



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 293 814**

② Número de solicitud: 200550080

⑤ Int. Cl.:
C22C 21/16 (2006.01)
C22F 1/057 (2006.01)

⑫ PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

⑫ Fecha de presentación: **03.06.2004**

⑩ Prioridad: **06.06.2003 EP 03076779**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **16.03.2008**

Fecha de la concesión: **17.09.2009**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:
09.09.2009

④ Fecha de anuncio de la concesión: **02.10.2009**

④ Fecha de publicación del folleto de la patente:
02.10.2009

⑦ Titular/es: **Corus Aluminium Walzprodukte GmbH
Carl-Spaeter-Strasse 10
56070 Koblenz, DE**

⑦ Inventor/es: **Hargarter, Hinrich J.W. y
Wilhelm, Johannes**

⑦ Agente: **Tavira Montes-Jovellar, Antonio**

④ Título: **Producto de aleación de aluminio de alta tolerancia al daño para, en particular, aplicaciones aeroespaciales.**

⑦ Resumen:

Producto de aleación de aluminio de alta tolerancia al daño para, en particular, aplicaciones aeroespaciales. Un producto labrado de aleación de aluminio con gran resistencia y elevada tenacidad a la rotura y elevada resistencia a la fatiga y bajo índice de desarrollo de grietas por fatiga, y que tiene una composición de (en % en peso): 0,3 a 1,0% de Mg, 4,4 a 5,5% de Cu, 0 a 0,20% de Fe, 0 a 0,20% de Si, 0 a 0,40% de Zn y Mn en un intervalo de 0,15 a 0,8 como elementos que forman fases dispersas, en combinación con uno o más elementos que forman fases dispersas seleccionados del grupo que consiste en Zr, Sc, Cr, Hf, Ag, Ti, V, siendo el resto aluminio (Al) y otros elementos incidentales, y en donde existe una limitación del contenido de Cu-Mg de modo que: $-1,1[\text{Mg}] + n[\text{Cu}] \leq 5,5$. El invento se refiere, además, a un método para fabricar un producto de este tipo.

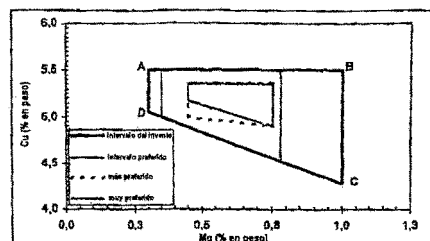


Figura 1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP.

ES 2 293 814 B2

DESCRIPCIÓN

Producto de aleación de aluminio de alta tolerancia al daño para, en particular, aplicaciones aeroespaciales.

5 **Campo del invento**

El invento se refiere a una aleación de aluminio, particularmente de un tipo Al-Cu-Mg (o aleaciones de aluminio de la serie 2000, según son denominadas por la Aluminum Association). Más específicamente, el presente invento se refiere a una aleación de aluminio endurecible por envejecimiento, de gran resistencia, elevada tenacidad a la rotura y baja propagación en el desarrollo de grietas, y a productos de esa aleación. Los productos hechos con esta aleación son muy adecuados para aplicaciones aeroespaciales, pero no se limitan a éstas. La aleación puede ser procesada hasta diversas formas de producto (por ejemplo, lámina, chapa delgada, chapa gruesa o productos extruidos o forjados). La aleación de aluminio puede ser no revestida o ser revestida o chapada con otra aleación de aluminio con objeto de mejorar aún más las propiedades, tal como, por ejemplo, la resistencia a la corrosión.

15 **Antecedentes del invento**

Los diseñadores y fabricantes de la industria aeroespacial están intentando constantemente mejorar la eficacia de los combustibles y el rendimiento de los productos e intentando constantemente reducir los costes de fabricación y servicio. Puede mejorarse la eficacia mediante una ulterior reducción de peso. Un modo de obtener esto es mejorando las propiedades relevantes del material para que la estructura hecha de esa aleación pueda ser diseñada más eficazmente o tenga en conjunto un mejor rendimiento. Al tener mejores propiedades materiales, el coste de servicio puede también quedar reducido significativamente a causa de intervalos de inspección más prolongados del avión. Se hacen típicamente chapas para alas inferiores a partir de AA2324 en el estado T39. Para el revestimiento del fuselaje se usó típicamente AA2024 en el estado T351. Esto se debe a que esta aleación en este estado mostró las propiedades materiales solicitadas bajo la carga de tracción; es decir, niveles de resistencia aceptables, elevada tenacidad y baja propagación en el desarrollo de grietas. Hoy día se diseñan nuevos aviones más eficaces, lo que conduce al deseo de propiedades materiales mejoradas.

En el Documento US-5.652.063 se describe una aleación de la serie AA2000 con una relación Cu/Mg de entre 5 y 9 y una resistencia superior a 531 MPa. La aleación puede ser usada tanto para la chapa del ala inferior como para el revestimiento del fuselaje. Esta aleación está particularmente destinada a un avión supersónico.

En el Documento US-5.593.516 se describe una aleación de la serie AA2000 en que los niveles de cobre (Cu) y magnesio (Mg) son preferiblemente mantenidos por debajo del límite de solubilidad. Preferiblemente, [Cu] = 5,2 - 0,91 [Mg]. En los Documentos US-5.376.192 y US-5.512.112, que proceden de la misma solicitud inicial de patente de EE.UU., se ha descrito la adición de plata (Ag) en niveles de 0,1-1,0% en peso.

En la Solicitud de Patente de EE.UU. US2001/0006082 se describe una aleación de la serie AA2000 especialmente adecuada para el ala inferior, sin elementos que forman fases dispersas, tales como Zr, Cr y V. Se menciona también que las ventajas se alcanzan mediante una obligada relación Cu/Mg superior a 10.

Para aviones de nuevo diseño, se desean propiedades aún mejores que las que tienen las aleaciones anteriormente descritas, con objeto de diseñar aviones más económica y ambientalmente eficaces. En consecuencia, existe la necesidad de una aleación de aluminio capaz de alcanzar el mejorado y apropiado equilibrio de propiedades en forma de producto relevante.

45 **Sumario del invento**

Un objeto del presente invento es proporcionar un producto labrado de aleación de aluminio, particularmente adecuado para una aplicación aeroespacial, dentro de las aleaciones de la serie AA2000 y que tenga un equilibrio de gran resistencia y elevada tenacidad a la rotura y elevada resistencia a la fatiga y bajo índice de desarrollo de grietas por fatiga, que sea al menos comparable a los de la aleación AA2024-H DT.

Aún otro objeto del presente invento es proporcionar un método para fabricar dicho producto labrado de aleación de aluminio.

El presente invento se dirige a una aleación de aluminio de la serie AA2000 que tiene la capacidad de alcanzar un equilibrio de propiedades, en cualquier producto relevante, que es mejor que el equilibrio de propiedades de la diversidad de aleaciones comerciales de aluminio de la serie AA2000 actualmente usadas para esos productos o del aluminio AA2000 descrito hasta ahora.

Se alcanza el objeto al proporcionar una composición preferida para la aleación del presente invento que consiste esencialmente en, en % ponderal, de 0,3 a 1,0% de magnesio (Mg), de 4,4 a 5,5% de cobre (Cu), de 0 a 0,20% de hierro (Fe), de 0 a 0,20% de silicio (Si), de 0 a 0,40% de zinc (Zn), y Mn en un intervalo de 0,15 a 0,8 como elemento que forma fases dispersas, en combinación con uno o más elementos que forman fases dispersas seleccionados del grupo que consiste en: Zr, Sc, Cr, Hf, Ag, Ti y V en los intervalos: 0 a 0,5% de zirconio, 0 a 0,7% de escandio, 0 a 0,4% de cromo, 0 a 0,3% de hafnio, 0 a 0,4% de titanio y 0 a 1,0% de plata, siendo el resto aluminio y otros elementos incidentales, y en la que hay una limitación del contenido de Cu-Mg de modo que: $-1,1[\text{Mg}] + 5,38 \leq [\text{Cu}] \leq 5,5$.

ES 2 293 814 B2

En una realización preferida, los intervalos de Cu y Mg son seleccionados de modo que:

Cu: 4,4 a 5,5,

5 Mg: 0,35 a 0,78

y en que $-1,1[\text{Mg}] + 5,38 \leq [\text{Cu}] \leq 5,5$.

