



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 319 718**

51 Int. Cl.:

C22C 21/00 (2006.01)

C22C 21/12 (2006.01)

C22C 21/16 (2006.01)

C22F 1/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07747842 .8**

96 Fecha de presentación : **07.03.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2006403**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.12.2008**

54 Título: **Aleación a base de aluminio.**

30 Prioridad: **27.03.2006 RU 2006109658**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.05.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.05.2010

73 Titular/es: **Otkrytoe Akcionernoe Obschestvo
"Kamensk-Uralsky Metallurgichesky Zavod"**
Ul. Zavoskaya, 5
Kamensk-Uralsky, Sverdlovskaya Obl. 623405, RU

72 Inventor/es: **Popov, Valeriy Ivanovich;**
Ovsyannikov, Boris Vladimirovich y
Zamyatin, Viktor Mikhailovich

74 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

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).

ES 2 319 718 T3

DESCRIPCIÓN

Aleación a base de aluminio.

5 La presente invención se refiere al campo de la metalurgia de las aleaciones a base de aluminio, en particular a la aleación del sistema de aluminio-cobre-magnesio-litio aplicada a la fabricación de productos semiacabados y de sus piezas utilizados como materiales estructurales en la ingeniería aeroespacial.

10 Como es bien conocido, las aleaciones de aluminio-litio poseen una combinación única de propiedades mecánicas, en concreto baja densidad, modulo de elasticidad incrementado y características de resistencia suficientemente alta. La disponibilidad de las propiedades indicadas permite utilizar aleaciones de este sistema como material estructural en la ingeniería aeroespacial, lo cual permite mejorar una serie de características de rendimiento aeronáutico en los vehículos aéreos, en particular, la reducción del peso del vehículo, el ahorro de combustible y el incremento de la capacidad de carga.

15 No obstante, las aleaciones de aluminio-litio adolecen de un inconveniente: su baja ductilidad en condiciones cercanas a la resistencia máxima (N.I. Fridlyander, K.V. Chuistov, A.L. Berezina, N.I. Kolobnev, *Aluminium-lithium alloys. Structure and Properties*, Kiev: Nauk. Dumka, 1992, página 177).

20 Técnica anterior

Los porcentajes en peso de una aleación a base de aluminio conocida son los siguientes:

Litio	1,7 - 2,0
25 Cobre	1,6 - 2,0
Magnesio	0,7 - 1,1
Circonio	0,04 - 0,16
30 Berilio	0,02 - 0,2
Titanio	0,01 - 0,07
Níquel	0,02 - 0,15
35 Manganeso	0,01 - 0,4
Aluminio	Resto

40 (Certificado USSR del inventor nº 1767916, IPC C 22 C 21/16, de fecha de publicación 20.08.1997).

Los inconvenientes de la aleación indicada son su baja procesabilidad, alta intensidad de trabajo de fabricación y bajo rendimiento de la fabricación de productos semiacabados y de sus piezas, y la imposibilidad de obtener láminas delgadas y secciones de paredes delgadas y piezas forjadas con matriz con la misma.

45 Las razones que causan los inconvenientes mencionados cuando se utiliza la aleación conocida comprenden el hecho de que los contenidos relativamente altos de cobre en la aleación conocida inciden negativamente en la fragilidad en caliente y la ductilidad por conformación, lo cual provoca un mayor agrietamiento, un mayor rechazo de pliegues y rugosidades por las operaciones de acabado, en particular el aplanamiento y el estiramiento de los productos semiacabados.

50 Los porcentajes en peso de la aleación a base de aluminio nº 8093 (según la designación de aleaciones mediante números y las definiciones registradas por la Aluminium Association, Washington, USA) son los siguientes:

55 Litio	1,9 - 2,6
Cobre	1,0 - 1,6
Magnesio	0,9 - 1,6
60 Circonio	0,04 - 0,14
Titanio	Hasta 0,1
Manganeso	Hasta 0,1
65 Cinc	Hasta 0,25
Aluminio	Resto

ES 2 319 718 T3

(Designación internacional de aleaciones y límites de la composición química de aleaciones de aluminio forjado y aluminio, Aluminium Association: 2004, páginas 12 y 13).

