

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 373 054**

51 Int. Cl.:
C22C 21/06 (2006.01)
C22C 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06776840 .8**
96 Fecha de presentación: **14.08.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1917373**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.05.2008**

54 Título: **ALEACIÓN DE Al-Mg SOLDABLE DE ALTA RESISTENCIA.**

30 Prioridad:
16.08.2005 EP 05076898

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
31.01.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
31.01.2012

73 Titular/es:
**ALERIS ALUMINUM KOBLENZ GMBH
CARL-SPAETER-STRASSE 10
56070 KOBLENZ, DE**

72 Inventor/es:
**TELIOUI, Nadia;
MEIJERS, Steven, Dirk;
NORMANN, Andrew;
BÜRGER, Achim y
SPANGEL, Sabine, Maria**

74 Agente: **de Elizaburu Márquez, Alberto**

ES 2 373 054 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

Aleación de Al-Mg soldable de alta resistencia

Campo de la invención

- 5 La invención se refiere a un producto de aleación de aluminio, en particular un tipo de Al-Mg (también conocida como aleación de aluminio de la serie 5xxx según se designa por la Asociación del Aluminio). Más en particular, la presente invención se refiere a una aleación de aluminio de alta resistencia, baja densidad con excelente resistencia a la corrosión y soldabilidad. Los productos fabricados a partir de esta nueva aleación son muy adecuados para aplicaciones en la industria del transporte tales como su aplicación en productos aeroespaciales, buques, vehículos de carretera y ferroviarios, construcción naval y en la industria de la construcción.
- 10 La aleación puede procesarse para dar diversas formas de producto, por ejemplo productos de chapa, placa delgada o extruidos, forjados o conformados por envejecimiento. La aleación puede estar no recubierta o recubierta o metalizada con otra aleación de aluminio con el fin de mejorar incluso más las propiedades, por ejemplo la resistencia a la corrosión.

Antecedentes de la invención

- 15 Se han usado diferentes tipos de aleaciones de aluminio en el pasado para fabricar una variedad de productos para su aplicación en la industria del transporte y la construcción, más en particular también en la industria aeroespacial y marítima. Los diseñadores y fabricantes en estas industrias están tratando constantemente de mejorar el rendimiento del producto, la vida útil del producto y la eficiencia de combustible, y también están tratando constantemente de reducir los costes de fabricación, funcionamiento y servicio.
- 20 Una manera de obtener los objetivos de estos fabricantes y diseñadores es mejorando las propiedades de materiales relevantes de las aleaciones de aluminio, de modo que pueda diseñarse un producto que va a fabricarse a partir de esa aleación de manera más eficaz, pueda fabricarse de manera más eficaz y tenga un mejor rendimiento global.
- 25 En muchas aplicaciones referidas anteriormente, se requieren aleaciones que tengan alta resistencia, baja densidad, excelente resistencia a la corrosión, excelente soldabilidad y excelentes propiedades tras soldadura.
- 30 El documento US 2002/0006352 da a conocer una aleación de aluminio-magnesio para operaciones de colada, que consiste, en porcentaje en peso, en el 2,7-6,0 de Mg, el 0,4-1,4 de Mn, el 0,10-1,5 de Zn, el 0,3 max. de Zr, el 0,3 max. de V, el 0,3 max. de Sc, el 0,3 max. de Ti, el 1,0 max. de Fe, el 1,4 max. de Si, siendo el resto aluminio e impurezas inevitables. La aleación de colada es particularmente adecuada para su aplicación en operaciones de colada a presión. Además, el documento se refiere a un método de uso de la aleación de colada para componentes de automóviles de colada a presión.
- La patente europea EP 0 958 393 B1 da a conocer una aleación de aluminio-magnesio que proporciona una buena tolerancia al daño y, por tanto, está destinada a aplicaciones aeroespaciales tales como revestimientos de fuselaje, secciones de ala inferiores, largueros y mamparos estancos.

- 35 La presente invención se refiere a una aleación del tipo AA 5xxx que combina propiedades mejoradas en los campos de la resistencia, tolerancia al daño, resistencia a la corrosión y soldabilidad.
- 40 Tal como se apreciará, a continuación en el presente documento, excepto cuando se indica de otro modo, las designaciones de aleación y designaciones de templado se refieren a las designaciones de la Asociación del Aluminio en Aluminium Standards and Data and Registration Records publicado por la Asociación del Aluminio en 2005.