10 En una realización más preferida, los intervalos de Cu y Mg son seleccionados de modo que:

Cu: 4,4 a 5,35,

15 Mg: 0,45 a 0,75,

y en que $-0,33[\text{Mg}] + 5,15 \leq [\text{Cu}] \leq 5,35$.

20 En una realización más preferida, los intervalos de Cu y Mg son seleccionados de modo que:

Cu: 4,4 a 5,5, y más preferiblemente 4,4 a 5,35,

Mg: 0,45 a 0,75,

25 y en que $-0,9[\text{Mg}] + 5,58 \leq [\text{Cu}] \leq 5,5$,

y más preferiblemente $-0,90[\text{Mg}] + 5,60 \leq [\text{Cu}] \leq 5,35$.

30 Se halló con gran sorpresa que los elementos que forman fases dispersas son tan críticos para el equilibrio de propiedades como lo son en sí los niveles de Cu y Mg. Puede estar presente Zn en la aleación de este invento. Con objeto de obtener propiedades optimizadas, los niveles de Mn han de ser escogidos muy cuidadosamente con respecto al nivel de Ag. Cuando está presente Ag en la aleación, el nivel de Mn no debe ser demasiado elevado, preferiblemente inferior a 0,4% en peso. El nivel de Zr tampoco debe ser demasiado elevado. Se halló que el Cr, del que se creía que
35 ejercía un efecto negativo sobre el equilibrio de propiedades, ejerce realmente un efecto positivo, pero entonces es preferible que no esté presente Zr en la aleación. Cuando se tiene en cuenta este efecto de la fase dispersa, los niveles optimizados de Cu y Mg son diferentes de los que han sido usados hasta ahora. Sorprendentemente, el equilibrio de propiedades de la presente aleación supera al de las aleaciones existentes.

40 El hierro puede estar presente en un intervalo de hasta 0,20% y es preferiblemente mantenido hasta un máximo de 0,10%. Un nivel preferido típico de hierro estaría en el intervalo de 0,03 a 0,08%.

El silicio puede estar presente en un intervalo de hasta 0,20% y es preferiblemente mantenido hasta un máximo de 0,10%. Un nivel preferido típico de silicio sería el menor posible y, por razones prácticas, estaría típicamente en el
45 intervalo de 0,02 a 0,07%.

El zinc puede estar presente en la aleación de acuerdo con el invento en una cantidad de hasta 0,40%. Más preferiblemente, está presente en el intervalo de 0,10 a 0,25%.

50 Pueden estar presentes elementos de impureza y elementos incidentales de acuerdo con las normas AA estándares; es decir, cada uno hasta 0,05% y un total de 0,15%.

Para el fin de este invento, con “sustancialmente exento” y “esencialmente exento” se quiere significar que no se hizo ninguna adición consciente de dicho elemento de aleación a la composición pero que, sin embargo, a causa de las
55 impurezas y/o la lixiviación debida al contacto con el equipo de fabricación, cantidades mínimas de dicho elemento pueden conseguir entrar en el producto de aleación final.

La adición de Mn es importante en la aleación de acuerdo con el invento como elemento que forma una fase dispersa, y debería estar en el intervalo de 0,15 a 0,8%. Un máximo preferido para la adición de Mn sería menos de
60 0,40%. Un intervalo más adecuado para la adición de Mn es el intervalo de 0,15 a < 0,40%, y más preferiblemente de 0,20 a 0,35%, y muy preferiblemente de 0,25 a 0,35%.

Si se añade Zr, su adición no debería exceder de 0,5%, preferiblemente de 0,3%. Un máximo preferido para el nivel de Zr es 0,18% y un intervalo más adecuado del nivel de Zr es el intervalo de 0,06 a 0,15%.

65 En una realización, la aleación está esencial o sustancialmente exenta de Zr, pero, en este caso, contendría Cr y típicamente Cr en el intervalo de 0,05 a 0,30%, y preferiblemente en el intervalo de 0,06 a 0,15%.

ES 2 293 814 B2

Si se añade Ag, su adición no debería exceder de 1,0%, y un límite inferior preferido es 0,1%. Un intervalo preferido para la adición de Ag es 0,20-0,8%. Un intervalo más adecuado para la adición de Ag es el intervalo de 0,20 a 0,60%, y más preferiblemente de 0,25 a 0,50%, y muy preferiblemente el intervalo de 0,32 a 0,48%.

5 Además, los elementos Sc, Hf, Ti y V que forman fases dispersas pueden ser usados en los intervalos dados. En una realización más preferida, el producto de aleación de acuerdo con el invento está esencial o sustancialmente exento de V, por ejemplo, en niveles < 0,005%, y más preferiblemente el V está ausente. El Ti puede ser también añadido en niveles conocidos en la técnica durante la operación de colada para obtener un efecto de refinación del grano.

10 En una realización particular del producto labrado de aleación de acuerdo con este invento, la aleación consiste esencialmente en, en porcentaje ponderal:

Mg 0,45 a 0,75, y típicamente alrededor de 0,58,

15 Cu 4,5 a 5,35, y típicamente alrededor de 5,12,

Zr 0,0 a 0,18, y típicamente alrededor de 0,14,

20 Mn 0,15 a 0,40, y típicamente alrededor de 0,3,

Ag 0,20 a 0,50, y típicamente alrededor de 0,4,

Zn 0 a 0,25, y típicamente alrededor de 0,12,

25 Si < 0,07, y típicamente alrededor de 0,04,

Fe < 0,08, y típicamente alrededor de 0,06,

Ti < 0,02, y típicamente alrededor de 0,01,

30 siendo el resto, aluminio e impurezas inevitables.

35 En otra realización particular del producto labrado de aleación de acuerdo con este invento, la aleación consiste esencialmente en, en porcentaje ponderal:

Mg 0,45 a 0,75, y típicamente alrededor de 0,62,

40 Cu 4,5 a 5,35, y típicamente alrededor de 5,1,

Zr esencialmente exento; típicamente menos de 0,01,

Cr 0,05 a 0,28, y típicamente alrededor de 0,12,

45 Mn 0,15 a 0,40, y típicamente alrededor de 0,3,

Ag 0,20 a 0,50, y típicamente alrededor de 0,4,

Zn 0 a 0,25, y típicamente alrededor de 0,2,

50 Si < 0,07, y típicamente alrededor de 0,04,

Fe < 0,08, y típicamente alrededor de 0,06,

55 Ti < 0,02, y típicamente alrededor de 0,01,

siendo el resto, aluminio e impurezas inevitables.

60 En otra realización particular del producto labrado de aleación de acuerdo con este invento, el producto es preferiblemente procesado hasta un estado T8 y la aleación consiste esencialmente en, en porcentaje ponderal:

Mg 0,65 a 1,1, y típicamente alrededor de 0,98,

65 Cu 4,5 a 5,35, y típicamente alrededor de 4,8,

Zr 0,0 a 0,18, y típicamente alrededor de 0,14,

ES 2 293 814 B2

Mn	0,15 a 0,40, y típicamente 0,3,
Ag	0,20 a 0,50, y típicamente 0,4,
5 Zn	0 a 0,25, y típicamente alrededor de 0,2,
Si	< 0,07, y típicamente alrededor de 0,04,
Fe	< 0,08, y típicamente alrededor de 0,06,
10 Ti	< 0,02, y típicamente alrededor de 0,01,

siendo el resto, aluminio e impurezas inevitables.

15 La aleación de acuerdo con el invento puede ser preparada por fusión convencional y puede ser colada en forma de lingotes adecuados, por ejemplo, por medio de colada-enfriamiento directo (D.C.; del inglés, direct chill). Pueden usarse también refinadores de grano basados en Ti, tal como, por ejemplo, boruro de titanio o carburo de titanio. Después de la eliminación de la capa superficial y de una posible homogeneización, los lingotes son adicionalmente
20 procesados mediante, por ejemplo, extrusión o forja o laminación en caliente, en una o más etapas. Este procesamiento puede ser interrumpido para un inter-recocido. Un procesamiento adicional puede ser un labrado en frío, el cual puede ser laminado en frío o estiramiento. El producto es térmicamente tratado en disolución y es templado por inmersión en, o pulverización con, agua fría o por enfriamiento rápido a una temperatura inferior a 95°C. El producto
25 puede ser adicionalmente procesado mediante, por ejemplo, laminado o estiramiento hasta, por ejemplo, 12%, o puede ser sometido a atenuación de esfuerzos mediante estiramiento o compresión y/o envejecido hasta un estado final o intermedio. El producto puede ser modelado o maquinado hasta la estructura final o intermedia, antes o después del envejecimiento final o incluso antes del tratamiento térmico en disolución.

