

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 936 261**

51 Int. Cl.:

C22C 21/10 (2006.01)

C22F 1/053 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.11.2019** **PCT/EP2019/080190**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.05.2020** **WO20099174**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.11.2019** **E 19800967 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.01.2023** **EP 3833794**

54 Título: **Producto de aleación de aluminio de la serie 7xxx**

30 Prioridad:

12.11.2018 EP 18205674

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

15.03.2023

73 Titular/es:

NOVELIS KOBLENZ GMBH (100.0%)

Carl-Spaeter-Strasse 10

56070 Koblenz, DE

72 Inventor/es:

BÜRGER, ACHIM;

MEYER, PHILIPPE;

KHOSLA, SUNIL;

SPANGEL, SABINE MARIA y

KRECHEL, CHRISTIAN GERHARD

74 Agente/Representante:

FERNÁNDEZ POU, Felipe

ES 2 936 261 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 de aleación de aluminio de la serie 7xxx

5 CAMPO DE LA INVENCIÓN

La invención se refiere a un tipo de aluminio forjado Al-Zn-Mg-Cu (o aleaciones de aluminio de las series 7000 o 7xxx según lo designado por la Aluminium Association). Más específicamente, la presente invención se refiere a una aleación de aluminio endurecible por envejecimiento, de alta resistencia, altamente resistente a la corrosión bajo tensión que es resistente a la fragilización por hidrógeno y a productos obtenidos de esta aleación de aluminio. Los productos obtenidos con esta aleación son muy adecuados para aplicaciones aeroespaciales, pero no se limitan a eso. La aleación de aluminio se puede procesar en diversas formas de producto, por ejemplo, productos de placa delgada, placa gruesa, extruidos o forjados.

15 ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Las aleaciones de aluminio de alta resistencia que están basadas en el sistema aluminio-zinc-magnesio-cobre se utilizan en numerosas aplicaciones. Por lo general, el perfil de propiedades de estas aleaciones debe ajustarse a la aplicación y es difícil mejorar una propiedad sin afectar negativamente a otras propiedades. Por ejemplo, la resistencia y la resistencia a la corrosión deben equilibrarse aplicando el temple más adecuado para la aplicación diana. Otra propiedad relevante es la resistencia a la fragilización por hidrógeno, donde puede ocurrir el agrietamiento frágil de un material cuando una aleación susceptible se somete a una tensión sostenida en la dirección ST durante períodos de tiempo más largos en una atmósfera húmeda. Este fenómeno, también conocido como agrietamiento asistido por el medio ambiente ("EAC") puede ser un desafío para los fabricantes de componentes ya que bajo ciertas condiciones puede verse afectada la integridad estructural. Se ha observado sensibilidad a esta forma de EAC especialmente en aleaciones de aluminio de alta resistencia que contienen Zn. Por lo tanto, existe una necesidad de aleaciones de aluminio que combinen una resistencia elevada con una buena resistencia a la corrosión SCC y que al mismo tiempo tengan una resistencia aumentada al fenómeno de fragilización por hidrógeno.

El documento de patente EP-0863220-A1 (Alusuisse) divulga un elemento de conexión, en particular un tornillo o un remache, obtenido de una aleación de la serie 7XXX de composición definida. El método de fabricación de este elemento de conexión incluye fundir una palanquilla, homogeneizar y extruir la palanquilla, recocer en disolución y temprar, conformar en frío y envejecer artificialmente y mediante el cual se lleva a cabo un recocido de reversión a una temperatura de 180°C a 260°C durante 5 s a 120 min antes del conformado en frío. No se hace referencia a la resistencia EAC de este producto. La solicitud de patente publicada de EE. UU. US2012291926 A describe una aleación de Al-Zn-Mg-Cu destinada a aplicaciones aeroespaciales y que exhibe una resistencia mejorada al agrietamiento por corrosión bajo tensión mientras mantiene altos niveles de resistencia.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

Como se apreciará a continuación en el presente documento, salvo que se indique lo contrario, las designaciones de aleación de aluminio y las designaciones de temple se refieren a las designaciones de la Aluminium Association en Aluminium Standards and Data and the Registration Records, según lo publicado por la Aluminium Association en 2018 y son bien conocidos para los expertos en la técnica. Las designaciones de temple también se establecen en la norma europea EN515.

