.

50 La gama de fabricación del producto extruido según la invención comprende la colada de una forma en bruto, la homogeneización de esta forma en bruto, la transformación en caliente por extrusión de esta forma en bruto homogeneizada, la puesta en solución, el temple, la tracción controlada y el revenido.

La forma en bruto es ventajosamente un tocho, pero puede ser igualmente diferente en la medida en que sea posible obtener un tocho a partir de esta forma en bruto, por ejemplo por mecanización. La forma en bruto se homogeneiza.

ES 2 750 666 T3

En un modo de realización ventajoso, la forma en bruto se homogeneiza a una temperatura comprendida entre 490 y 540°C.

La transformación en caliente de un tocho obtenido de esta forma en bruto homogeneizada se efectúa por extrusión. Ventajosamente, la temperatura de salida del producto extruido es al menos 440°C. El producto extruido así obtenido se pone en solución a una temperatura entre 525 y 540°C. En un modo de realización de la invención, la puesta en solución se realiza directamente gracias al calor generado durante la extrusión. El producto extruido así puesto en solución se temple a continuación, por ejemplo, por pulverización o inmersión en agua fría.

El producto extruido así puesto en solución y templado se somete a continuación a una tracción controlada hasta una deformación permanente de al menos 1,5%, preferiblemente al menos 2%. Esta etapa de tracción controlada permite destensar el producto y contribuye igualmente a las propiedades mecánicas.

El producto así obtenido se somete por último a un revenido artificial a una temperatura comprendida entre 160 y 190°C durante un período típicamente comprendido entre 5 y 40 horas. Ventajosamente, la temperatura de revenido artificial está comprendida entre 165 y 180°C durante un período de tiempo comprendido típicamente entre 10 y 35 horas. Preferiblemente, la temperatura de revenido es al menos 170°C. El estado metalúrgico así obtenido es típicamente un estado T8511.

La estructura metalúrgica obtenida está preferible y esencialmente no recristalizada, con una tasa de recristalización inferior al 30%, y más frecuentemente inferior al 10%, en todo el espesor.

Los productos extruidos según la invención tienen ventajosamente un límite de elasticidad $R_{0,2}$ (L) medido a un cuarto del diámetro de al menos 365 MPa, preferiblemente al menos 375 MPa, y más preferiblemente al menos 380 MPa.

Los productos extruidos según la invención presentan ventajosamente una tenacidad K_Q medida según la norma ASTM E399 en el sentido L-R o en el sentido L-T para probetas C (T) de espesor $B = 40$ mm y anchura $W = 80$ mm tomadas a la mitad del diámetro de al menos 63 MPa \sqrt{m} y preferiblemente al menos 65 MPa \sqrt{m} .

Los productos extruidos según la invención se pueden usar ventajosamente en la industria aeroespacial, la industria de automóviles, la fabricación de camiones y trenes, la industria de defensa y aplicaciones industriales generales, tales como sistemas de ventilación, compresores o pistones, en forma de una pieza mecánica mecanizada o forjada.

Estos productos se pueden usar principalmente en estado extruido o en estado forjado de una barra extruida. El espesor de los productos extruidos según la invención, o el diámetro en el caso de barras de sección circular, es ventajosamente al menos 50 mm y preferiblemente al menos 100 mm. Los productos según la invención son particularmente adecuados para su uso como pistón en un motor de combustión interna de un vehículo y, en particular, en un automóvil de carreras. A modo de ejemplo, los productos según la invención se pueden usar como pistones en motores de combustión interna para automóviles de carreras de Fórmula 1. El concepto de "Fórmula 1" se refiere a un reglamento de un concurso deportivo particular e implica el uso de automóviles de carreras específicamente adaptados a esta competición.

Los productos según la invención se pueden usar igualmente como pistones en otros vehículos de carreras, principalmente en automóviles, motocicletas o barcos de carreras. Los productos según la invención se pueden usar igualmente en vehículos destinados al público en general, así como en vehículos industriales y cualquier otro vehículo que use un motor de combustión interna. Igualmente se pueden usar en instalaciones hidráulicas o neumáticas, principalmente a temperaturas elevadas, típicamente comprendidas entre 200 y 350°C.

Ejemplo

Se prepararon 2 aleaciones, cuya composición se indica en la tabla 1. La aleación B es una aleación que entra dentro del dominio de composiciones según la invención. Las aleaciones se colaron en forma de tochos y se homogeneizaron a 530°C durante 6 horas.

Tabla 1

Composición de las aleaciones (% en peso)								
Aleación	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ti	Zr	Zn
A	0,04	0,08	5,18	0,34	0,21	0,11	0,02	0,08
B	0,06	0,06	5,14	0,33	0,26	0,02	0,12	0,08

ES 2 750 666 T3

Se obtuvieron barras extruidas de sección circular de 150 mm de diámetro a partir de los tochos. Las barras así obtenidas se pusieron en solución durante 6 horas a 533°C, se templaron por inmersión en agua, se destensaron por tracción controlada con una tasa de deformación permanente del 3% y se revinieron durante 24 horas a 173°C. El estado metalúrgico así obtenido fue T8511.