Los inconvenientes de la aleación indicada son el incremento del coste de la aleación, su baja procesabilidad, alta intensidad de trabajo de fabricación y bajo rendimiento de la fabricación de productos semiacabados y de sus piezas, y la imposibilidad de obtener láminas delgadas, secciones de pared delgada y piezas forjadas con matriz con la misma.

Las razones que causan los inconvenientes mencionados cuando se utiliza la aleación conocida comprenden el hecho de que la aleación conocida presenta un contenido incrementado de litio, y además el contenido incrementado de litio provoca la formación de fases reforzadas que incrementan ligeramente las características de resistencia de la aleación, pero al mismo tiempo reducen considerablemente su ductilidad por moldeado y conformación, lo cual a su vez provoca un mayor agrietamiento, un mayor rechazo de los pliegues y las rugosidades por las operaciones de acabado, en particular el aplanamiento y el estiramiento de los productos semiacabados.

La aleación más parecida en cuanto a composición química y funcionamiento a la aleación a base de aluminio reivindicada es la aleación que presenta los % en peso siguientes:

Litio	1,7 - 2,0
Cobre	1,6 - 2,0
Magnesio	0,7 - 1,1
Circonio	0,04 - 0,2
Berilio	0,02 - 0,2
Titanio	0,01 - 0,1
Níquel	0,01 - 0,15
Manganeso	0,001 - 0,05
Galio	0,001 - 0,05
Zinc	0,01 - 0,3
Sodio	0,0005 - 0,001
Aluminio	Resto

(Patente de la Federación rusa nº 2180928, IPC 7 C 22 C 21/00, C 22 C 21/16, de fecha de publicación 27.03.2002; véase también el documento EP-A-1 788 101).

Los inconvenientes de la aleación indicada en relación con un prototipo son su relativamente baja procesabilidad, alta intensidad de trabajo de fabricación, bajo rendimiento de la fabricación de productos semiacabados y de sus piezas y la imposibilidad de obtener láminas delgadas, secciones de pared delgada y piezas forjadas con matriz con la misma.

Las razones que causan los inconvenientes mencionados cuando se utiliza la aleación conocida en relación con un prototipo se refieren al hecho de que la aleación conocida está caracterizada porque presenta un mayor contenido de litio, que incide negativamente en la fragilidad en caliente y la ductilidad por conformación, lo cual provoca un mayor agrietamiento, un mayor rechazo de los pliegues y las rugosidades por las operaciones de acabado, en particular el aplanamiento y el estiramiento de los productos semiacabados. Por otra parte, el incremento en contenido de sodio y galio provoca un incremento considerable de la fragilidad en caliente de la aleación y una reducción muy superior de sus características de ductilidad (A.V. Kurdyumov, S.V. Inkin, V.S. Chulkov, G.G. Shadrin, *Metallurgical Admixtures in Aluminium Alloys, M.: Metallurgy*, 1988, páginas 90, 99), hecho que complica considerablemente el objetivo de obtener lingotes aceptables y además productos semiacabados mediante diferentes tipos de conformación, y también la realización de revestimientos de calidad para los productos semiacabados laminados, como consecuencia de la formación de áreas de tamaño considerable con un revestimiento no soldado en su superficie.

Exposición de la invención

El objetivo que pretende alcanzar la presente invención consiste en perfeccionar la aleación a base de aluminio destinada a la fabricación de productos semiacabados y de sus piezas para la ingeniería aeroespacial, eliminando las desventajas enumeradas anteriormente que son inherentes a las soluciones de ingeniería conocidas. Un resultado técnico logrado mediante una forma de realización de la presente invención comprende la obtención de una aleación dotada

ES 2 319 718 T3

de una mayor ductilidad, hecho que permitirá mejorar su procesabilidad, incrementar el rendimiento de la fabricación de productos semiacabados y de sus piezas y asegurar la posibilidad de producir láminas delgadas, secciones de pared delgada y piezas forjadas con matriz, reduciendo la intensidad de trabajo de producción y conservando las características deseadas de resistencia y funcionamiento de la aleación, y también productos semiacabados y sus piezas utilizados como materiales estructurales para la ingeniería aeroespacial.