Descripción de la invención

- Un objeto de la presente invención es proporcionar un producto de aleación de aluminio-magnesio de la serie AA5xxx de las aleaciones, según lo designa la Asociación del Aluminio, que tiene propiedades de alta resistencia, baja densidad y excelente corrosión.
- 45 Un objeto adicional de la presente invención es proporcionar un producto de aleación de aluminio-magnesio que tiene buenas propiedades de soldabilidad.
- Otro objeto de la presente invención es proporcionar un producto de aleación de aluminio-magnesio que muestra alta estabilidad térmica y es adecuado para su uso en la fabricación de productos a partir del mismo formados mediante procesos de conformación plástica tales como conformación por fluencia, conformación por laminación y conformación por estirado.
- 50 Estos y otros objetos y ventajas adicionales se cumplen o superan por la presente invención que se refiere a un

- producto de aleación de aluminio que consiste esencialmente, en % en peso, en
- del 3,5 al 6,0 de Mg
 - del 0,4 al 1,2 de Mn
 - Fe < 0,5
 - 5 Si < 0,5
 - Cu < 0,15
 - del 0,05 al 0,25 de Zr
 - del 0,03 al 0,15 de Cr
 - del 0,03 al 0,2 de Ti
 - 10 del 0,1 al 0,3 de Sc
 - Zn < 1,7
 - L1 < 0,5
 - Ag < 0,4,
 - 15 opcionalmente uno o más de los siguientes elementos de formación de dispersoides seleccionados del grupo que consiste en erbio, itrio, hafnio, vanadio, cada uno < 0,5, e impurezas o elementos accidentales cada uno < 0,05, total < 0,15 y siendo el resto aluminio), y siendo dicho producto de aleación de aluminio un producto aeroespacial seleccionado del grupo que consiste en un larguero, mamparo estanco, chapa de fuselaje o panel de ala inferior.
- Según la invención, se añade Mg para proporcionar la resistencia básica de la aleación. Cuando el contenido en Mg está en el intervalo del 3,5 al 6% en peso, la aleación puede lograr su resistencia a través de endurecimiento por disolución sólida o endurecimiento mecánico. Un intervalo adecuado para Mg es del 3,6 al 5,6% en peso, un intervalo preferido es del 3,6 al 4,4% en peso, y un intervalo más preferido es del 3,8 al 4,3% en peso. En un intervalo preferido alternativo, el contenido en Mg está en el intervalo del 5,0 al 5,6% en peso.
- 20
- La adición de Mn es importante en la aleación según la invención como elemento de formación de dispersoides y su contenido se encuentra en el intervalo del 0,4 al 1,2% en peso. Un intervalo adecuado es del 0,6 al 1,0% en peso, y un intervalo más preferido es del 0,65 al 0,9% en peso.
- 25
- Para impedir efectos adversos de los elementos de aleación Cr y Ti, Cr está en el intervalo del 0,03 al 0,15 % en peso, preferiblemente del 0,03 al 0,12% en peso y más preferiblemente del 0,05 al 0,1% en peso, y Ti preferiblemente está en el intervalo del 0,03 al 0,15% en peso, más preferiblemente del 0,03 al 0,12% en peso y aún más preferiblemente del 0,05 al 0,1% en peso.
- 30
- Se obtiene una mejora adicional de la aleación de aluminio según la invención cuando están presentes tanto Cr como Ti en el producto de aleación de aluminio preferiblemente en cantidades iguales o aproximadamente iguales.
- Un intervalo de Zr adecuado es del 0,05 al 0,25% en peso, un intervalo preferido adicional es del 0,08 al 0,16% en peso.
- 35
- Puede lograrse una mejora adicional en las propiedades, particularmente la soldabilidad, cuando se añade Sc como elemento de aleación en el intervalo del 0,1 al 0,3% en peso.
- 40
- El efecto de añadir Sc puede potenciarse adicionalmente mediante la adición de Zr y Ti. Pueden combinarse tanto Ti como Zr con Sc para formar un dispersoide que tiene una menor difusividad que el dispersoide de Sc solo y un desajuste entre redes reducido entre el dispersoide y la matriz de aluminio, que da como resultado una tasa de engrosamiento reducida. Una ventaja adicional para la adición de Zr y Ti es que es necesario menos Sc para obtener el mismo efecto de inhibición de la recristalización.
- Se cree que las propiedades mejoradas con el producto de aleación de esta invención, particularmente alta resistencia y buena resistencia a la corrosión, se obtienen mediante una adición combinada de Cr, Ti y Zr a una aleación de Al-Mg que ya contiene una cantidad de Mn.
- Preferiblemente, se combina Cr con Zr hasta una cantidad total del 0,08 al 0,25% en peso.
- 45
- En otra realización preferida de la aleación según la invención, se combina Cr con Ti hasta una cantidad total en el intervalo del 0,08 al 0,22% en peso.

