

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 642 730**

51 Int. Cl.:

**C22C 21/16** (2006.01)

**C22F 1/057** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2015** E 15161222 (3)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.07.2017** EP 3072985

54 Título: **Aleación de Al-Cu-Mg-Li exenta de Ag**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**17.11.2017**

73 Titular/es:

**OTTO FUCHS KG (100.0%)**  
**Derschlager Strasse 26**  
**58540 Meinerzhagen, DE**

72 Inventor/es:

**BECKER, JOACHIM;**  
**TERLINDE, GREGOR;**  
**WITULSKI, THOMAS y**  
**SCHLINGMANN, TINA**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 642 730 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-Cu-Mg-Li exenta de Ag

- 5 La invención se refiere a una aleación de Al-Cu-Mg-Li exenta de Ag, así como a un producto de aleación producido a partir de la misma.

10 Los componentes fabricados de aleaciones de aluminio de alto rendimiento son, en muchos casos, un componente indispensable en la construcción de aviones. Los componentes fabricados de aleaciones de aluminio de alto rendimiento de este tipo se usan, entre otras aplicaciones, en el fuselaje y en las alas como elementos estructurales. Estas piezas son piezas extrudidas y/o forjadas. Deben poseer la combinación precisa de resistencia estática y dinámica y cumplir determinados requerimientos con respecto a la resistencia a la tracción, el límite de elasticidad, el alargamiento de rotura y la tenacidad de rotura ( $K_{1C}$  y corrosión por tensofisuración). Además, el peso de los componentes que se utilizan en la industria aeroespacial desempeña un papel no despreciable. Por lo tanto, también es relevante el peso específico (la densidad) de la aleación de alto rendimiento utilizada.

15 Una aleación de Al-Cu-Zn-Mg de uso habitual que cumple con estos requerimientos es la aleación de aluminio AA 7449. Esta aleación conocida previamente tiene una composición del 1,4-2,1 % en peso de Cu, 1,8-2,7 % en peso de Mg, 7,5-8,7 % en peso de Zn, un máximo del 0,2 % en peso de Mn, un máximo del 0,12 % en peso de Si, un máximo del 0,15 % en peso de Fe, así como un máximo del 0,25 % en peso de Ti + Zr. Los componentes producidos a partir de esta aleación tienen una densidad de aproximadamente 2,85 g/cm<sup>3</sup>.

20 Otra aleación de Al-Cu-Zn-Mg utilizada que cumple con estos requerimientos es la aleación de aluminio AA 7050. Esta aleación conocida previamente tiene una composición del 2,0-2,6 % en peso de Cu, 1,9-2,6 % en peso de Mg, 5,7-6,7 % en peso de Zn, un máximo del 0,10 % en peso de Mn, un máximo del 0,12 % en peso de Si, un máximo del 0,15 % en peso de Fe, así como un máximo del 0,06 % en peso de Ti y el 0,08 – 0,15 % en peso de Zr, un máximo del 0,06 % en peso de Ti. Los componentes producidos a partir de esta aleación tienen una densidad de aproximadamente 2,83 g/cm<sup>3</sup>.

25 Con el aumento del tamaño de los aviones viene acompañada la tendencia a reducir el peso de los componentes adicionalmente en lo posible. Se han desarrollado para cumplir con estos requerimientos, partiendo de la aleación AA 7449 y AA 7050, aleaciones de Al-Cu-Li que presentan valores de resistencia comparables a la aleación AA 7449 y AA 7050, pero en las que el peso específico de los componentes producidos a partir de las mismas se encuentra en aproximadamente 2,7 g/cm<sup>3</sup>. La aleación de aluminio AA 2050 es un ejemplo de una aleación de alto rendimiento de este tipo, que ha reemplazado entre tanto, a menudo, en el sector de la aviación componentes que anteriormente se fabricaban de la aleación AA 7449. La aleación AA 2050 presenta una proporción de Cu del 3,2-3,9 % en peso; un contenido de Li del 0,7-1,3 % en peso y un contenido de Mg del 0,1-0,5 % en peso. El Zn forma parte habitualmente de la estructura de la aleación en hasta el 0,25 % en peso. Con el fin de lograr las propiedades de resistencia precisas, se alea plata en esta aleación, y concretamente en contenidos del 0,2-0,7 % en peso. Con esta medida, se sustenta la opinión prevaleciente de que la plata, particularmente en el caso de aleaciones de Al-Cu que contienen Li, es un componente de aleación necesario para lograr resistencias elevadas en los componentes producidos a partir de las mismas.

30 Una aleación similar a la aleación AA 2050 con una proporción de Li aún más elevada es la aleación AA 2196 con una proporción de Li del 1,4 – 2,1 % en peso. La proporción de Cu de esta aleación se reduce ligeramente con respecto a la proporción de Cu de la aleación 2050. A partir de esta aleación, no obstante, pueden producirse solo componentes con una tenacidad de rotura y una corrosión por tensofisuración reducidas, en comparación con componentes que se pueden producir a partir de la aleación AA 2050.