Descripción detallada del invento

30 El diseño de un avión comercial requiere diferentes conjuntos de propiedades para diferentes tipos de piezas estructurales. Las propiedades materiales importantes para un producto laminar para el fuselaje son las propiedades de tolerancia al daño bajo cargas de tracción [es decir, índice de desarrollo de grietas por fatiga (FCGR; del inglés, fatigue crack growth rate), tenacidad a la rotura y resistencia a la corrosión].

35 Las propiedades materiales importantes para un revestimiento de alas inferiores de un avión de reacción comercial y de alta capacidad son similares a aquéllas para un producto laminar para el fuselaje, pero los fabricantes de aviones desean típicamente una mayor resistencia a la tracción. Además, la duración frente a la fatiga llega a ser una propiedad material principal para esta aplicación.

40 Las propiedades materiales importantes para piezas maquinadas procedentes de chapas gruesas depende de la pieza maquinada final. Sin embargo, en general, el gradiente de las propiedades materiales a través del grosor debe ser pequeño y las propiedades mecánicas, tales como resistencia, tenacidad a la rotura, y resistencia a la fatiga y a la corrosión, deben estar a un gran nivel.

45 El presente invento se dirige a una composición de aleación que, cuando es procesada hasta una diversidad de productos, tales como, pero sin limitarse a, una lámina, una chapa, una chapa gruesa, etc., satisface o sobrepasa las propiedades materiales actualmente deseadas. El equilibrio de propiedades del producto superará el equilibrio de propiedades del producto hecho a partir de aleaciones actualmente usadas comercialmente para este tipo de aplicación, en particular las de AA2024 y AA2024-HDT estándares. Se ha hallado muy sorprendentemente una ventana de química
50 en la ventana de AA2000 que cumple esta capacidad única.

55 El presente invento fue el resultado de una investigación sobre el efecto de los niveles y tipos (por ejemplo, Zr, Cr, Sc, Mn) de fases dispersas, y, combinados con los de Cu y Mg, sobre las fases y microestructuras formadas durante el procesamiento. Algunas de estas aleaciones fueron procesadas hasta una lámina y una chapa y fueron ensayadas en cuanto a tracción, tenacidad al desgarro Kahn y resistencia a la corrosión. La interpretación de estos resultados condujo a la sorprendente idea de que una aleación de aluminio producida con una composición química de una cierta ventana presentará unas excelentes propiedades de tolerancia al daño, y lo mismo ocurrirá con láminas, chapas, chapas gruesas, productos extruidos y productos forjados, lo que le hace ser un producto de aleación para múltiples fines. Además, el
60 producto de aleación tiene unas buenas características de soldabilidad.

65 El invento también consiste en que el producto labrado de aleación de este invento puede estar provisto de un chapado o revestimiento en una o ambas caras. En dichos productos chapados o revestidos se utiliza un núcleo de la aleación básica de aluminio del invento y un chapado de pureza normalmente superior que, en particular, protege al núcleo de la corrosión, lo cual es particularmente ventajoso en aplicaciones aeroespaciales. El chapado incluye, pero no se limita a, aluminio esencialmente no aleado o aluminio que no contiene más de 0,1 ó 1% de todos los demás elementos. Las aleaciones de aluminio aquí denominadas “serie de tipo lxxx” incluyen todas las aleaciones de la Aluminum Association (AA), incluyendo las subclases del tipo 1000, tipo 1100, tipo 1200 y tipo 1300. Por

ES 2 293 814 B2

lo tanto, el chapado del núcleo puede ser seleccionado entre diversas aleaciones de la Aluminum Association, tales como 1060, 1045, 1100, 1200, 1230, 1135, 1235, 1435, 1145, 1345, 1250, 1350, 1170, 1175, 1180, 1185, 1285, 1188, 1199 y 7072. Además, las aleaciones de la serie AA7000, tal como 7072 que contiene zinc (0,8 a 1,3%) o una versión modificada de la misma con de 0,4 a 0,9% en peso de zinc, pueden servir como chapado, y las
5 aleaciones de la serie AA6000, tales como 6003 y 6253, que contienen típicamente más de 1% de adiciones para aleación, pueden servir como chapado. También otras aleaciones podría ser útiles como chapado con tal que, en particular, proporcionaran una suficiente protección global contra la corrosión a la aleación del núcleo. El chapado puede ser también una aleación de aluminio seleccionada de la serie AA4000, y puede servir para protección frente a la corrosión y también puede ser de ayuda en una operación de soldadura como, por ejemplo, se describe
10 en el Documento US-6.153.854 (incorporado aquí por referencia), donde se puede prescindir del uso de alambre de aportación adicional. La capa o capas de chapado son normalmente mucho más delgadas que el núcleo, constituyendo cada una del 1 al 15% o al 20%, o posiblemente al 25%, del grosor total del producto compuesto. Más típicamente, una capa de chapado o revestimiento constituye cerca del 1 al 11% del grosor total del producto compuesto.

15 En otro aspecto del invento se proporciona un método preferido para fabricar el producto de aleación de aluminio de acuerdo con el invento en un elemento estructural. El método para fabricar un producto de aleación de la serie AA2000 con alta resistencia, alta tenacidad y bajo índice de desarrollo de grietas por fatiga, que tenga una buena resistencia a la corrosión, comprende las operaciones de procesamiento de:

20 a.) colar un lingote que tenga una composición como la expuesta en la descripción y las reivindicaciones;

b.) homogeneizar y/o precalentar el lingote después de la colada;

25 c.) labrar el lingote en caliente hasta un producto prelabrado;

d.) recalentar opcionalmente el producto prelabrado y o,

e.) labrar en caliente y/o labrar en frío hasta una forma de pieza para maquinarse deseada;

30 f.) tratar térmicamente en disolución dicha pieza para maquinarse formada, a una temperatura y durante un tiempo suficientes para que esencialmente todos los componentes solubles de la aleación se sitúen en disolución sólida.

g.) templar la pieza para maquinarse térmicamente tratada en disolución, mediante temple por pulverización de, o temple por inmersión en, agua u otros medios de temple;

35 h.) opcionalmente estirar o comprimir la pieza para maquinarse templada o, si no, labrar en frío para liberar esfuerzos, tal como, por ejemplo, la nivelación de productos laminares;

40 i.) opcionalmente envejecer la pieza para maquinarse templada y opcionalmente estirada o/y comprimida, hasta alcanzar un estado deseado, tal como, por ejemplo, el estado T3, T351, T36, T3x, T4, T6, T6x, T651, T87, T89, T8x, T352, T61, T62, T652.

j.) opcionalmente maquinarse después el producto formado hasta la configuración final del elemento estructural.

45 Los productos de aleación del presente invento son convencionalmente preparados por fundición, y puede ser una colada con enfriamiento directo (D.C.) en lingotes u otras técnicas de colada adecuadas. El tratamiento de homogeneización es llevado típicamente a cabo en una o múltiples etapas, teniendo cada etapa una temperatura en el intervalo de 460 a 535°C. La temperatura de precalentamiento implica calentar el lingote de laminación a la temperatura de entrada del laminador en caliente, que es típicamente una temperatura en el intervalo de 400 a 460°C. El labrado en caliente
50 del producto de aleación puede realizarse por laminado, extrusión o forja. Para la aleación actual, se está prefiriendo el laminado en caliente. El tratamiento térmico en disolución es llevado típicamente a cabo dentro del mismo intervalo de temperaturas que se usa para la homogeneización, aunque se puede elegir que los tiempos de remojo sean algo más cortos.