ES 2 373 054 T3

Todavía en otra realización preferida de la aleación según esta invención, se combina Zr con Ti en la aleación hasta una cantidad total en el intervalo del 0,08 al 0,25% en peso.

Aún en otra realización preferida de la aleación según la invención, se combina Cr con Ti y Zr hasta una cantidad total de estos elementos en el intervalo del 0,09 al 0,36% en peso.

- 5 En otra realización, puede añadirse Zn a la aleación en el intervalo del 0 al 1,7% en peso. Un intervalo adecuado para Zn es del 0 al 0,9% en peso, y preferiblemente del 0 al 0,65% en peso, más preferiblemente del 0,2 al 0,65% en peso y aún más preferiblemente del 0,35 al 0,6% en peso. Alternativamente, cuando no se añade Zn deliberadamente a la aleación en una cantidad activa, la aleación puede estar sustancialmente libre de Zn. Sin embargo, cantidades traza y/o impurezas pueden haber llegado hasta el producto de aleación de aluminio.
- 10 Puede estar presente hierro en un intervalo de hasta el 0,5% en peso y preferiblemente se mantiene en un máximo del 0,25% en peso. Un nivel de hierro preferido típico sería en el intervalo de hasta el 0,14% en peso.
- Puede estar presente silicio en un intervalo de hasta el 0,5% en peso y preferiblemente se mantiene en un máximo del 0,25% en peso. Un nivel de Si preferido típico sería en el intervalo de hasta el 0,12% en peso.
- 15 De manera similar, aunque el cobre no es un aditivo añadido deliberadamente, es un elemento ligeramente soluble con respecto a la presente invención. Como tal, el producto de aleación de aluminio según la invención puede contener hasta el 0,15% en peso de Cu, y un máximo preferido del 0,05% en peso.
- Pueden estar presentes elementos opcionales en el producto de aleación de aluminio de la invención. Puede estar presente vanadio en el intervalo de hasta el 0,5% en peso, preferiblemente hasta el 0,2% en peso, litio en el intervalo de hasta el 0,5% en peso, hafnio en el intervalo de hasta el 0,5% en peso, itrio en el intervalo de hasta el 0,5% en peso, erbio en el intervalo de hasta el 0,5% en peso, y plata en el intervalo de hasta el 0,4% en peso.
- 20 En una realización preferida el producto de aleación de aluminio según la invención consiste esencialmente, en % en peso, en:
- del 3,8 al 4,3 de Mg
 - del 0,65 al 1,0 de Mn
- 25 del 0,05 al 0,25 de Zr
- del 0,03 al 0,15 de Cr
 - del 0,03 al 0,2 de Ti, preferiblemente del 0,05 al 0,1
 - del 0,1 al 0,3 de Sc
- Fe < 0,14
- 30 Si < 0,12
- siendo el resto aluminio, e impurezas o elementos accidentales, cada uno < 0,05, total < 0,15. Preferiblemente el producto de aleación de aluminio tiene además Zn en el intervalo del 0,2 al 0,65% en peso.
- En otra realización preferida, el producto de aleación de aluminio según la invención consiste esencialmente, en % en peso, en:
- 35 del 5,0 al 5,6 de Mg
- del 0,65 al 1,0 de Mn
 - del 0,05 al 0,25 de Zr
 - del 0,03 al 0,15 de Cr
 - del 0,03 al 0,2 de Ti, preferiblemente del 0,05 al 0,1
- 40 del 0,1 al 0,3 de Sc
- Fe < 0,14
 - Si < 0,12
- siendo el resto aluminio, e impurezas o elementos accidentales, cada uno < 0,05, total < 0,15. Preferiblemente el producto de aleación de aluminio tiene además Zn en el intervalo del 0,2 al 0,65% en peso.