35 Aunque los componentes producidos a partir de la aleación AA 2050 presenten las propiedades de resistencia deseadas, debe aceptarse que, debido a la proporción de Ag necesaria, estos son más caros ya en el cálculo de gastos de materiales que los componentes producidos a partir de aleaciones de Al-Cu-Mg exentas de Ag AA 7449 o AA 7050.

40 Partiendo de este estado de la técnica abordado, la invención se basa en el objetivo de proponer una aleación de aluminio de Al-Cu con la puedan producirse componentes de resistencia elevada y de resistencia altamente elevada, así como un producto producido a partir de la misma, en particular adecuado para su uso como componente en una aplicación aeroespacial, que no solo cumpla los requisitos de resistencia establecidos, sino que también sea más económica en el uso de materiales en comparación con los componentes producidos a partir de la aleación AA 2050.

45 Este objetivo se logra según la invención mediante una aleación de Al-Cu que está exenta de Ag y presenta la composición siguiente:

50 3,5-4,5 % en peso de Cu,  
0,8-1,3 % en peso de Li,

## ES 2 642 730 T3

0,2-0,8 % en peso de Mg,  
0,1-0,4 % en peso de Mn,  
0,05-0,2 % en peso de Zr,  
hasta el 0,1 % en peso de Ti, estando presente el Ti como TiB<sub>2</sub> o TiC,  
el resto Al junto con impurezas inevitables.

En todas las composiciones de aleaciones que se describen en el contexto de las presentes realizaciones, pueden estar contenidas impurezas inevitables, de hasta el 0,05 % para cada elemento, no debiendo superar la cantidad total de impurezas el 0,15% en peso. Es preferente, no obstante, mantener las impurezas lo más reducidas posible, de modo que estas presenten una proporción del 0,02 % en peso para cada elemento y no debiendo superar una cantidad total del 0,08 % en peso.

Los componentes con las propiedades de resistencia altamente elevadas solo pueden producirse dentro de límites estrechos de los elementos de aleación reivindicados con un procedimiento de tratamiento térmico de otro modo habitual. Preferentemente, el envejecimiento térmico se lleva a cabo de forma que se ajuste una resistencia máxima en el componente producido a partir de la aleación. Como procedimiento de envejecimiento térmico habitual se contempla uno en el que el envejecimiento térmico se lleva a cabo entre 145 °C y 170 °C con un periodo de envejecimiento térmico adaptado de entre 10 h y 90 h.

Esta aleación se caracteriza particularmente por unos intervalos estrechos en las proporciones de los elementos de aleación. Aparte de esto, la aleación está exenta de Ag y de Zn, incluso aunque pueda tolerarse un determinado contenido de Zn. Aunque según la opinión prevaleciente las resistencias necesarias se pueden lograr solo en el caso de una aleación de Al-Cu que contiene Li en los componentes producidos a partir de la misma cuando se alea plata con una proporción no insignificante, se establece sorprendentemente que un componente producido a partir de una aleación según la invención no solo cumple con los requisitos de resistencia establecidos mediante las posibilidades de la aleación AA 7449, sino que presenta unas propiedades de resistencia incluso más elevadas que esta y también que la aleación AA 2050. Por medio del intervalo estrecho específico de los contenidos de los asociados de aleación se proporciona una aleación de Al-Cu-Mg-Li, a partir de la cual pueden producirse componentes con una resistencia altamente elevada. Para definir resistencia elevada y resistencia altamente elevada: Un componente presenta propiedades de resistencia altamente elevada cuando el límite de elasticidad  $R_{p0,2}$  es al menos de 600 MPa. Un componente presenta propiedades de resistencia elevada cuando el límite de elasticidad  $R_{p0,2}$  es al menos de 500 MPa.

No se podía esperar que se pudieran producir componentes con resistencia altamente elevada con una aleación de Al-Cu exenta de plata. Sobre todo, esto se logra sin que el gasto en el tratamiento térmico del componente producido a partir de la aleación tenga que ser más elevado.

Si la proporción de Cu se encuentra por debajo del 3,5 % en peso, no se ajusta en combinación con los otros elementos de aleación la resistencia necesaria. Los contenidos en cobre superiores al 4,3 % en la aleación no son capaces de aumentar adicionalmente la resistencia de un componente producido a partir de la aleación. Más bien, debe considerarse que en caso de contenidos de Cu más elevados. Se producen fases que pueden perjudicar las propiedades de fractura y el comportamiento de fatiga.

El litio está contenido en la aleación para reducir la densidad (el peso específico). El contenido en litio está adaptado a los contenidos de Cu y Mg de la aleación, y concretamente de una forma en la que se incorpora todo el litio posible a la aleación, pero solo si este se disuelve y no se produce ninguna fase que contenga Li no deseada. Por lo tanto, el contenido de Li en la aleación está limitado a un intervalo estrecho de entre el 0,8 y el 1,3 % en peso.