55 Se obtiene un equilibrio de propiedades sorprendentemente excelente en toda una gran variedad de grosores. En el intervalo de grosores de lámina de hasta 12,5 mm, las propiedades serán excelentes para una lámina para fuselaje. En el intervalo de grosores de plancha delgada de 17,7 a 76 mm, las propiedades serán excelentes para una chapa para ala, por ejemplo, una chapa para ala inferior. El intervalo de grosores de plancha delgada puede ser también usado para largueros o para formar una chapa y un larguero integrales para alas, para uso en una estructura del ala de un avión.
60 Cuando se procesa hasta mayores calibres, de más de 63 mm hasta aproximadamente 280 mm, se han obtenido unas propiedades excelentes para una pieza integral maquinada a partir de chapas, o para formar un larguero integral para uso en una estructura del ala de un avión, o en forma de una costilla para uso en una estructura del ala de un avión. Los productos de mayor calibre pueden ser también usados como chapa para maquinado, tal como, por ejemplo, moldes para fabricar productos formados plásticos mediante, por ejemplo, fundición en coquilla o moldeo por inyección. Los
65 productos de aleación de acuerdo con el invento pueden ser también proporcionados en forma de un larguero extruido o gradualmente extruido para uso en una estructura de un avión, o en forma de un larguero forjado para uso en una estructura del ala de un avión.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama de Mg-Cu que expone el intervalo de Cu-Mg para la aleación de acuerdo con este invento, junto con intervalos preferidos más estrechos;

Las Figuras 2(a) y 2(b) muestran un diagrama de resistencia a la tracción frente a tenacidad en dos direcciones de ensayo para la aleación de acuerdo con este invento en un estado T651, en comparación con aleaciones 2024 de la técnica anterior;

Las Figuras 3(a) y 3(b) muestran un diagrama de resistencia a la tracción frente a tenacidad en dos direcciones de ensayo para la aleación de acuerdo con este invento en un estado T89, en comparación con aleaciones 2024 de la técnica anterior;

La Figura 4 muestra la resistencia a la tracción frente a la tenacidad de dos aleaciones de acuerdo con este invento en función del contenido de Cr y Zr;

La Figura 5 muestra el límite de fluencia frente a la tenacidad a la entalla de la aleación de acuerdo con este invento para dos direcciones de ensayo en diversos estados, en comparación con conocidas aleaciones 2024 de la técnica anterior; y

La Figura 6 muestra el FCGR de la aleación de acuerdo con este invento en dos estados, en comparación con la aleación HDT-AA2024-T351 de la técnica anterior.

La Figura 1 muestra esquemáticamente los intervalos del Cu y el Mg para la aleación de acuerdo con el presente invento en sus diversas realizaciones, como se exponen en las reivindicaciones dependientes. Los intervalos pueden ser también identificados usando las esquinas A, B, C y D de una caja. A' a D' identifican intervalos preferidos, A'' a D'' a intervalos más preferidos, y A''' a D''' a intervalos muy preferidos. Las coordenadas se enumeran en la Tabla 1.

TABLA 1

Coordenadas (en % ponderal) de las esquinas de los intervalos de Cu-Mg para los intervalos preferidos del producto de aleación de acuerdo con el invento

Esquina	(Mg, Cu) intervalo amplio de la Reivindicación 1	Esquina	(Mg, Cu) intervalo preferido
A	0,3, 5,50	A'	0,35, 5,50
B	1,0, 5,50	B'	0,78, 5,50
C*	1,0, 4,28	C'	0,78, 4,99
D	0,3, 5,05	D'	0,35, 4,52

Esquina	(Mg, Cu) más preferido	Esquina	(Mg, Cu) muy preferido
A''	0,45, 5,35	A'''	0,45, 5,35
B''	0,75, 5,35	B'''	0,75, 5,35
C''	0,75, 4,90	C'''	0,75, 4,92
D''	0,45, 5,00	D'''	0,45, 5,20

*** fuera del intervalo de Cu de la reivindicación 1**

Ejemplos

Ejemplo 1

A escala de laboratorio, se colaron 18 aleaciones para probar el principio del invento actual y se procesaron hasta láminas de 4,0 mm. En la Tabla 2 se enumeran las composiciones de las aleaciones de todos los lingotes; Fe = 0,07, Si = 0,05, Ti = 0,02, siendo aluminio el resto. Se serraron bloques de laminación de aproximadamente 80 por 80 por 100 mm

ES 2 293 814 B2

(altura x anchura x longitud) a partir de lingotes colados en laboratorio de aproximadamente 12 kg. Los lingotes fueron homogeneizados con un tratamiento de homogeneización de dos fases, es decir, aproximadamente 10 horas a 520°C seguidas de 10 horas a 525-530°C. El calentamiento hasta la temperatura de homogeneización se realizó lentamente. Después del tratamiento de homogeneización, los bloques fueron consecuentemente dejados enfriar lentamente al aire para remedar un proceso de homogeneización industrial. Los lingotes de laminación fueron precalentados durante aproximadamente 6 horas a $460 \pm 5^\circ\text{C}$. Con un intervalo de grosor intermedio de aproximadamente 40 a 50 mm, los bloques fueron recalentados a $460 \pm 5^\circ\text{C}$. Los bloques fueron laminados en caliente hasta un calibre final de 4,0 mm. Durante todo el proceso de laminado en caliente se tuvo cuidado de remedar un laminado en caliente a escala industrial. Los productos laminados en caliente fueron tratados térmicamente en disolución y fueron templados. Las láminas fueron procesadas hasta el estado apropiado. El nivel de estiramiento fue de entre 0 y 9% dependiendo del estado final. Los productos finales tenían resistencia por envejecimiento máximo o casi máximo (por ejemplo, estado T6x o T8x, respectivamente).

Los propiedades relativas a la tracción han sido ensayadas de acuerdo con la norma EN10.002. Las muestras para tracción procedentes de la lámina de 4 mm de grosor eran muestras planas EURO-NORM de 4 mm de grosor. Los resultados de los ensayos de tracción de las Tablas 3 y 4 proceden de las direcciones L (longitudinal) y LT (transversal larga; del inglés, *long transverse*). La tenacidad al desgarro Kahn se ensaya de acuerdo con la norma ASTM B871-96, y las direcciones de ensayo de los resultados de las Tablas 3 y 4 son la T-L y la L-T. La llamada tenacidad a la entalla puede ser obtenida al dividir la resistencia al desgarro, obtenida mediante el ensayo de desgarro Kahn, por el límite de fluencia por tracción ("TS/Rp"). Se sabe en la técnica que este resultado típico del ensayo de desgarro Kahn es un buen indicador de la verdadera tenacidad a la rotura. La energía de propagación unitaria ("UPE"; del inglés, *unit propagation energy*), también obtenida mediante el ensayo de desgarro Kahn, es la energía necesaria para el desarrollo de grietas. Se cree comúnmente que cuanto mayor es la UPE, mayor es la dificultad para que se desarrolle la grieta, lo cual es una característica deseada del material.

Las aleaciones de la Tabla 2 han sido procesadas hasta láminas de acuerdo con la ruta de procesamiento anteriormente descrita. Finalmente, las aleaciones fueron envejecidas hasta el estado T651 (alargadas 1,5% y envejecidas durante 12 h/175°C). Los resultados se muestran en la Tabla 3 y en las Figuras 2a y 2b.

En las Figuras 2a y 2b se presentan los resultados de la AA2024 estándar como una referencia. La tracción frente a la tenacidad de la AA2024 comercialmente asequible para aplicaciones para fuselaje y la tracción frente a la tenacidad de la AA2024 de alta tolerancia al daño ("HDT"; del inglés, *high damage tolerant*) (por ejemplo, AA2524) se presentan como referencias. Los puntos individuales cerrados son aleaciones de acuerdo con el invento, mientras que los puntos individuales abiertos son aleaciones no acordes con este invento. Este invento muestra, en la dirección L frente a la L-T, una mejora de tenacidad de al menos 15% con respecto a la HDT-AA2024, y los mejores resultados muestran incluso una mejora de 20% o más. La persona experta reconocerá inmediatamente que los valores de la parte superior izquierda para la 2024 comercial y la 2024-HDT representan típicamente valores para los estados T3, mientras que la parte inferior derecha representa valores para los estados T6 y T8.

A partir de los resultados, puede verse también que equilibrando cuidadosamente el nivel de Ag, los niveles de las fases dispersas y los niveles de Cu y Mg, puede obtenerse una mejora sin precedentes de las propiedades de tenacidad frente a tracción.