Para cualquier descripción de composiciones de aleación o composiciones de aleación preferidas, todas las referencias a porcentajes son en porcentaje en peso a menos que se indique lo contrario.

Como se usa en el presente documento, el término "aproximadamente" cuando se usa para describir un intervalo de composición o cantidad de una adición de aleación significa que la cantidad real de la adición de aleación puede variar de la cantidad nominal prevista debido a factores tales como variaciones de procesamiento estándar como lo entienden aquellos expertos en la materia.

El término "hasta" y "hasta aproximadamente", como se emplean en el presente documento, incluyen explícitamente, pero no se limitan a, la posibilidad de cero porcentaje en peso del componente de aleación particular al que se refiere. Por ejemplo, hasta 0,5% de Sc puede incluir una aleación de aluminio que no tenga Sc.

Es un objeto de la invención proporcionar un producto de aleación de aluminio forjado de la serie 7xxx que tenga un equilibrio mejorado de alta resistencia, alta resistencia SCC y que tenga una resistencia mejorada a la fragilización por hidrógeno.

Este y otros objetos y ventajas adicionales se cumplen o superan con la presente invención que proporciona un producto de aleación de aluminio forjado de la serie 7xxx, y que tiene preferiblemente un calibre de al menos 12,7 mm (0,5 pulgadas), y que tiene una composición que comprende, en% en peso,

Zn	6,20% a 7,50%,
Mg	2,15% a 2,60%,
Cu	1,20% a 2,00%,

5

y con la condición de que el contenido de Cu y Mg sea tal que $Cu+Mg < 4,50\%$ y $Mg < 2,5 + 5/3(Cu - 1,2)$,

Fe	hasta 0,25%, preferiblemente hasta 0,15%,
Si	hasta 0,25%, preferiblemente hasta 0,15%,

10

hasta 0,3% de uno o más de V, Ni, Co, Nb, Mo, Ge, Er, Hf, Ce, Y, Dy y Sr y opcionalmente uno o más elementos seleccionados del grupo que consiste en:

Zr	hasta 0,3%,
Cr	hasta 0,3%,
Mn	hasta 0,45%,
Ti	hasta 0,25%, preferiblemente hasta 0,15%,
Sc	hasta 0,5%,
Ag	hasta 0,5%

siendo el resto aluminio e impurezas. Típicamente, tales impurezas están presentes cada una $<0,05\%$, y $<0,15\%$ en total.

15

El producto de aleación de aluminio forjado de la serie 7xxx que tiene un equilibrio mejorado de alta resistencia, alta resistencia SCC y tiene una buena resistencia a la fragilización por hidrógeno.

20

Más en particular, el producto de aleación de aluminio forjado de la serie 7xxx de acuerdo con esta invención se envejece para lograr dos o más de las siguientes propiedades:

25

- un límite elástico a la tracción convencional (en MPa) medido de acuerdo con la norma ASTM-B557-15 en la dirección L medido en un cuarto de espesor de más de $470-0,12 \cdot (t-100)$ MPa (siendo t el espesor del producto en mm). En una realización preferida, el límite elástico a la tracción es $>485-0,12 \cdot (t-100)$ MPa, preferiblemente $>500-0,12 \cdot (t-100)$ MPa y lo más preferiblemente $>510-0,12 \cdot (t-100)$ MPa.

30

- una vida mínima sin fallo debido al agrietamiento por corrosión bajo tensión (SCC) medida de acuerdo con la norma ASTM G47-98 de al menos 20 días, preferiblemente de al menos 30 días a un nivel de tensión transversal corto (ST) de 170 MPa. En una realización preferida a un nivel de tensión transversal corto (ST) de 205 MPa, y más preferiblemente de 240 MPa.