- 5 Las condiciones de procesamiento requeridas para suministrar las propiedades deseadas dependen de la elección de las condiciones de aleación. Para la adición de aleación de Mn, la temperatura de precalentamiento preferida antes de la laminación está en el intervalo de 410°C a 560°C, y más preferiblemente en el intervalo de 490°C a 530°C. Sin embargo en este intervalo de temperatura óptimo, los elementos Cr, Ti, Zr y Sc rinden de manera menos eficaz, siendo el rendimiento de Cr el mejor de éstos. Para producir el rendimiento óptimo de Cr, Ti, Zr y especialmente en combinación con Sc, se prefiere un tratamiento de precalentamiento a menor temperatura antes de la laminación en caliente, preferiblemente en el intervalo de 280°C a 500°C, más preferiblemente en el intervalo de 400°C a 480°C.
- 10 El producto de aleación de aluminio según la invención presenta un excelente equilibrio de propiedades para procesarse en un producto en forma de una chapa, placa, producto forjado, de extrusión, soldado o un producto obtenido mediante deformación plástica. Los procesos para la deformación plástica incluyen, pero no se limitan a, procesos tales como conformación por envejecimiento, conformación por estirado y conformación por laminación.
- 15 La alta resistencia, baja densidad, alta soldabilidad y excelente resistencia a la corrosión combinadas del producto de aleación de aluminio según la invención, lo hacen en particular adecuado como producto en forma de una chapa, placa, producto forjado, de extrusión, soldado o producto obtenido mediante deformación plástica.
- En una realización adicional, en particular en la que el producto de aleación de aluminio se ha extruido, preferiblemente el producto de aleación se ha extruido para dar perfiles que tienen en su punto de sección transversal más gruesa un grosor en el intervalo de hasta 150 mm.
- 20 En forma extruida, el producto de aleación también puede sustituir material de placa gruesa, que se mecaniza convencionalmente mediante técnicas de mecanizado o fresado para dar un componente estructural conformado. En esta realización, el producto extruido tiene preferiblemente en su punto de sección transversal más gruesa un grosor en el intervalo de 15 a 150 mm.
- 25 El excelente equilibrio de propiedades del producto de aleación de aluminio se obtiene a lo largo de un amplio intervalo de grosores. En el intervalo de grosor de hasta 12,5 mm, las propiedades serán excelentes para chapa de fuselaje. El intervalo de grosor de placa delgada también puede usarse para largueros o para formar un panel de ala integral y largueros para su uso en una estructura de ala de aeronave.
- El producto de aleación de aluminio de la invención es particularmente adecuado para aplicaciones en las que se requiere tolerancia al daño, tales como productos de aluminio tolerantes al daño para aplicaciones aeroespaciales, más en particular para largueros, mamparos estancos, chapa de fuselaje, paneles de ala inferiores.
- 30 La alta resistencia, baja densidad, excelente resistencia a la corrosión y estabilidad térmica a altas temperaturas combinadas hacen que el producto de aleación de aluminio según la invención sea en particular adecuado para procesarse mediante conformación por fluencia (también conocida como conformación por envejecimiento o conformación por envejecimiento por fluencia) para dar un panel de fuselaje y otro componente que puede conformarse previamente para una aeronave. También, pueden usarse otros procesos de conformación plástica tales como conformación por laminación o conformación por estirado.
- 35 Dependiendo de los requisitos de la aplicación pretendida, el producto de aleación puede recocerse en el intervalo de temperatura de 100-500°C para producir un producto que incluye, pero no se limita a, un templado suave, un templado de endurecimiento mecánico, o un intervalo de temperatura requerido para conformación por fluencia.
- 40 El producto de aleación de aluminio según la invención es muy adecuado para unirse a un producto deseado mediante cualquier técnica de unión convencional incluyendo, pero sin limitarse a, soldadura por fusión, soldadura por fricción- agitación, remachado y unión adhesiva.

Ejemplos

A continuación se ilustrará la invención con referencia a los siguientes ejemplos.

Ejemplo 1

- 45 A escala de laboratorio, se colaron cinco aleaciones para demostrar el principio de la presente invención con respecto a las propiedades mecánicas. En la tabla 1-1, se enumeran las composiciones en % en peso de las aleaciones A a E. Las aleaciones se colaron, a escala de laboratorio, para dar lingotes que se precalentaron a una temperatura de entre 425°C y 450°C y se mantuvieron así durante 1 hora. Se laminaron en caliente los lingotes desde 80 mm hasta 8 mm y posteriormente se laminaron en frío con una etapa de recocido intermedio y una reducción en frío final del 40% para dar un grosor final de 2 mm. Se estiró la placa final al 1,5% y se recoció a una temperatura de 325°C durante 2 horas.
- 50

Tabla 1-1

Aleación	Mg	Mn	Zr	Sc	Cr	Ti
A	4,0	0,9	0,10	0,15	<0,002	<0,002
B	4,0	0,9	0,10	0,15	<0,002	0,10
C*	4,0	0,9	0,10	0,15	0,10	0,10
D*	3,87	0,9	0,11	0,15	0,10	0,12
E	4,5	0,1	0,10	0,26	<0,002	<0,002

*según la invención

Todas las aleaciones contenían el 0,06% en peso de Fe y el 0,04% en peso de Si, siendo el resto aluminio e impurezas

- 5 Se enumeran las propiedades mecánicas y las propiedades físicas disponibles de las aleaciones A-E en la tabla 1-2 y se comparan con valores típicos para AA2024-T3 y AA6013-T6. Las aleaciones C y D son parte de la presente invención. Las aleaciones A, B y la aleación E se usan como referencias.