También se produjeron láminas de la misma aleación hasta el estado T8. En la Tabla 4 y las Figuras 3a y 3b se muestran los resultados del estado T89 de una manera similar a la de las Figuras 2a y 3b. En las Figuras 3a y 3b, los resultados de AA2024 se presentan de nuevo como una referencia. La tracción frente a la tenacidad de la AA2024 comercialmente asequible para aplicaciones para fuselaje y la tracción frente a la tenacidad de la AA2024 de alta tolerancia al daño (HDT) (por ejemplo, AA2524) se presentan como referencias. Estos inventos muestran, en la dirección L frente a la L-T, una mejora de tenacidad de al menos 15% con respecto a la HDT-AA2024, y los mejores resultados muestran incluso una mejora de 20% o más.

A partir de los resultados, puede verse también que equilibrando cuidadosamente el nivel de Ag, los niveles de las fases dispersas y los niveles de Cu y Mg, puede obtenerse una mejora sin precedentes de las propiedades de tenacidad frente a tracción.

Adviértase que la aleación 16 en el estado T8 muestra un impresionante equilibrio de tracción frente a tenacidad, mientras que, en el estado T6, esta aleación estaba cerca, aunque justo debajo, del objetivo de 20% de mejora. Se cree que el rendimiento ligeramente menor de esta aleación en el estado T6 es la resultante de una dispersión experimental en el experimento a escala de laboratorio.

ES 2 293 814 B2

TABLA 2

Química de aleaciones coladas a escala de laboratorio

5 Cada una con 0,06% en peso de Fe y 0,04% en peso de Si y 0,02% en peso de Ti.

Número de muestra	Aleación del invento (sí/no)	Cu (% en peso)	Mg (% en peso)	Mn (% en peso)	Ag (% en peso)	Zn (% en peso)	Zr (% en peso)	Otro (% en peso)
1	no	5,6	0,45	0,30	0,44	0,41	0,13	—
2	sí	5,1	0,55	0,30	0,40	<0,01	0,15	—
3	sí	5,1	0,55	0,29	0,40	0,38	0,15	—
4	no	5,2	0,56	0,31	<0,01	0,61	0,15	—
5	sí	5,1	0,55	0,30	0,40	0,20	0,16	—
6	sí	4,9	0,62	0,30	0,39	0,20	0,14	—
7	sí	5,0	0,61	0,30	0,40	0,11	0,15	—
8	sí	5,1	0,63	0,31	0,25	0,21	0,15	—
9	sí	5,0	0,61	0,30	0,40	0,21	<0,01	0,12 Cr
10	sí	5,0	0,63	<0,01	0,40	0,21	0,15	—
11	no	5,0	0,64	<0,01	<0,01	0,21	<0,01	0,12 Cr
12	sí	5,0	0,42	0,31	0,40	0,21	0,15	—
13	sí	5,0	0,83	0,28	0,41	0,21	0,15	—
14	no	5,3	0,22	0,31	0,39	0,21	0,15	—
15	sí	5,4	0,62	0,30	0,40	0,21	0,15	—
16	sí	4,8	0,98	0,28	0,40	0,21	0,15	—
17	sí	4,6	0,80	0,30	0,39	0,20	0,15	—
18	no	5,2	0,62	0,30	<0,01	<0,01	0,14	0,20 Ge

Tabla 3. Propiedades mecánicas de las aleaciones ensayadas en el estado T651 ("--" significa "no medido")

Número de muestra	Aleación del invento (sí/no)	L			L-T		LT			T-L	
		Rm (MPa)	Rp (MPa)	ELONG. A5 (%)	TS/Rp	UPE (kJ/m ²)	Rm (MPa)	Rp (MPa)	ELONG. A5 (%)	TS/Rp	UPE (kJ/m ²)
1	no	507	461	13	1,37	126	507	461	13	1,37	126
2	sí	517	480	9	1,61	351	503	456	11	1,59	176
3	sí	517	484	11	1,61	314	505	460	9	1,63	147
4	no	462	384	16	1,82	302	462	376	16	1,86	210
5	sí	512	474	13	1,55	333	501	454	11	1,65	132
6	sí	509	470	10	1,68	378	500	456	10	1,64	196
7	sí	507	466	12	1,62	328	493	447	8	1,68	152
8	sí	509	461	12	1,70	334	493	443	8	--	--
9	sí	505	467	12	1,55	311	490	434	12	1,70	204
10	sí	503	462	9	1,71	303	501	454	12	1,59	165
11	no	450	382	13	1,67	206	451	371	12	1,77	206
12	sí	469	421	12	1,79	398	479	418	12	1,73	210
13	sí	518	478	12	1,53	225	518	466	11	1,52	129
14	no	441	366	15	1,84	311	440	355	11	1,89	190
15	sí	527	484	13	1,50	236	516	480	10	1,39	100
16	sí	500	452	13	1,56	257	490	432	12	--	--
17	sí	496	452	13	1,52	306	484	430	12	1,53	161
18	no	450	367	18	1,80	408	444	345	14	1,95	205

Tabla 4. Propiedades mecánicas de las aleaciones ensayadas en el estado T89 ("-" significa "no medido")

Número de muestra	Aleación del invento (sí/no)	L			L-T		LT			T-L	
		Rm (MPa)	Rp (MPa)	ELONG. A5 (%)	TS/Rp	UPE (kJ/m ²)	Rm (MPa)	Rp (MPa)	ELONG. A5 (%)	TS/Rp	UPE (kJ/m ²)
1	no	511	469	13	1,32	78	511	469	13	1,32	78
2	sí	509	475	12	1,68	403	513	477	5	1,58	201
3	sí	515	490	11	1,50	341	519	480	5	1,53	141
4	no	499	468	14	1,50	333	496	453	7	1,51	155
5	sí	508	478	12	1,67	310	514	477	6	1,57	141
6	sí	504	477	13	1,55	380	507	470	5	1,55	205
7	sí	505	478	10	1,55	312	509	455	5	1,53	143
8	sí	510	487	10	1,56	263	512	482	5	1,49	139
9	sí	516	486	12	1,54	308	523	486	6	1,52	170
10	sí	519	492	13	1,52	271	518	484	5	1,51	168
11	no	506	474	8	1,40	143	486	452	6	1,36	93
12	sí	488	458	14	1,58	302	496	453	6	--	--
13	sí	536	507	9	1,30	238	541	499	5	1,42	116
14	no	473	416	15	1,72	332	477	417	7	1,63	195
15	sí	531	504	12	1,36	144	531	494	6	1,37	110
16	sí	534	517	10	1,40	152	531	494	6	1,52	117
17	sí	526	503	9	1,42	129	512	473	6	1,45	115
18	no	469	426	15	1,59	291	463	409	7	1,72	195

ES 2 293 814 B2

Ejemplo 2

5 Dos aleaciones más fueron coladas, procesadas y ensayadas del modo descrito en el Ejemplo 1. La química de las dos aleaciones se muestra en la Tabla 5. El calibre final fue 4,0 mm. Las láminas de estas aleaciones habían sido envejecidas hasta los estados T651 y T89. Las muestras para tracción y desgarro Kahn habían sido maquinadas por ambas caras hasta un grosor final de 2,0 mm antes de los ensayos. Los resultados de los ensayos sobre estas láminas se presentan en la Tabla 6 y la Figura 4.

10 El Ejemplo 2 demuestra que una aleación que contenga Cr, por contraste con la creencia general, también puede tener una tenacidad muy elevada. Sorprendentemente, la aleación 20 que contiene Cr supera a la aleación 19 que contiene Zr.