35

- una vida mínima sin fallos debido al agrietamiento asistido por el medio ambiente (EAC) en una atmósfera húmeda libre de cloruro de sodio y medida con configuraciones de ensayo de carga constante de acuerdo con la norma ASTM G47-98 en muestras redondas de tracción ST de al menos 50 días, preferido de al menos 95 días, más preferido de al menos 140 días, lo más preferido de al menos 185 días, a un nivel de esfuerzo de carga constante transversal corto (ST) de 85% de límite elástico (YS), y con una exposición continua a una temperatura de 70°C , y a una humedad del 85% (HR).

40

En una realización, el producto de aleación de aluminio forjado tiene un contenido de Zn máximo de 7,30% y preferiblemente de como máximo 7,10%. Un contenido de Zn mínimo preferido es 6,40%, más preferiblemente 6,50%, más preferiblemente 6,60%, y lo más preferiblemente 6,75%.

45

En una ealización el producto de aleación de aluminio forjado tiene un contenido de Cu máximo de 1,90%, y preferiblemente como máximo de 1,80% y más preferiblemente como máximo de 1,75%, y lo más preferiblemente como máxm de 1,70%. Un contenido de Cu mínimo preferido es 1,30%, y más preferiblemente 1,35%.

En una realización, el producto de aleación de aluminio forjado tiene un contenido de Mg de al menos 2,25%, y preferiblemente de al menos 2,30%, más preferiblemente de al menos 2,35%, y lo más preferiblemente de al menos 2,45%. En una realización, el producto de aleación de aluminio forjado tiene un contenido de Mg máximo de 2,55%.

5

En una realización preferida, el producto de aleación de aluminio forjado tiene 6,40% a 7,30% de Zn, 2,25% a 2,60% de Mg, y 1,25% a 1,90% de Cu, y con la condición de que $Cu+Mg < 4,45$ y $Mg < 2,55 + 2 (Cu - 1,25)$.

10

En una realización más preferida, el producto de aleación de aluminio forjado tiene 6,50% a 7,20% de Zn, 2,30% a 2,60% de Mg, y 1,30% a 1,80% de Cu.

En una realización más preferida, el producto de aleación de aluminio forjado tiene 6,75% a 7,10% de Zn, 2,35% a 2,55% de Mg, y 1,35% a 1,75% de Cu.

15

En una realización más preferida, el producto de aleación de aluminio forjado tiene 6,75% a 7,10% de Zn, 2,45% a 2,55% de Mg, y 1,35% a 1,75% de Cu.

En la Tabla 1 siguiente se proporciona una visión general de los intervalos preferidos de Zn, Cu y Mg para el producto de aleación de aluminio forjado según la invención.

20

Tabla 1. Una visión general de los intervalos preferidos de Zn, Cu y Mg en el producto de aleación de aluminio forjado de la serie 7xxx según esta invención. Los intervalos amplios y preferidos de Mg quedan fuera del alcance de la protección tal como se define en las reivindicaciones.

	Zn	Mg	Cu	Condición
Ancho	6,20-7,50	2,15-2,85	1,20-2,00	$Cu+Mg < 4,50$ & $Mg < 2,5 + 5/3*(Cu-1,2)$
Preferido	6,40-7,30	2,25-2,75	1,25-1,90	$Cu+Mg < 4,45$ & $Mg < 2,55 + 2*(Cu-1,25)$
Más preferido	6,50-7,20	2,30-2,60	1,30-1,80	-
Más preferido	6,75-7,10	2,35-2,55	1,35-1,75	-
Lo más preferido	6,75-7,10	2,45-2,55	1,35-1,75	-

25

En una realización, el producto de aleación de aluminio forjado comprende además hasta 0,3% de uno o más elementos seleccionados del grupo de V, Ni, Co, Nb, Mo, Ge, Er, Hf, Ce, Y, Dy y Sr.

30

Los contenidos de hierro y silicio deben mantenerse significativamente bajos, por ejemplo, sin exceder aproximadamente 0,15% de Fe y preferiblemente menos de 0,10% de Fe y sin exceder aproximadamente 0,15% de Si y preferiblemente 0,10% de Si o menos. En cualquier caso, es concebible que se puedan tolerar niveles todavía ligeramente más elevados de ambas impurezas, como máximo de aproximadamente 0,25% de Fe y como máximo de aproximadamente 0,25% de Si, aunque en una base menos preferida en el presente documento.