Tabla 1-2: Propiedades mecánicas y propiedades físicas

Aleación	Rp(TYS) MPa	Rm(UTS) MPa	Alargamiento a la rotura A	Densidad g/cm ³
AA2024 T3	380	485	14	2,796
AA6013 T6	365	393	11	2,768
A	346	420	10	-
B	376	426	9,4	-
C*	393	439	7,6	2,655
D*	380	430	9	-
E	310	385	12	2,645

*según la invención, se tomaron todas las muestras en la dirección L

- 10 - no determinadas las medias

Las propiedades mecánicas se establecieron según la norma ASTM EM8.

Rp, TYS representa resistencia al alargamiento (tracción); Rm, UTS representa resistencia a la tracción de rotura; A representa alargamiento a la rotura

- 15 La presente invención comprende Mn como uno de los elementos de aleación requeridos para lograr propiedades de resistencia competitivas. La aleación de referencia A con el 0,9% en peso de Mn muestra una mejora de aproximadamente el 12% en la resistencia al alargamiento (TYS) con respecto a la aleación de referencia E que contiene sólo el 0,1% en peso de Mn. La aleación de referencia B contiene una adición deliberada del 0,10% en peso de Ti y la aleación de referencia B muestra una mejora de aproximadamente el 9% en la resistencia al alargamiento en comparación con la aleación de referencia A y una mejora del 21% en la resistencia al alargamiento con respecto a la aleación E. Puede lograrse una mejora óptima en la resistencia al alargamiento mediante la adición combinada de Cr y Ti tal como se ilustra mediante las aleaciones C y D. La combinación de Cr y Ti tal como se describe en la presente invención (aleaciones C y D) proporciona una mejora de aproximadamente el 14% en la resistencia al alargamiento con respecto a la aleación de referencia A y una mejora del 27% con respecto a la aleación de referencia E: las aleaciones C y D de la presente invención no sólo muestran propiedades superiores de resistencia al alargamiento sino que tienen una menor densidad con respecto a las aleaciones establecidas AA2024 y AA6013.

- 25

Las aleaciones A, C y E también se sometieron a un ensayo de corrosión para probar los principios de la presente invención con respecto a la resistencia a la corrosión.

La composición de las aleaciones, en % en peso, se facilita en la tabla 1-3.

- 30

Tabla 1-3

Aleación	Mg	Mn	Zr	Sc	Cr	Ti
A	4,0	0,9	0,10	0,15	<0,002	<0,002
C*	4,0	0,9	0,10	0,15	0,10	0,10
E	4,5	0,1	0,1	0,26	<0,002	<0,002

* según la invención

Las aleaciones contenían el 0,06% en peso de Fe y 0,04% en peso de Si, siendo el resto aluminio e impurezas.

- 5 La composición química de las aleaciones A y E se encuentra fuera de la presente invención; la composición química de la aleación C se encuentra dentro de la química de una aleación de la invención.

Se procesaron estas tres aleaciones tal como se describió anteriormente excepto porque se laminaron en frío las aleaciones para dar un grosor final de 3 mm.

- 10 Se soldaron las placas fabricadas a partir de la aleación procesada y se midió la corrosión usando la prueba de la norma ASTM G66 también conocido como la prueba ASSET.

Se usó la soldadura con haz láser para los ensayos de soldadura. La potencia de soldadura era de 4,5 kW, la velocidad de soldadura de 2 m/min. usando un alambre de relleno ER 5556.

Los resultados de la prueba de corrosión se muestran en la tabla 1-4.

Se sometió a prueba el rendimiento de corrosión del metal base así como la condición soldada.

- 15 Tabla 1-4 Propiedades de corrosión

Aleación	No sensibilizado			Sensibilizado 100°C/7 días			Sensibilizado 120°C/7 días		
	Solda-dura	HAZ	Metal base	Solda-dura	HAZ	Metal base	Solda-dura	HAZ	Metal base
A	N	N	N	N	N	N	N	E-D	PB-A
C*	N	N	N	N	N	N	N	N	PB-A
E	N	PB-B	PB-B	N	PB-B	PB-C	N	PB-B	PB-C

* según la invención

HAZ representa la zona afectada por el calor.