TABLA 5

15 *Composición química (en % en peso) de dos aleaciones de acuerdo con este invento, cada una con Fe = 0,06, Si = 0,04 y Ti = 0,02*

Número de muestra	Aleación del invento (sí/no)	Cu	Mg	Mn	Ag	Zn	Zr	Otro
19	sí	5,05	0,62	0,38	0,47	0,21	0,15	—
20	sí	5,09	0,62	0,29	0,42	0,21	<0,01	0,12 Cr

TABLA 6

30 *Propiedades de las aleaciones 19 y 20 de la Tabla 5 en la dirección LT (T-L)*

Número de muestra	Estado	Rm (MPa)	Rp (MPa)	Elongación (%)	TS/Rp	UPE (kJ/m ²)
19	T651	499	450	10	1,54	160
	T89	524	492	4	1,40	112
20	T651	493	448	12	1,64	204
	T89	525	489	6	1,51	170

45 Ejemplo 3

Se produjeron lingotes de laminación de tamaño completo a escala industrial mediante colada-DC, con un grosor de 440 mm y que tenían la composición química (en % en peso): 0,58% de Mg, 5,12% de Cu, 0,14% de Zr, 0,29% de Mn, 0,41% de Ag, 0,12% de Zn, 0,01% de Ti, 0,04% de Si y 0,06% de Fe, siendo el resto aluminio e impurezas inevitables. Uno de estos lingotes fue maquinado para eliminar la capa superficial y fue homogeneizado durante 2 a 6 h/490°C + 24 h/520°C + dejado enfriar al aire a temperatura ambiental. El lingote fue luego precalentado a 460°C/6 h y fue luego laminado en caliente hasta aproximadamente 5 mm. La chapa fue adicionalmente laminada en frío hasta 4,0 mm. La chapa fue luego cortada en varios trozos. Las chapas fueron luego sometidas a disolución a 525°C durante 45 min y posteriormente templadas con agua. Las chapas fueron estiradas un 1,5% (T351 y T651) o un 6% (T36) o un 9% (T89) para obtener el estado deseado. Los estados envejecidos artificiales (T651 y T89) fueron envejecidos 12 h a 175°C.

Se tomaron muestras para tracción y desgarro Kahn del medio de la chapa y se ensayaron de acuerdo con la especificación dada en el Ejemplo 1. Eh FCGR se midió sobre muestras C(T) de 100 mm de acuerdo con la norma ASTM: E647. La relación R fue 0,1 y el ensayo se realizó con carga constante.

65 El rendimiento relativo a la fatiga por agujero abierto (Kt = 3,0) y a la fatiga por entalla plana (Kt = 1,2) se midió de acuerdo con la norma ASTM E466. Las muestras se tomaron del grosor medio de la chapa y se maquinaron hasta un grosor de 2,5 mm. El esfuerzo aplicado fue 138 MPa (base de esfuerzo en corte grueso) para la muestra de agujero abierto y 207 MPa (base de esfuerzo en corte neto en la raíz de la entalla) para las muestras de entalla plana. La frecuencia de ensayo no sobrepasó los 15 Hz. La relación R fue 0,1. Se realizaron las mediciones a un mínimo de 5 muestras por aleación/estado. Se terminaron los ensayos una vez llevados a cabo 1.500.000 ciclos. Esto se llama

ES 2 293 814 B2

normalmente “fin de carrera”. Se añadió una aleación AA2024-T351 de alta tolerancia al daño como una referencia. Los resultados se muestran en la Tabla 7 y la Figura 5. A partir de la Figura 5, puede verse que la elevada tenacidad hallada en las muestras a escala de laboratorio puede obtenerse también por medio de un procesamiento a escala industrial.

5

En la Tabla 8 se muestra el rendimiento relativo a la fatiga de esta aleación en los estados T36 y T89. Puede verse claramente que la aleación del invento supera significativamente a la referencia HDT 2024-T351.

10 El FCGR puede verse en la Figura 6. La aleación del invento se comporta similarmente a la aleación AA2024-T351 de alta tolerancia al daño usada como referencia.

TABLA 7

Resultados del ensayo de propiedades del Ejemplo 3

15

Propiedad (dirección)	T351	T651	T89	T36	REF
Rp (L), en MPa	319	494	514	421	360
Rp (LT), en MPa	297	486	518	416	332
Rm (L), en MPa	458	534	518	474	471
Rm (LT), en MPa	458	531	539	470	452
Elong (L), en %	24	10	11	17	18
Elong (LT), en %	24	10	10	18	18
TS/Rp (L-T)	1,96	1,37	1,29	1,69	1,72
TS/Rp (L-L)	2,24	1,27	1,21	1,66	—

20

25

30

35

TABLA 8

Rendimiento relativo a la fatiga de la aleación (dirección L-T) de acuerdo con este invento en dos estados, frente a la aleación AA2024-HDT como referencia

40

	T89	T36	REF
Kt = 3,0	fin de carrera	fin de carrera	$1,2 \times 10^5$
Kt = 1,2	—	$2,8 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$

45

50 Una vez descrito completamente el invento, resultará evidente a un experto en la técnica que pueden realizarse muchos cambios y modificaciones sin apartarse del espíritu ni el alcance del invento como aquí se describe.

55

60

65

ES 2 293 814 B2

REIVINDICACIONES

5 1. Un producto labrado de aleación de aluminio con gran resistencia y elevada tenacidad a la rotura y elevada resistencia a la fatiga y bajo índice de desarrollo de grietas por fatiga, aleación que comprende, en % en peso:

Cu y Mg en un intervalo que cae dentro de un recuadro gráfico definido por las esquinas:

10 esquina A es 0,45% en peso de Mg, 5,35% en peso de Cu

esquina B es 0,75% en peso de Mg, 5,35% en peso de Cu

esquina C es 0,75% en peso de Mg, 4,92% en peso de Cu

15 esquina D es 0,45% en peso de Mg, 5,20% en peso de Cu

Fe < 0,20

Si < 0,20

20 Zn 0,1 a < 0,40,

y Mn en un intervalo de 0,15 a menos de 0,4, en combinación con Zr en un intervalo de 0,06 a 0,18 y, opcionalmente, uno o más elementos que forman fases dispersas seleccionados del grupo que consiste en:

25 Sc < 0,7

Cr < 0,4

30 Hf < 0,3

Ag < 1,0

Ti < 0,4

35 y siendo el resto aluminio y otras impurezas o elementos incidentales.

2. Un producto labrado de aleación de aluminio de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el contenido de Zr está en un intervalo de 0,06 a 0,15%.

40 3. Un producto labrado de aleación de aluminio de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que el contenido de Mn está en un intervalo de 0,20 a 0,35%.

45 4. Un producto labrado de aleación de aluminio de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el contenido de Ag está en un intervalo de hasta 0,6%, preferiblemente en el intervalo de 0,25 a 0,50%, o más preferiblemente en el intervalo de 0,32 a 0,48%.

5. Un producto labrado de aleación de aluminio de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el contenido de Cr está en un intervalo de hasta 0,30%, preferiblemente en un intervalo de hasta 0,15%.

50 6. Un producto labrado de aleación de aluminio de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el contenido de Zn está en el intervalo de 0,10 a 0,25%.

55 7. Un producto labrado de aleación de aluminio de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en que el producto está en forma de una lámina, chapa, producto forjado o producto extruido para uso en una estructura de un avión.

60 8. Un producto labrado de aleación de aluminio de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en que el producto es una lámina para fuselaje, una chapa para ala superior, una chapa para ala inferior, una chapa gruesa para piezas maquinadas, un producto forjado o una lámina delgada para largueros.

9. Un producto labrado de aleación de aluminio de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en que el producto está en forma de un producto de chapa que tiene un grosor en el intervalo de 12,5 a 76 mm.

65 10. Método para producir un producto de aleación de la serie AA2000 con alta resistencia y alta tenacidad, que tenga un buen rendimiento en cuanto a la tolerancia al daño, que comprende las operaciones de procesamiento de :

a) colar un lingote que tenga una composición de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9;

ES 2 293 814 B2

b) homogeneizar y/o precalentar el lingote después de la colada;

c) labrar el lingote en caliente hasta un producto prelabrado;

5 d) recalentar opcionalmente el producto prelabrado,

e) opcionalmente, labrar en caliente y/o labrar en frío hasta una forma de pieza para maquinar deseada;

10 f) tratar térmicamente en disolución dicha pieza para maquinar formada, a una temperatura y durante un tiempo suficientes para que esencialmente todos los componentes solubles de la aleación se sitúen en disolución sólida.

g) templar la pieza para maquinar térmicamente tratada en disolución, mediante temple por pulverización de, o temple por inmersión en, agua u otros medios de temple;

15 h) opcionalmente estirar o comprimir la pieza para maquinar templada;

i) envejecer la pieza para maquinar templada y opcionalmente estirada o comprimida, hasta alcanzar un estado deseado.

20 11. Método de fabricación de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el producto de aleación es envejecido hasta un estado seleccionado del grupo que comprende T3, T351, T352, T36, T3x, T4, T6, T61, T62, T6x, T651, T652, T87, T89, T8x.

25 12. Método de fabricación de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, en el que el producto de aleación ha sido procesado hasta una lámina para el fuselaje de un avión.