- 5 Se midieron las características mecánicas: resistencia a la rotura R_m (en MPa), límite de elasticidad convencional a 0,2% $R_{p0,2}$ (en MPa) y alargamiento en la rotura A (en %), en probetas de tracción de sección circular según la norma ASTM B 557, tomadas a un cuarto de diámetro en los sentidos L y R (4 probetas por caso).

- 10 Igualmente se midió la tenacidad por el factor de intensidad crítica de tensión K_{Ic} (en $MPa\sqrt{m}$) medido, según la norma ASTM E 399, en probetas C(T) de espesor $B = 40$ mm y anchura $W = 80$ mm, tomadas a la mitad del diámetro en los sentidos L-R y R-L (2 probetas por caso), donde L es la dirección de deformación principal, aquí la dirección de extrusión, y R es la dirección radial.

El conjunto de los resultados se agrupa en la tabla 2. Los valores de K_Q no son valores de K_{Ic} válidos según la norma ASTM E 399, no estando verificado en ciertos casos el criterio $P_{m\acute{a}x}/P_Q < 1,10$ así como el criterio $2,5 (K_Q/R_{p0,2})^2 > W-a$.

- 15 Tabla 2. Propiedades mecánicas obtenidas

Aleación	R_m (L) MPa	$R_{p0,2}$ (L) MPa	A % (L)	R_m (R) MPa	$R_{p0,2}$ (R) MPa	A % (R)	K_Q (L-R) $MPa\sqrt{m}$
A	402	352	16	432	361	11	62
B	439	387	14	442	368	7	67

- 20 Se observa que la aleación B según la invención conduce a una mejora simultánea de la resistencia mecánica en el sentido L, es decir, un aumento del 10% del límite de elasticidad $R_{p0,2}(L)$ y de 9% de la carga de rotura $R_m(L)$, y de la tenacidad en el sentido L-R, es decir un aumento del 7% de $K_Q(L-R)$. Al ser estas propiedades antagónicas, esta mejora simultánea es sorprendente.

La estructura granular de la aleación B estaba esencialmente no recristalizada con una tasa de recristalización inferior al 10%, mientras que la de la aleación A estaba parcialmente recristalizada.

REIVINDICACIONES

1. Producto extruido de aleación con la composición (% en peso):

Cu : 5,05 - 5,35	Mg : 0,20 - 0,40	Mn : 0,20 - 0,40	Zr : 0,08 - 0,15
Ti : 0,01 - 0,15	Zn : 0 - 0,15	Si < 0,10	Fe < 0,15

otros elementos < 0,05 cada uno y < 0,15 en total, siendo el resto Al, tratado por puesta en solución, temple, tracción controlada y revenido.

- 5 2. Producto extruido según la reivindicación 1, caracterizado por que Si < 0,08% y Fe < 0,09%.
3. Producto extruido según una de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizado por que Cu ≤ 5,2%.
4. Producto extruido según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que Mg está comprendido entre 0,25 y 0,35%.
- 10 5. Producto extruido según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que Mn está comprendido entre 0,25 y 0,35%.
6. Producto extruido según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que presenta un límite de elasticidad R_{0,2} (L) medido a un cuarto de diámetro de al menos 365 MPa, preferiblemente de al menos 375 MPa y más preferiblemente de al menos 380 MPa.
- 15 7. Producto extruido según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que presenta una tenacidad K_Q medida según la norma ASTM E399 en el sentido L-R o en el sentido L-T para probetas C(T) de espesor B = 40 mm y anchura W = 80 mm, tomadas a la mitad del diámetro de al menos 63 MPa√m y preferiblemente de al menos 65 MPa√m.
8. Producto extruido según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que presenta una estructura granular esencialmente no recristalizada.
- 20 9. Procedimiento de fabricación de un producto extruido según una de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende:
- a) la colada de una forma en bruto de la composición según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5,
 - b) la homogeneización de esta forma en bruto,
 - c) la transformación en caliente por extrusión de un tocho obtenido a partir de esta forma en bruto así homogeneizada para obtener un producto extruido,
 - 25 d) la puesta en solución de este producto extruido, a una temperatura comprendida entre 525 y 540°C,
 - e) el temple del producto así puesto en solución,
 - f) la tracción controlada del producto así templado hasta una deformación permanente de al menos 1,5%,
 - g) el revenido del producto así sometido a tracción a una temperatura comprendida entre 160 y 190°C.
- 30 10. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado por que el revenido se efectúa a una temperatura de al menos 170°C.
11. Uso de un producto extruido según una de las reivindicaciones 1 a 8 como pistón en un motor de combustión interna de un vehículo y, en particular, de un automóvil de carreras.

FIG. 1