Las clasificaciones N, PB-A, PB-B y PB-C representan respectivamente sin picaduras, picaduras ligeras, picaduras moderadas y picaduras graves. La clasificación E-D representa una exfoliación muy grave.

- 20 La invención da a conocer una aleación de baja densidad con buenas propiedades mecánicas en combinación con buena resistencia a la corrosión. Por tanto, la composición de la invención produce un buen candidato para el mercado del transporte y especialmente para aplicación aeroespacial.

- 25 Tal como se muestra la tabla 1-4, la aleación C que representa una aleación de la invención tiene propiedades de corrosión mejoradas con respecto a las aleaciones A y E, que se encuentran fuera de la invención, en el metal base, HAZ y la soldadura.

Ejemplo 2

- 30 Se colaron aleaciones de aluminio de la serie AA 5xxx que tenían una composición química en % en peso mostrada en la tabla 2-1, para dar lingotes a escala de laboratorio. Se precalentaron los lingotes a una temperatura de 410°C durante 1 hora seguida por una temperatura de 510°C durante 15 horas. Se laminaron en caliente los lingotes desde 80 mm hasta 8 mm y posteriormente se laminaron en frío con una etapa de recocido intermedio y una reducción en frío final del 40% para dar un grosor final de 2 mm. Se estiró la placa final al 1,5% y posteriormente se recoció a una temperatura de 460°C durante 30 min.

Tabla 2-1

Aleación	Mg	Mn	Zn	Zr	Cr	Ti
A	5,3	0,58	0,61	0,10	<0,01	<0,01
B*	5,4	0,60	0,61	0,10	0,11	0,04
C	5,3	0,59	0,61	0,10	<0,01	0,10
D*	5,3	0,61	0,62	0,10	0,11	0,11
E	5,3	0,57	0,61	<0,01	0,10	0,10
F	5,3	0,60	0,60	<0,01	0,10	<0,01

* según la invención

Todas las aleaciones contenían el 0,06% en peso de Fe y el 0,04% en peso de Si, siendo el resto aluminio e impurezas.

5 Los resultados de las pruebas mecánicas de las aleaciones se muestran en la tabla 2-2.

Tabla 2-2 Propiedades mecánicas

Aleación	Rp(TYS) MPa	Rm(UTS) MPa	Alargamiento a la rotura A %
A	165	316	24
B*	169	329	23
C	168	326	22
D*	187	340	22
E	183	331	21
F	157	322	24

*según la invención. Se tomaron todas las muestras en la dirección L

10 Las propiedades mecánicas se establecieron según la norma ASTM EM8. Rp, TYS representa resistencia al alargamiento (tracción); Rm, UTS representa resistencia a la tracción de rotura; A representa alargamiento a la rotura

15 La tabla 2-2 muestra que la resistencia al alargamiento de la aleación de referencia A que contiene sólo una adición del 0,1% en peso de Zr es aproximadamente el 5% más resistente que la aleación de referencia F que contiene sólo una adición del 0,1% en peso de Cr. Cuando el rendimiento de las aleaciones A y F se compara con la aleación B, que contiene adiciones del 0,1% en peso de Cr y el 0,1% en peso de Zr y un nivel minoritario de Ti, se obtiene una pequeña ventaja en la resistencia al alargamiento. Además para la aleación C que contiene sólo Zr y Ti y no contiene Cr, se observa un pequeño aumento en la resistencia al alargamiento. Sin embargo, cuando se combina Cr con Ti, tal como se presenta mediante la aleación E, aumenta la resistencia de la aleación en el 11-13% en comparación con la aleación de referencia A, y el 17-19% en comparación con la aleación de referencia F. Para la combinación en la que se añaden los tres elementos a la aleación (aleación D), se observa un nivel de resistencia ligeramente mayor que para la aleación E.

20 Las aleaciones de la tabla 2.1 también se sometieron a una prueba de corrosión tras la sensibilización. Los resultados se muestran en la tabla 2.3.

Tabla 2-3 Propiedades de corrosión

Aleación	Metal base, sensibilizado 120°C/7 días
A	PB-A
B*	N, PB-A
C	PB-A
D*	N, PB-A
E	N, PB-A

F	N, PB-A
---	---------

* según la invención

Se midió la corrosión usando la prueba de la norma ASTM G66, también conocida como la prueba ASSET.

Las clasificaciones N y PB-A representan sin picaduras, resp. picaduras ligeras.