35

El producto de aleación de aluminio forjado comprende opcionalmente uno o más elementos formadores de dispersoides para controlar la estructura del grano y la sensibilidad de temple seleccionados del grupo que consiste en: Zr hasta 0,3%, Cr hasta 0,3%, Mn hasta 0,45%, Ti hasta 0,25%, Sc hasta 0,5%.

40

Un máximo preferido para el nivel de Zr es 0,25%. Un intervalo adecuado del nivel de Zr es de aproximadamente 0,03% a 0,25%, y más preferiblemente aproximadamente de 0,05% a 0,18%, y lo más preferiblemente aproximadamente de 0,05% a 0,13%. Zr es el elemento de aleación formador de dispersoides preferido en el producto de aleación de aluminio según esta invención.

45

La adición de Sc es preferiblemente de no más de aproximadamente 0,5% y más preferiblemente no más de aproximadamente 0,3%, y lo más preferiblemente no más de aproximadamente 0,25%. Un límite inferior preferido para la adición de Sc es 0,03%, y más preferiblemente 0,05%. En una realización, cuando se combina con Zr, la suma de Sc+Zr debería ser menor que 0,35%, preferiblemente menor que 0,30%.

50

Otro elemento formador de dispersoides que se puede añadir, solo o con otros formadores de dispersoides, es Cr. Los niveles de Cr deberían estar preferiblemente por debajo 0,3%, y más preferiblemente a un máximo de aproximadamente 0,25%, y lo más preferiblemente a un máximo de aproximadamente 0,22%. Un límite inferior preferido para el Cr sería aproximadamente 0,04%.

En otra realización del producto forjado de aleación de aluminio según la invención está libre de Cr, en términos prácticos esto significaría que se considera una impureza y el contenido de Cr es de hasta 0,05%, y preferiblemente hasta 0,04%, y más preferiblemente sólo hasta 0,03%.

- 5 Se puede añadir Mn como un único formador de dispersoides o en combinación con uno cualquiera de los otros formadores de dispersoides mencionados. Un máximo para la adición de Mn es aproximadamente 0,4%. Un intervalo práctico para la adición de Mn está en el intervalo de aproximadamente 0,05% a 0,4%, y preferiblemente en el intervalo de aproximadamente de 0,05% a 0,3%. Un límite inferior preferido para la adición de Mn es aproximadamente 0,12%. Cuando se combina con Zr, la suma de Mn más Zr debería ser menor que aproximadamente 0,4%, preferiblemente menor que aproximadamente 0,32%, y un mínimo adecuado es aproximadamente 0,12%.
- 10

- En otra realización del producto forjado de aleación de aluminio según la invención está libre de Mn, en términos prácticos esto significaría que se considera una impureza y el contenido de Mn es de hasta 0,05%, y preferiblemente hasta 0,04%, y más preferiblemente sólo hasta 0,03%.
- 15

- En otra realización, cada uno de Cr y Mn están presentes solo a nivel de impurezas en el producto forjado de aleación de aluminio. Preferiblemente, la presencia combinada de Cr y Mn es de solo hasta 0,05%, preferiblemente de hasta 0,04%, y más preferiblemente de hasta 0,02%.
- 20

- Se puede añadir intencionalmente plata (Ag) en un intervalo de hasta 0,5% para mejorar aún más la resistencia durante el envejecimiento. Un límite inferior preferido para la adición de Ag intencionada sería de aproximadamente 0,05% y, más preferiblemente de aproximadamente 0,08%. Un límite superior preferido sería de aproximadamente 0,4%.
- 25

- En una realización, la Ag es un elemento impureza y puede estar presente hasta 0,05%, y preferentemente hasta 0,03%.