El objetivo propuesto con la consecución del resultado técnico mencionado mediante la forma de realización de la presente invención se alcanzan gracias al hecho de que la aleación a base de aluminio conocida que contiene litio, cobre, magnesio, circonio, berilio, titanio, níquel, manganeso, galio, zinc y sodio contiene además calcio y, por lo menos, un elemento seleccionado de un grupo que comprende vanadio y escandio, con la siguiente relación de componentes en % en peso:

	Litio	1,6 - 1,9
15	Cobre	1,3 - 1,5
	Magnesio	0,7 - 1,1
20	Circonio	0,04 - 0,2
	Berilio	0,02 - 0,2
	Titanio	0,01 - 0,1
25	Níquel	0,01 - 0,15
	Manganeso	0,01 - 0,2
30	Galio	hasta 0,001
	Zinc	0,01 - 0,3
	Sodio	hasta 0,0005
35	Calcio	0,005 - 0,02

Por lo menos, un elemento seleccionado de entre el grupo constituido por:

40	Vanadio	0,005 - 0,01
	Escandio	0,005 - 0,01
45	Aluminio	Resto

La aleación a base de aluminio utilizada para fabricar productos semiacabados y de sus piezas difiere de la aleación de técnica anterior tanto cuantitativamente (contenido reducido en cobre, galio y sodio) como cualitativamente (contiene además calcio y, por lo menos, un elemento seleccionado de entre el grupo constituido por vanadio y escandio).

Se ha determinado que el contenido incrementado de cobre da por resultado la formación de compuestos intermetálicos granulares de forma irregular, que son fases cupríferas formadas por cristalización de la aleación en áreas con un contenido incrementado en cobre en los granos y en sus contornos. Las fases no están representadas por partículas separadas, sino por amplias acumulaciones que dificultan las deformaciones por cizalladura en el procedimiento de conformación, reduciéndose en consecuencia de forma considerable la ductilidad de la aleación.

La reducción del contenido en cobre de la aleación hasta límites de porcentaje en peso comprendidos entre el 1,3 y el 1,5% en peso permite una transferencia prácticamente completa a una solución sólida, con lo cual se obtiene una reducción considerable del coeficiente de volumen de incorporación de los compuestos intermetálicos granulares de las fases cupríferas, tal como se determina a través de un análisis mediante microscopio electrónico de la aleación, y por consiguiente, un aumento de la ductilidad de la aleación. La reducción del contenido en cobre hasta un valor de porcentaje en peso inferior al 1,3% en peso no contribuirá a aumentar las características de ductilidad de la aleación, pero reducirá de forma considerable las características de resistencia.

Además, se ha determinado que el galio y el sodio no forman fases con el aluminio y se acumulan en los contornos de los granos, dando como resultado una fractura frágil a lo largo de los contornos de los granos en los procesos de cristalización de las aleaciones y de su conformación.

ES 2 319 718 T3

Se ha determinado que con un contenido de galio y sodio inferior al 0,001 y al 0,0005% en peso, respectivamente, estos elementos se disuelven prácticamente por completo en una solución sólida, aumentando de ese modo la ductilidad de la aleación.

- 5 El calcio en cantidades comprendidas entre el 0,005 y el 0,02% en peso es un aditivo que se une al exceso de sodio y otros elementos residuales de la aleación y da por resultado la generación de una forma más redondeada de compuestos intermetálicos aislados, y la coagulación de estos genera unas condiciones de deformación por cizalladura más favorables y, en consecuencia, el aumento de la ductilidad del proceso de la aleación.
- 10 La introducción de uno o más elementos de entre el grupo constituido por vanadio y escandio en las cantidades indicadas facilita la formación de una estructura homogénea de grano fino que favorece la intensificación de la función del circonio como agente modificador, lo cual asegura el fortalecimiento estructural de los productos semiacabados y de las piezas de la aleación y permite alcanzar el nivel necesario de las propiedades de resistencia de la aleación.
- 15 A partir de la aleación a base de aluminio propuesta, es posible fabricar diversos productos semiacabados: láminas y chapas, piezas forjadas con matriz y productos extruidos. A partir de los productos semiacabados de la aleación propuesta, es posible obtener diversas piezas; por ejemplo, paneles para el revestimiento de estructuras del fuselaje de un avión, elementos de cuaderna de un mamparo, depósitos de combustible soldados y otros elementos de ingeniería aeroespacial.
- 20

Ejemplos de formas de realización de la presente invención

- 25 En condiciones industriales, se moldea un lingote plano con una sección transversal de 300 x 1.100 mm y unos lingotes redondos con diámetros de 190 mm y 350 mm en cada aleación con la composición química especificada en la Tabla 1.