- 5 La elección de los elementos de adición de aleación también influye en el comportamiento de corrosión de la aleación, tal como se muestra en la tabla 2-3. Para las aleaciones que no contienen una adición de Cr (aleaciones A y C) se observaron algunas picaduras tras realizarse la prueba de corrosión. Sin embargo para las aleaciones que contienen Cr (aleaciones B, D, E y F) no se observó un ataque apreciable.

Ejemplo 3

- 10 Este ejemplo se refiere a aleaciones de aluminio de la serie AA 5xxx que tienen una composición química en % en peso mostrada en la tabla 3-1. Las aleaciones A a F son similares a las aleaciones A a F usadas en el ejemplo 2 pero se procesaron de diferente manera. En la tabla 3-1 también se facilita el contenido en Sc. Las aleaciones de la tabla 3-1 se cuelean para dar lingotes a escala de laboratorio. Se precalentaron los lingotes a una temperatura de 450°C durante 1 hora y se laminaron en caliente a la temperatura de precalentamiento desde un grosor de 80 mm hasta un grosor de 8 mm. Posteriormente se laminaron en frío las placas con una etapa de recocido intermedio y una reducción en frío final dada del 40% para dar un grosor final de de 2 mm. Entonces se estiraron las placas al 1,5% y se recocieron a una temperatura de 325°C durante 2 horas.

Tabla 3-1

Aleación	Mg	Mn	Zn	Zr	Cr	Ti	Sc
A	5,3	0,58	0,61	0,10	<0,01	<0,01	<0,005
B*	5,4	0,60	0,61	0,10	0,11	0,04	<0,005
C	5,3	0,59	0,61	0,10	<0,01	0,10	<0,005
D*	5,3	0,61	0,62	0,10	0,11	0,11	<0,005
E	5,3	0,57	0,61	<0,01	0,10	0,10	<0,005
F	5,3	0,60	0,60	<0,01	0,10	<0,01	<0,005
G*	5,2	0,91	0,60	0,10	0,10	0,11	0,15

* según la invención

- 20 Todas las aleaciones contenían el 0,06% en peso de Fe y el 0,04% en peso de Si, siendo el resto aluminio e impurezas.

Tabla 3-2 Propiedades mecánicas

Aleación	Rp(TYS) MPa	Rm(UTS) MPa	Alargamiento a la rotura A %
A	175	318	25
B*	220	344	22
C	195	335	21
D*	275	373	16
E	249	362	20
F	200	323	22
G*	390	461	9

*según la invención. Se tomaron todas las muestras en la dirección L

- 25 Las propiedades mecánicas se establecieron según la norma ASTM EM8, Rp, TYS representa resistencia al alargamiento (tracción); Rm, UTS representa resistencia a la tracción de rotura; A representa alargamiento a la rotura

La tabla 3-2 muestra las propiedades mecánicas disponibles de las aleaciones A a G. Las aleaciones A, C, E y

5 aleación F sirven como aleaciones de referencia en este ejemplo. La tabla 3-2 muestra que la resistencia al alargamiento de la aleación F con una adición del 0,10% en peso de Cr es aproximadamente el 14% mejor que la aleación A que tiene una adición del 0,10% en peso de Zr. Esto podría parecer que es contradictorio al ejemplo 2 que mostraba que la aleación A tenía una mayor resistencia al alargamiento que la aleación F. Se cree que el motivo para esta diferencia de comportamiento puede estar relacionado con la temperatura de precalentamiento usado antes de la laminación en caliente, porque durante el precalentamiento, se forma un dispersoide que puede afectar a las propiedades mecánicas del producto final.

10 Cuando se usa una alta temperatura de precalentamiento, como en el ejemplo 2, la aleación que contiene sólo el 0,1% en peso de Zr (aleación A) rinde ligeramente mejor que la aleación que contiene sólo el 0,1% en peso de Cr (aleación F). Sin embargo, cuando se usa una menor temperatura de precalentamiento, la aleación que contiene Cr es más eficaz dando como resultado una mejora en comparación con una aleación que sólo contiene Zr (aleación A). Las propiedades en la tabla 3-2 también demuestran que cuando se combina Cr con o bien Ti (aleación E), Zr (aleación B) o tanto Zr como Ti (aleación D), se observa una considerable mejora de la resistencia en comparación con las aleaciones de referencia A y F. El aumento en la resistencia de las aleaciones D y E en comparación con las aleaciones de referencia A y F también se observó en el ejemplo 2, aunque los valores alcanzados en el ejemplo 3 eran mucho mayores. Este efecto se debe a la menor temperatura de precalentamiento usada antes de la laminación en caliente.