- En una realización, el producto de aleación de aluminio forjado de la serie 7xxx, que tiene preferiblemente un calibre de al menos 12,7 mm (0,5 pulgadas), tiene una composición que consiste, en% en peso,
- 30

Zn	6,20% a 7,50%,
Mg	2,15% a 2,60%,
Cu	1,20% a 2,00%,

y con la condición de que $Cu + Mg < 4,50$ y $Mg < 2,5 + 5/3(Cu - 1,2)$,

- | | |
|----|--------------|
| Fe | hasta 0,25%, |
| Si | hasta 0,25%, |
- 35

y opcionalmente uno o más elementos seleccionados del grupo que consiste en:

Zr	hasta 0,3%,
Cr	hasta 0,3%,
Mn	hasta 0,45%,
Ti	hasta 0,25%,
Sc	hasta 0,5%
Ag	hasta 0,5%

- siendo el resto aluminio e impurezas cada uno $< 0,05\%$, total $< 0,15\%$, y con intervalos de composición más estrechos preferidos como se describe y reivindica en el presente documento.
- 40

- Para proporcionar el mejor equilibrio en resistencia, resistencia SCC y resistencia mejorada a la fragilización por hidrógeno, el producto forjado se proporciona preferiblemente en una condición T7 sobreenvejecida. Más preferiblemente, una condición T7 se selecciona del grupo que consiste en: T73, T74, T76, T77 y T79.
- 45

- En una realización preferida, el producto forjado se proporciona en un temple T74, más en particular un temple T7451, o en un temple T76, más en particular un temple T7651.

- En una realización preferida, el producto forjado se proporciona en un temple T77, más en particular un temple T7751, o en un temple T79, más en particular un temple T7951.
- 50

En una realización preferida, el producto forjado según esta invención tiene un espesor nominal de al menos 12,7 mm (0,5 pulgadas). En otra realización, el espesor es de al menos 25,4 mm (1,0 pulgadas). En otra realización más, el espesor es de al menos 38,1 mm (1,5 pulgadas), y preferiblemente de al menos 76,2 mm (3,0 pulgadas). En una realización, el espesor máximo es de 304,8 mm (12,0 pulgadas). En una realización preferida, el espesor máximo es de 254 mm (10,0 pulgadas) y más preferiblemente de 203,2 mm (8,0 pulgadas).

El producto forjado puede presentarse en diversas formas, en particular como un producto laminado, un producto extruido o como un producto forjado.

En una realización preferida, el producto forjado se proporciona como un producto laminado, más en particular como un producto de placa laminada.

En una realización, el producto forjado es un producto aeroespacial, más en particular una pieza estructural de aeronave, por ejemplo, un larguero de ala, una nervadura de ala, un revestimiento de ala, una viga de suelo o un armazón de fuselaje.

En una realización particular, el producto forjado se proporciona como un producto laminado, idealmente como una pieza estructural de una aeronave, que tiene un espesor en un intervalo de 38,4 mm (1,5 pulgadas) a 307,2 mm (12,0 pulgadas), y con intervalos más estrechos preferidos como se describe y reivindica en el presente documento, y se proporciona en una condición T7, más preferiblemente en una condición T74 o T76. En esta realización, el producto laminado tiene las propiedades que se describen y reivindican en el presente documento.

En una realización particular, el producto forjado se proporciona como un producto laminado, idealmente como una pieza estructural de una aeronave, que tiene un espesor en un intervalo de 38,1 mm (1,5 pulgadas) a 304,8 mm (12,0 pulgadas), y con intervalos más estrechos preferidos como se describe y reivindica en el presente documento, y se proporciona en una condición T76, más preferiblemente en una condición T7651. En esta realización, el producto laminado tiene las propiedades que se describen y reivindican en el presente documento.