La aleación nº 1 corresponde a la aleación considerada prototipo y las aleaciones nºs 2, 3 y 4 corresponden a la propuesta.

- 30 La fusión del material de carga, la degasificación y la colada en lingotera se han realizado a una temperatura comprendida entre 710 y 730°C.

35 Ejemplo 1

- Posteriormente, se fabrican láminas recubiertas de lingotes planos de cada aleación. Las láminas se fabrican de conformidad con un flujo de procesos por medio de laminación en caliente a una temperatura de 430°C hasta un espesor de 6,5 mm con arrollamiento en bobinas, seguido de recocido a una temperatura de 400°C por medio de laminación en frío.
- 40

Debe mencionarse que se logra laminar una lámina de aleación nº 1 sólo hasta un espesor de 0,9 mm, y que la laminación se interrumpe debido a la presencia de hendiduras de 30 mm de profundidad en los bordes laterales de la lámina y la presencia de 2 roturas en una bobina.

- 45 La laminación de las láminas de las aleaciones nºs 2, 3 y 4 se realiza sin roturas hasta un espesor de 0,5 mm.

Las operaciones de acabado, aplanamiento y estiramiento de las láminas de las aleaciones nºs 2, 3 y 4, en comparación con la aleación nº 1 y a pesar de su espesor inferior, se realizan de forma más satisfactoria y con menos rechazos debidos a defectos (tales como pliegues, rugosidades y grietas) en la inspección de entrega.

50

55 (Tabla pasa a página siguiente)

60

65

Tabla 1

Aleación	Nº de composición de aleación	Contenido de componentes, % en peso													Al
		Li	Cu	Mg	Zr	Be	Ti	Ni	Mn	Ga	Zn	Na	Ca	V	Sc
Reivindicada	1	1,9	1,7	0,9	0,10	0,03	0,02	0,04	0,08	0,002	0,015	0,0007	-	-	-
	2	1,9	1,5	1,0	0,11	0,02	0,02	0,05	0,06	0,0004	0,014	0,0003	0,005	0,007	0,006
	3	1,8	1,3	0,9	0,11	0,03	0,02	0,04	0,07	0,0002	0,014	0,0001	0,02	0,01	-
	4	1,8	1,4	0,8	0,10	0,04	0,02	0,04	0,07	0,0001	0,015	0,0002	0,01	-	0,009

ES 2 319 718 T3

El rendimiento de la fabricación de láminas de las aleaciones n^{os} 2, 3 y 4 ha aumentado en un 30% con respecto a la aleación n^o 1.

Posteriormente, se toman muestras de láminas de las aleaciones n^{os} 1, 2, 3 y 4 a la tensión estática y se determina la resistencia a la tracción (σ_B), el límite elástico ($\sigma_{0,2}$) y el alargamiento (δ , %).

Se cortan muestras en sentido longitudinal, transversal y en un ángulo de 45° en relación con la dirección de laminación.

Los resultados de la comprobación mecánica se presentan en la Tabla 2.

La Tabla 2 demuestra que la aleación propuesta supera a la aleación conocida (el prototipo) por lo que respecta a las características de ductilidad y mantiene las características de resistencia deseadas.

Ejemplo 2

Se fabrican secciones (ángulos con un espesor de reborde de hasta 5 mm) a partir de lingotes redondos de 190 mm de diámetro de cada aleación.

Se fabrican secciones de diferentes aleaciones realizando un único flujo de procesos, por medio de extrusión a una temperatura de 400°C, seguida de templado en agua y envejecimiento de las secciones a una temperatura de 150°C durante 24 horas.

El rendimiento de la fabricación de láminas de las aleaciones n^{os} 2, 3 y 4 supera en un 15% al de la aleación n^o 1.

Ejemplo 3

Se fabrican piezas forjadas con matriz con una pared de 40 mm de espesor a partir de lingotes redondos de 350 mm de diámetro de cada aleación.