13. Método de fabricación de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, en el que el producto de aleación ha sido procesado hasta una chapa para el ala inferior de un avión.

30 14. Método de fabricación de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, en el que el producto de aleación ha sido procesado hasta una chapa para el ala superior de un avión.

35 15. Método de fabricación de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, en el que el producto de aleación ha sido procesado hasta una chapa gruesa que tiene un grosor de hasta 280 mm para estructuras maquinadas.

40

45

50

55

60

65

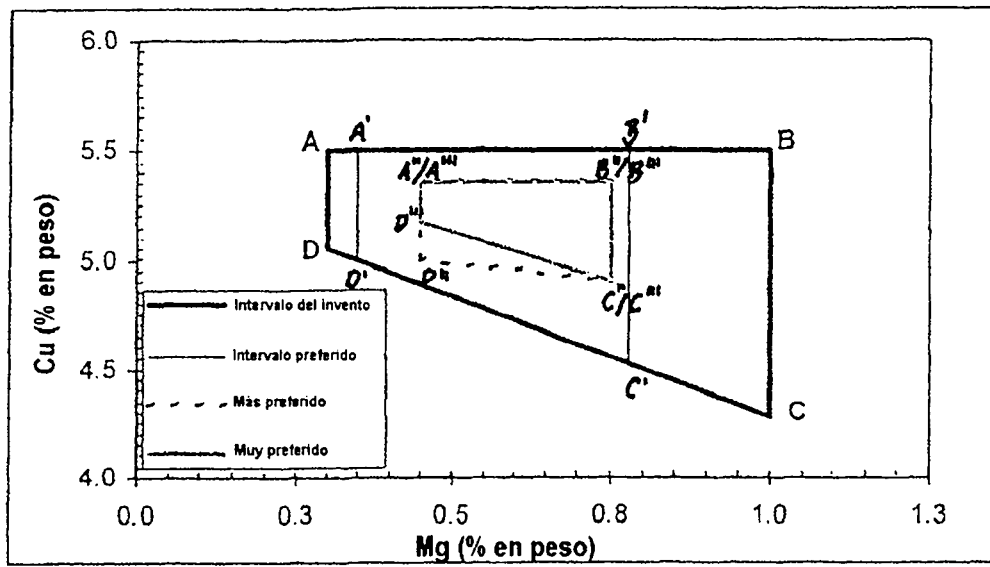


Figura 1

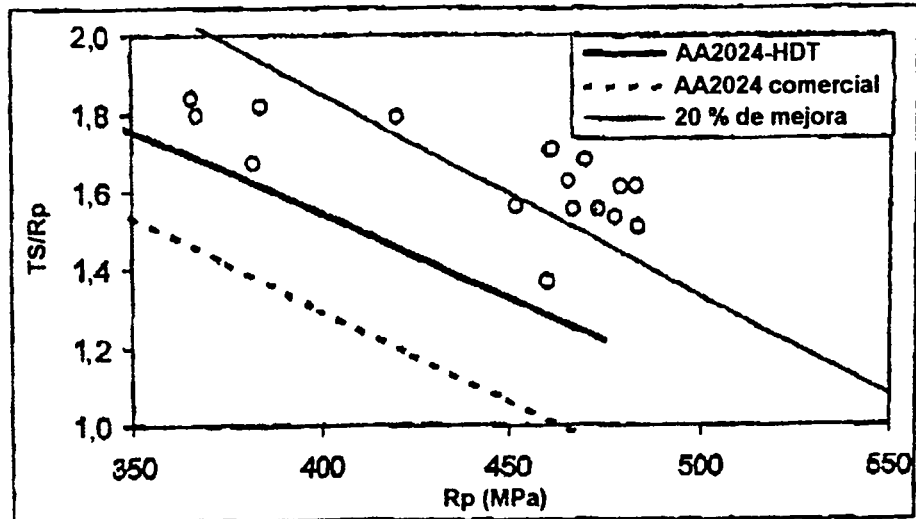


Figura 2a

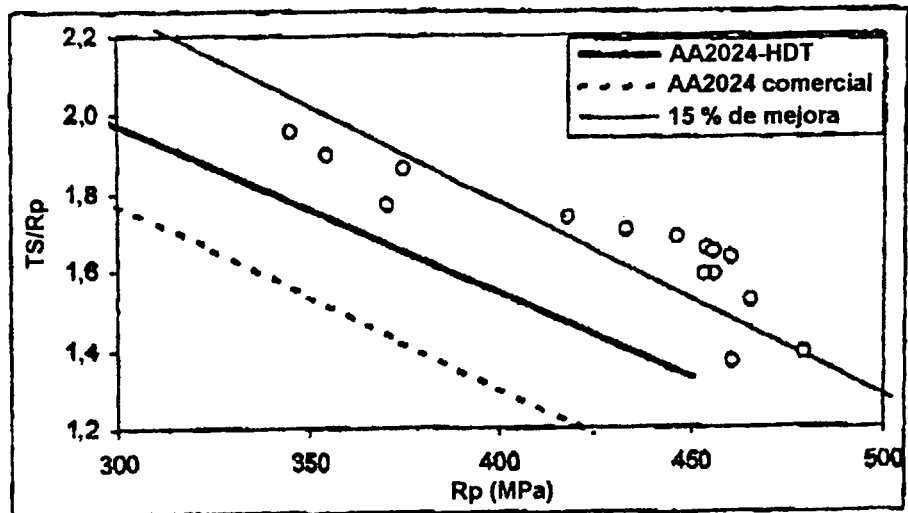


Figura 2b

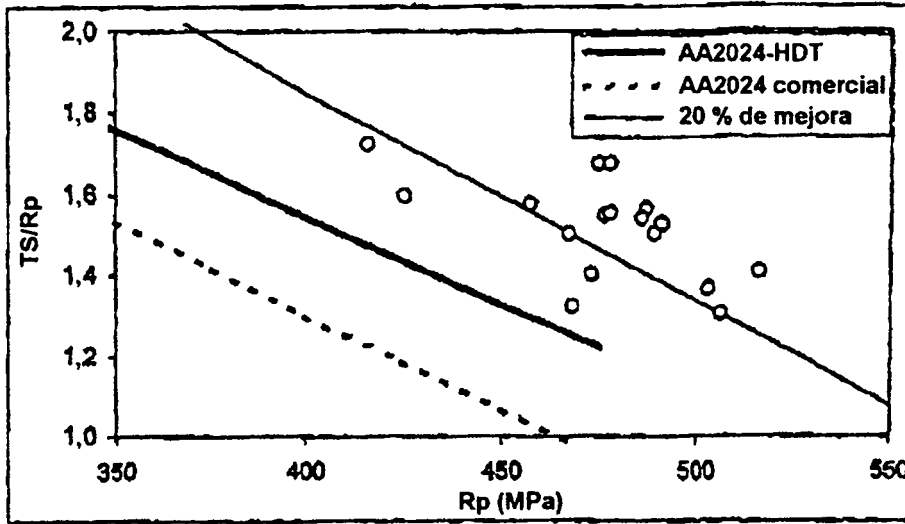


Figura 3a

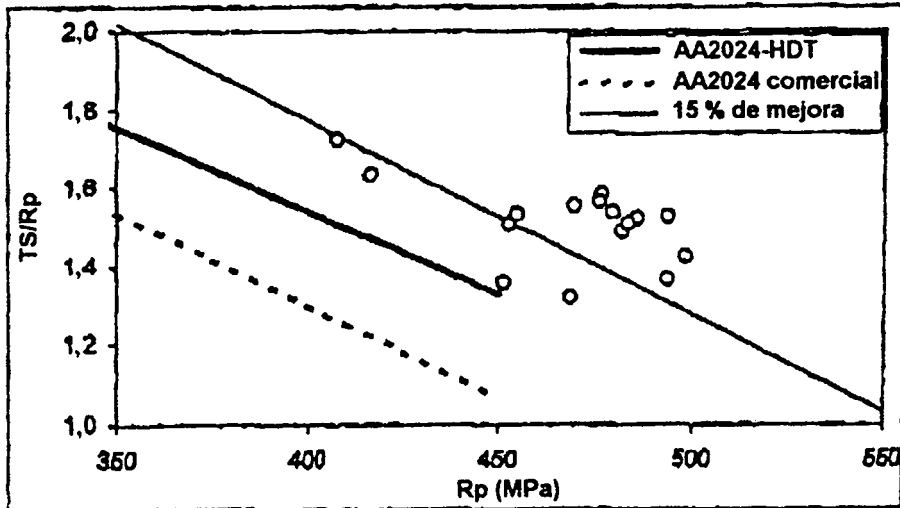


Figura 3b

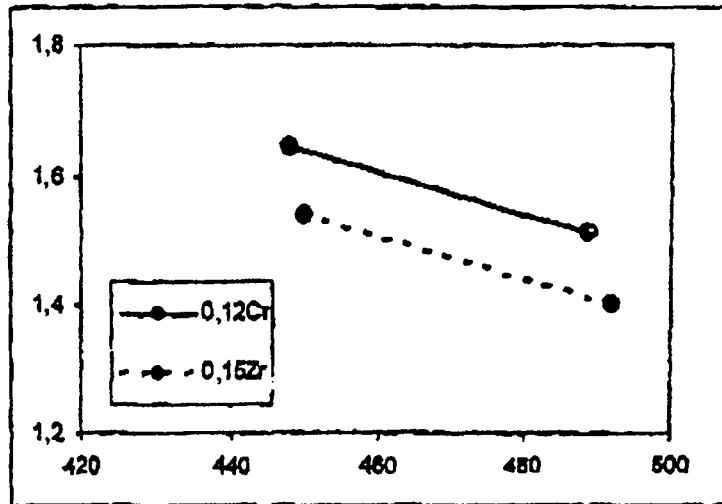


Figura 4

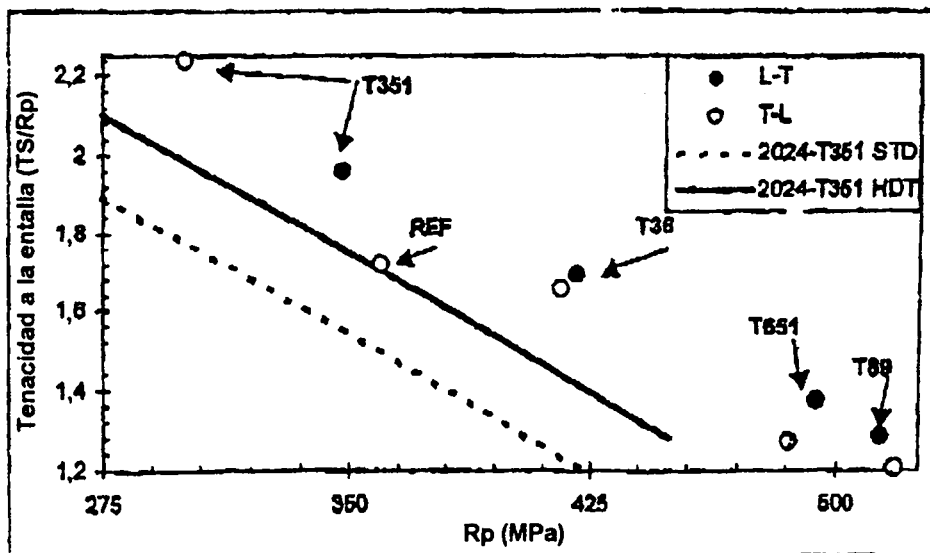


Figura 5

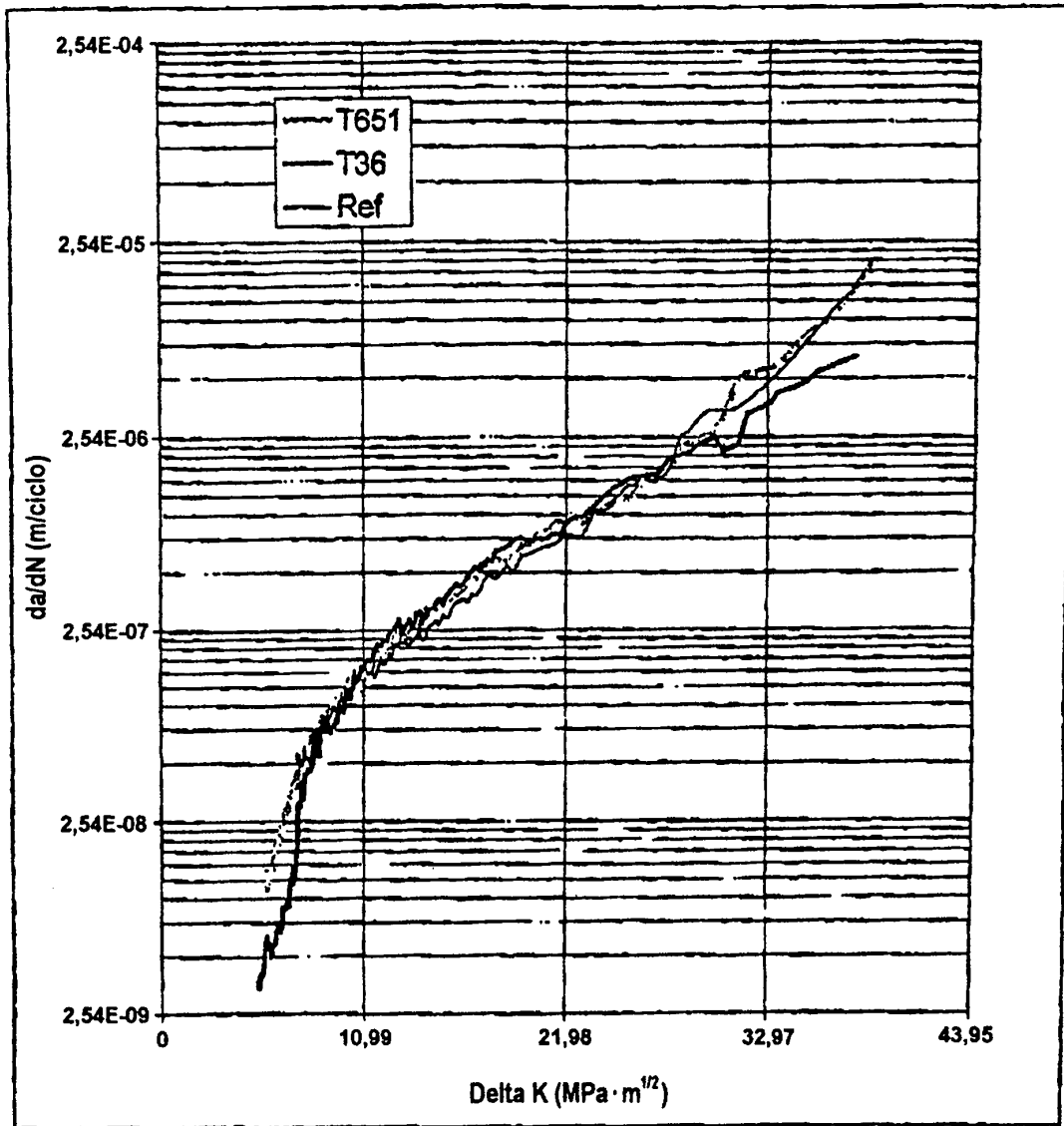


Figura 6



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 293 814

②1 N° de solicitud: 200550080

②2 Fecha de presentación de la solicitud: **03.06.2004**

③2 Fecha de prioridad: **06.06.2003**

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤1 Int. Cl.: **C22C 21/16** (2006.01)
C22F 1/057 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤6 Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	EP 1114877 A1 (PECHINEY RHENALU) 11.07.2001, párrafos [0019],[0021],[0027],[0029]; ejemplo 1; tabla 1 (B-D,F).	1-20
X	US 5652063 A (KARABIN et al.) 29.07.1997, columna 1, líneas 12-24; columna 2, línea 57 - columna 3, línea 5; reivindicaciones 1,4; ejemplos A-D,L,S,T,W-Z,AA-DD; tablas 1-3.	1-20
X	US 5593516 A (CASSADA et al.) 14.01.1997, columna 3, líneas 18-50; columna 6, líneas 32-46; columna 7, líneas 9-30; ejemplos 2-4; tabla 2.	1-20
X	ES 2175647 T3 (ALCAN TECH. & MNG. AG) 16.11.2002, página 3, líneas 17-34; página 4, líneas 26-38; tabla 1 (A,B).	1-20

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
06.02.2008

Examinador
J. A. Peces Aguado

Página
1/1