En otro aspecto de la invención, se refiere a un método para producir el producto de aleación de aluminio forjado de la serie 7xxx, que tiene preferiblemente un calibre de al menos 12,7 mm (0,5 pulgadas), comprendiendo el método las etapas, en ese orden, de:

- a. colar la materia prima de un lingote de la aleación de aluminio de la serie AA7000 según esta invención,
- b. precalentar y/o homogeneizar la materia prima colada;
- c. trabajar en caliente la materia prima mediante uno o más métodos seleccionados del grupo que consiste en laminación, extrusión y forjado;
- d. opcionalmente trabajar en frío la materia prima trabajada en caliente;
- e. tratar térmicamente en disolución ("SHT") la materia prima trabajada en caliente y opcionalmente trabajada en frío;
- f. enfriar la materia prima de SHT, preferiblemente mediante uno de temple por pulverización o temple por inmersión en agua u otros medios de temple;
- g. opcionalmente, estirar o comprimir la materia prima SHT enfriado o de otro modo trabajar en frío la materia prima SHT enfriado para aliviar tensiones, por ejemplo, nivelar o estirar o laminar en frío la materia prima SHT enfriada;
- h. envejecer artificialmente la materia prima SHT enfriada y opcionalmente estirada o comprimida o de otro modo trabajada en frío para lograr el temple deseado, preferiblemente a una condición T7.

La aleación de aluminio se proporciona como un lingote o planchón o palanquilla para fabricar un producto forjado adecuado mediante técnicas de colada habituales en la técnica para productos moldeados, por ejemplo, colada por enfriamiento directo (DC), colada electromagnética (EMC) y colada de agitación electromagnética (EMS). También se pueden usar planchones resultantes de la colada continua, por ejemplo, máquinas de colada de cinta o máquinas de colada de rodillos, lo que puede ser especialmente ventajoso cuando se producen productos finales de menor calibre. También se pueden usar afinadores de grano tales como los que contienen titanio y boro, o titanio y carbono, como es bien conocido en la técnica. El contenido de Ti en la aleación de aluminio es de hasta 0,25%, y preferiblemente hasta 0,15%, y más preferiblemente en un intervalo

de 0,01% a 0,1%. Opcionalmente, se puede aliviar la tensión de un lingote fundido, por ejemplo, manteniéndolo a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 350°C a 450°C, seguido de un enfriamiento lento a temperatura ambiente. Después de colar la materia prima de aleación, un lingote normalmente se raspa para eliminar las zonas de segregación cerca de la superficie de colada del lingote.

Es conocido en la técnica que el propósito de un tratamiento térmico de homogeneización tiene al menos los siguientes objetivos: (i) disolver en la mayor medida posible las fases solubles gruesas formadas durante la solidificación, y (ii) reducir los gradientes de concentración para facilitar la etapa de disolución. Un tratamiento de precalentamiento logra también algunos de estos objetivos.

Comúnmente, un precalentamiento se refiere al calentamiento de un lingote a una temperatura establecida y remojo a esta temperatura durante un tiempo establecido seguido del inicio de la laminación en caliente a aproximadamente esa temperatura. La homogeneización se refiere a un ciclo de calentamiento, remojo y enfriamiento con una o más etapas de remojo, aplicadas a un lingote de laminación en el que la temperatura final después de la homogeneización es la temperatura ambiente.

Un tratamiento de precalentamiento típico para aleaciones de la serie AA7xxx usado en el método según esta invención sería una temperatura de 390°C a 450°C con un tiempo de remojo en el intervalo de 2 a 50 horas, más típicamente de 2 a 20 horas.

En primer lugar, las fases eutécticas y/o fases intermetálicas solubles, como la fase S, la fase T y la fase M en la materia prima de aleación, se disuelven utilizando la práctica habitual de la industria. Normalmente, esto se lleva a cabo calentando la materia prima a una temperatura inferior a 500°C, normalmente en un intervalo de 450°C a 485°C, ya que la fase S (fase-Al₂MgCu) tiene una temperatura de fusión de aproximadamente 489°C en las aleaciones de la serie AA7xxx y la fase M (fase-MgZn₂) tiene un punto de fusión de aproximadamente 478°C. Esto puede lograrse mediante un tratamiento de homogeneización en dicho intervalo de temperatura y dejando que se enfríe hasta la temperatura de laminado en caliente, o después de la homogeneización, la materia prima se enfría y recalienta posteriormente antes del laminado en caliente. El proceso de homogeneización también se puede realizar si se desea en dos o más etapas, y que normalmente se llevan a cabo en un intervalo de temperatura de 430°C a 490°C para las aleaciones de la serie AA7xxx. Por ejemplo, en un proceso de homogeneización de dos etapas hay una primera etapa entre 455°C y 470°C, y una segunda etapa entre 470°C y 485°C, para optimizar el proceso de disolución de las diversas fases dependiendo de la composición exacta de la aleación.