TABLA 2

Aleación	Nº de composición de aleación	Dirección de muestreo	Propiedades mecánicas		
			σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %
Prototipo	1	Longitudinal	432	347,5	13,5
		Transversal	440	343	10,7
		Con un ángulo de 45°	419	323	13,9
Reivindicada	2	Longitudinal	430	349	14,6
		Transversal	438	352	13,8
		Con un ángulo de 45°	424	328	14,5
	3	Longitudinal	431	351	14,8
		Transversal	438	345	13,9
		Con un ángulo de 45°	425	329	14,9
	4	Longitudinal	432	345	14,9
		Transversal	439	339	14,1
		Con un ángulo de 45°	423	328	15,1

ES 2 319 718 T3

Realizando un único flujo de procesos, se fabrican piezas forjadas con matriz de diferentes aleaciones, mediante forja en bruto a una temperatura de 410°C, forja preliminar a una temperatura de 410°C y grabado por forja final a una temperatura de 400°C, seguido de templado a una temperatura de 500°C durante 2 horas y envejecimiento a una temperatura de 150°C durante 24 horas.

El rendimiento de piezas forjadas con matriz de las aleaciones n^{os} 2, 3 y 4 supera en un 10% al de la aleación n^o 1.

Por lo tanto, la aleación propuesta asegura el logro del objetivo planteado, es decir, la mejora de las características de ductilidad de la aleación y, por lo tanto, la mejora de su procesabilidad, el incremento del rendimiento de la fabricación de productos semiacabados y de sus piezas, la garantía de la posibilidad de producir láminas finas, secciones de pared delgadas y piezas forjadas con matriz reduciendo la intensidad de trabajo de producción, y el mantenimiento de las características de resistencia y funcionamiento deseadas de la aleación y de sus piezas que se exigen a los materiales estructurales destinados a la ingeniería aeroespacial.

ES 2 319 718 T3

REIVINDICACIONES

1. Aleación a base de aluminio que contiene litio, cobre, magnesio, circonio, berilio, titanio, níquel, manganeso, galio, zinc y sodio, que difiere por el hecho de que contiene además calcio y, por lo menos, un elemento seleccionado de entre el grupo constituido por vanadio y escandio, con la siguiente relación de componentes en % en peso:

Litio	1,6 - 1,9
Cobre	1,3 - 1,5
Magnesio	0,7 - 1,1
Circonio	0,04 - 0,2
Berilio	0,02 - 0,2
Titanio	0,01 - 0,1
Níquel	0,01 - 0,15
Manganeso	0,01 - 0,2
Galio	hasta 0,001
Zinc	0,01 - 0,3
Sodio	hasta 0,0005
Calcio	0,005 - 0,02

y por lo menos un elemento seleccionado de entre el grupo constituido por:

Vanadio	0,005 - 0,01
Escandio	0,005 - 0,01
Aluminio	Resto

2. Producto semiacabado, tal como una lámina, una chapa, una pieza forjada con matriz o un producto extruido fabricado a partir de la aleación a base de aluminio según la reivindicación 1.

3. Pieza fabricada a partir de un producto semiacabado según la reivindicación 2, tal como un panel para el revestimiento de una estructura del fuselaje de un avión, un elemento de cuaderna de mamparo, un depósito de combustible soldado o cualquier otro elemento de ingeniería aeroespacial.

4. Procedimiento de fabricación de una aleación a base de aluminio según la reivindicación 1, que comprende la fusión del material de carga, la degasificación y la colada en lingotera realizada a una temperatura comprendida entre 710 y 730°C.

5. Procedimiento según la reivindicación 4, que comprende la fabricación de una lámina a partir de lingotes planos, siendo fabricada la lámina de conformidad con un flujo de procesos por medio de laminación en caliente a una temperatura de 430°C hasta un espesor de 6,5 mm con arrollamiento en bobinas, seguido de recocido a una temperatura de 400°C por medio de laminación en frío.

6. Procedimiento según la reivindicación 5, que comprende la fabricación de piezas forjadas con matriz con paredes de 40 mm de espesor a partir de lingotes redondos de 350 mm de diámetro.

7. Procedimiento según la reivindicación 5, que comprende la fabricación de la pieza forjada con matriz, de conformidad con un flujo de procesos, mediante forja en bruto a una temperatura de 410°C, la forja preliminar a una temperatura de 410°C, y tras el grabado por forja final a una temperatura de 400°C, seguida de templado a una temperatura de 500°C durante 2 horas y el envejecimiento a una temperatura de 150°C durante 24 horas.