15 Se logró el mayor nivel de resistencia con la aleación G que contenía los cuatro elementos de formación de dispersoides principales (Mn, Cr, Ti y Zr) junto con una adición de Sc. Se logró una resistencia al alargamiento de 20 390 MPa que es superior a la de cualquiera de las aleaciones mencionadas tanto en el ejemplo 2 como en el 3.

REIVINDICACIONES

1. Producto de aleación de aluminio que tiene alta resistencia, excelente resistencia a la corrosión y soldabilidad, que tiene la siguiente composición en % en peso:
 del 3,5 al 6,0 de Mg
 5 del 0,4 al 1,2 de Mn
 Fe < 0,5
 Si < 0,5
 Cu < 0,15
 del 0,05 al 0,25 de Zr
 10 del 0,03 al 0,15 de Cr
 del 0,03 al 0,2 de Ti
 del 0,1 al 0,3 de Sc
 Zn < 1,7
 Ag < 0,4
 15 Li < 0,5,
 opcionalmente uno o más de los siguientes elementos de formación de dispersoides seleccionados del grupo que consiste en erbio, itrio, hafnio, vanadio, cada uno < 0,5% en peso,
 e impurezas o elementos accidentales cada uno < 0,05, total < 0,15 y siendo el resto aluminio,
 y siendo dicho producto de aleación de aluminio un producto aeroespacial seleccionado del grupo que
 20 consiste en un larguero, mamparo estanco, chapa de fuselaje y panel de ala inferior.
2. Producto de aleación de aluminio según la reivindicación 1, en el que el contenido en Ti está en el intervalo del 0,03 al 0,12% en peso, y preferiblemente del 0,05 al 0,1% en peso.
3. Producto de aleación de aluminio según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el contenido en Cr está en el intervalo del 0,05 al 0,1% en peso.
- 25 4. Producto de aleación de aluminio según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que Mn está en el intervalo del 0,6 al 1,0% en peso, y preferiblemente del 0,65 al 0,9% en peso.
5. Producto de aleación de aluminio según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la cantidad combinada de Cr y Zr está en el intervalo del 0,08 al 0,25.
- 30 6. Producto de aleación de aluminio según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la combinación de Zr y Ti está en el intervalo del 0,08 al 0,25.
7. Producto de aleación de aluminio según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la cantidad combinada de Cr y Ti y Zr está en el intervalo del 0,11 al 0,36.
8. Producto de aleación de aluminio según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el producto de aleación de aluminio está sustancialmente libre de Zn.
- 35 9. Producto de aleación de aluminio según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que Mg está en el intervalo del 3,6 al 5,6% en peso, preferiblemente en el intervalo del 3,6 al 4,4% en peso, más preferiblemente en el intervalo del 3,8 al 4,3% en peso.
10. Producto de aleación de aluminio según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que Mg está en el intervalo del 5,0 al 5,6% en peso.
- 40 11. Producto de aleación de aluminio según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el producto tiene un grosor en el intervalo de 15 a 150 mm en su punto de sección transversal más gruesa.
12. Producto de aleación de aluminio según la reivindicación 11, en el que el producto es un producto extruido.

ES 2 373 054 T3

13. Producto de aleación de aluminio según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el producto está en forma de un producto de placa que tiene un grosor en el intervalo de 0,6 a 80 mm.
14. Producto de aleación de aluminio según la reivindicación 1, que tiene la siguiente composición en % en peso:
- 5 del 3,8 al 4,3 de Mg
del 0,65 al 1,0 de Mn
Fe < 0,14
Si < 0,12
del 0,05 al 0,25 de Zr
- 10 del 0,03 al 0,15 de Cr
del 0,03 al 0,2 de Ti, preferiblemente del 0,05 al 0,1
del 0,1 al 0,3 de Sc
Zn < 1,7
e impurezas o elementos accidentales cada uno < 0,05, total < 0,15
- 15 y siendo el resto aluminio.
15. Producto de aleación de aluminio según la reivindicación 1, que tiene la siguiente composición en % en peso:
- 20 del 5,0 al 5,6 de Mg
del 0,65 al 1,0 de Mn
Fe < 0,14
Si < 0,12
del 0,05 al 0,25 de Zr
del 0,03 al 0,15 de Cr
del 0,03 al 0,2 de Ti, preferiblemente del 0,05 al 0,1
- 25 del 0,1 al 0,3 de Sc
Zn < 1,7
e impurezas o elementos accidentales cada uno < 0,05, total < 0,15
y siendo el resto aluminio.
16. Producto de aleación de aluminio según la reivindicación 14 o la reivindicación 15, en el que
- 30 del 0,2 al 0,65% en peso de Zn.