El tiempo de remojo a la temperatura de homogeneización está en el intervalo de 1 a 50 horas, y más típicamente durante 2 a 20 horas. Las velocidades de calentamiento que se pueden aplicar son aquellas habituales en la técnica.

Después del precalentamiento y/o práctica de homogeneización la materia prima se trabaja en caliente mediante uno o más métodos seleccionados del grupo que consiste en laminación, extrusión y forjado. El método de laminación en caliente es preferido para la presente invención.

El trabajo en caliente, y en particular el laminado en caliente, se puede realizar hasta un calibre final de preferiblemente 12,7 mm (0,5 pulgadas) o más.

En una realización el material en placa se lamina en caliente en una primera etapa de laminación en caliente hasta un calibre intermedio de laminación en caliente, seguido de una etapa intermedia de recocido y, a continuación, laminado en caliente en una segunda etapa de laminación en caliente hasta el calibre laminado en caliente final.

En otra realización, el material de la placa se lamina en caliente en una primera etapa de laminación en caliente a un calibre intermedio laminado en caliente, seguido de un tratamiento de recocido de recristalización a una temperatura hasta el intervalo de temperatura SHT y después laminación en caliente en una segunda etapa de laminación en caliente hasta el calibre laminado en caliente final. Esto mejorará la isotropía de las propiedades y puede aumentar aún más la vida mínima sin fallos debido a EAC.

Alternativamente, la etapa de trabajo en caliente se puede realizar para proporcionar la materia prima en un calibre intermedio. Posteriormente, esta materia prima de calibre intermedio puede trabajarse en frío, por ejemplo, mediante laminación, hasta un calibre final. Dependiendo de la cantidad de trabajo en frío, se puede usar un recocido intermedio antes o durante la operación de trabajo en frío.

Una etapa siguiente del proceso es el tratamiento térmico en disolución ("SHT") de la materia prima trabajada en caliente y, opcionalmente, trabajado en frío. El producto debería calentarse para llevar a disolución lo máximo posible todas o sustancialmente todas las porciones del zinc, magnesio y cobre solubles. La SHT se lleva a cabo preferiblemente en el mismo intervalo de temperatura e intervalo de tiempo que el tratamiento de homogeneización según esta invención como se establece en esta descripción, junto con los intervalos más

estrechos preferidos. Sin embargo, se cree que también pueden ser muy útiles tiempos de remojo más cortos, por ejemplo en el intervalo de aproximadamente 2 a 180 minutos. El SHT se lleva a cabo normalmente en un horno discontinuo o continuo. Después de SHT, es importante que la aleación de aluminio se enfríe con una velocidad de enfriamiento alta a una temperatura de 175°C o menos, preferiblemente a temperatura ambiente, para evitar o minimizar la precipitación incontrolada de fases secundarias, por ejemplo, Al_2CuMg y Al_2Cu , y/o MgZn_2 . Por otro lado, las velocidades de enfriamiento no deberían ser demasiado altas para permitir una planitud suficiente y un bajo nivel de tensiones residuales en el producto. Se pueden conseguir velocidades de enfriamiento adecuadas con el uso de agua, por ejemplo, inmersión en agua o chorros de agua.

- 5
- 10
- 15
- 20

REIVINDICACIONES

1. Un producto de aleación de aluminio forjado de la serie 7xxx que tiene una composición que comprende, en% en peso,

5

Zn	6,20% a 7,50%,
Mg	2,15 a 2,60,
Cu	1,20% a 2,00%,

y en donde $Cu+Mg < 4,50$, y en donde $Mg < 2,5 + 5/3(Cu - 1,2)$,

Fe	hasta 0,25,
Si	hasta 0,25,

10 hasta 0,3 de uno o más de V, Ni, Co, Nb, Mo, Ge, Er, Hf, Ce, Y, Dy, Sr y opcionalmente uno o más elementos seleccionados del grupo que consiste en:

Zr	hasta 0,3,
Cr	hasta 0,3,
Mn	hasta 0,45,
Ti	hasta 0,25,
Sc	hasta 0,5,
Ag	hasta 0,5,

siendo el resto aluminio e impurezas.

15

2. Un producto de aleación de aluminio forjado de la serie 7xxx según la reivindicación 1, en donde el contenido de Mg es al menos 2,25%, y preferiblemente al menos 2,30%; y/o en donde el contenido de Zn es al menos 6,50%, y preferiblemente $> 6,70\%$.

20 3. Un producto de aleación de aluminio forjado de la serie 7xxx según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en donde

Zn	6,40 a 7,30,
Mg	2,25 a 2,60,
Cu	1,25 a 1,90,

y en donde $Cu+Mg < 4,45$, y en donde $Mg < 2,55 + 2(Cu - 1,25)$,

25

4. Un producto de aleación de aluminio forjado de la serie 7xxx según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde

Zn	6,50 a 7,20,
Mg	2,30 a 2,60,
Cu	1,30 a 1,80; y/o

30 en donde

Zn	6,75 a 7,10,
Mg	2,35 a 2,55,
Cu	1,35 a 1,75; y/o

en donde

Zn	6,75 a 7,10,
Mg	2,45 a 2,55,

Cu 1,35 a 1,75.

5. Un producto de aleación de aluminio forjado de la serie 7xxx según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde dicho producto tiene un contenido de Zr en un intervalo de 0,03% a 0,25%, y preferiblemente en un intervalo de 0,05% a 0,18%.
- 5 6. Un producto de aleación de aluminio forjado de la serie 7xxx según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde dicho producto tiene un contenido de Cr en un intervalo de 0,04% a 0,3%, y preferiblemente en un intervalo de 0,04% a 0,25%.
- 10 7. Un producto de aleación de aluminio forjado de la serie 7xxx según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde dicho producto tiene un contenido de Cr fr hasta 0,05%, preferiblemente hasta 0,03%.
- 15 8. Un producto de aleación de aluminio forjado de la serie 7xxx según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde dicho producto tiene un contenido de Mn en un intervalo de 0,05% a 0,4%, y preferiblemente en un intervalo de 0,05% a 0,3%; y/o
en donde dicho producto tiene un contenido de Mn de hasta 0,05% y preferiblemente hasta 0,03%.
- 20 9. Un producto de aleación de aluminio forjado de la serie 7xxx según la reivindicación 7 u 8, en donde dicho producto tiene una suma de Mn+Cr de hasta 0,05%.
- 25 10. Un producto de aleación de aluminio forjado de la serie 7xxx según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde dicho producto tiene un espesor de al menos 12,7 mm; y/o en donde dicho producto es un producto aeroespacial.
- 30 11. Un producto de aleación de aluminio forjado de la serie 7xxx según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde dicho producto está en una condición T7; y en particular en donde el producto está en una condición T7 seleccionada del grupo que consiste en T73, T74, T76, T77 y T79, y preferiblemente seleccionada del grupo que consiste en T7451, T7651, T7751 y T7951.
- 35 12. Un producto de aleación de aluminio forjado de la serie 7xxx según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en donde el producto tiene un espesor de al menos 25,4 mm, más preferiblemente de al menos 38,1 mm y lo más preferiblemente de al menos 76,8 mm, y preferiblemente como máximo de 304,8 mm.
- 40 13. Un producto de aleación de aluminio forjado de la serie 7xxx según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde dicho producto está en forma de producto laminado, extruido o forjado; y/o
en donde el producto está en forma de un producto laminado.
14. Un producto de aleación de aluminio forjado de la serie 7xxx según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en donde el producto forjado es una pieza estructural de aeronave; y/o en donde el producto forjado es una pieza estructural de aeronave seleccionada del grupo de un larguero de ala, nervadura de ala, revestimiento de ala, viga de suelo y armazón de fuselaje.