El magnesio contribuye a las propiedades deseadas de un componente producido a partir de la aleación, pero solo se permite en una proporción con la que no se produzcan fases no deseadas (tales como, por ejemplo, las fases S de Al<sub>2</sub>CuMg). Considerando los otros elementos de aleación, el contenido de Mg no debería superar el 0,8 % en peso.

El titanio se alea para refinar la estructura de colada y el circonio para evitar/inhibir la recristalización no deseada en la conformación térmica.

Los componentes de esta aleación, por lo tanto, son ya más económicos, dado que no la aleación está exenta de plata. Los costes de gasto de material para producir la aleación pueden ser hasta un 30 %, e incluso más, inferiores que los costes correspondientes de una aleación comparativa que contenga Ag.

El peso específico de un componente producido a partir de esta aleación es, en caso de una composición de aleación típica, de aproximadamente 2,7 g/cm<sup>3</sup> y corresponde, por lo tanto, al peso específico, por ejemplo, de un componente producido a partir de una aleación AA 2050. Por lo tanto, los componentes producidos a partir de esta aleación presentan la misma ventaja reductora del peso que la que poseen los componentes que se han producido, por ejemplo, a partir de la aleación AA 2050.

## ES 2 642 730 T3

Las propiedades de resistencia son a lo largo del intervalo de los elementos de aleación reivindicados relativamente uniformes. Un cierto aumento de los valores de resistencia puede lograrse con la composición siguiente, en la que los intervalos permitidos de los elementos de aleación están más limitados:

- 5            3,5-4,3 % en peso de Cu,  
               0,9-1,2 % en peso de Li,  
               0,38-0,6 % en peso de Mg,  
               0,14-0,22 % en peso de Mn,  
               0,08-0,17 % en peso de Zr,  
 10           0,03-0,07 % en peso de Ti,  
               el resto Al junto con impurezas inevitables.

Es particularmente preferente la aleación de Al-Cu exenta de plata con la composición siguiente:

- 15           3,7-4,0 % en peso de Cu,  
               0,9-1,2 % en peso de Li,  
               0,43-0,52 % en peso de Mg,  
               0,14-0,20 % en peso de Mn,  
               0,09-0,11 % en peso de Zr,  
 20           0,04-0,06 % en peso de Ti,  
               el resto Al junto con impurezas inevitables.

El Fe no puede evitarse, en general, totalmente como elemento acompañante. Se pueden tolerar, a este respecto, contenidos del 0,02-0,035 % en peso.

- 25           Para investigaciones de la composición de aleación y de las resistencias autoajustables de los componentes producidos a partir de la misma se fundieron aleaciones según la invención y aleaciones comparativas y se colaron a escala de laboratorio mediante fundición en coquilla para dar barras de ensayo.

- 30           Las aleaciones fundidas tienen la composición siguiente, siendo las aleaciones XL21, XL29 aleaciones según la invención, mientras que las restantes aleaciones se fundieron como aleaciones comparativas:

Aleación	Cu	Li	Mg	Mn	Ti	Zr	Si	Fe	Ag	Zn
XL21	3,87	0,97	0,46	0,17	0,05	0,10	0,02	0,027	< 0,02	< 0,02
XL29	4,1	0,95	0,47	0,17	0,04	0,11	0,03	0,03	< 0,02	< 0,02
AA 2050	3,72	0,94	0,31	0,38	0,04	0,092	0,04	0,063	0,491	< 0,02
AA 2196	2,61	1,6	0,37	< 0,02	0,05	0,11	0,02	0,03	0,3	< 0,02
AA 7449	1,62	< 0,02	2,45	0,15	0,02	0,10	0,04	0,09	< 0,02	7,7
AA 7050	2,24	< 0,02	2,17	0,08	0,03	0,11	0,06	0,09	< 0,02	6,4

- 35           Los lingotes colados en cada caso se homogeneizaron y se extrudieron o se forjaron y a continuación se recoció por solución como perfiles, se estiraron (2-4% en dirección longitudinal) y se envejecieron térmicamente. A continuación se llevaron a cabo investigaciones para determinar el límite de elasticidad  $R_{p0,2}$ , la resistencia a la tracción  $R_m$ , el alargamiento de rotura  $A_5$  y la tenacidad de rotura  $K_{1c}$ . Las investigaciones se efectuaron en los especímenes en especímenes de varillas extrudidas en, en cada caso, los mismos sitios. Las investigaciones proporcionaron los resultados siguientes:

40

## ES 2 642 730 T3

Muestra		Densidad [g/cm <sup>3</sup> ]	R <sub>p0,2</sub> [MPa]	R <sub>m</sub> [MPa]	A <sub>5</sub> [%]	K <sub>1C</sub> [MPa√ m]	
						L-T	T-L
XL21	L	2,70	628	653	9,0	L-T	41,2
						T-L	28,4
XL29	L	2,70	658	673	10,5	L-T	37,24
						T-L	28,10
AA 2050	L	2,70	615	637	9,0	L-T	42,1
						T-L	31,6
AA 2196	L	2,63	589	606	8,2	L-T	32,1
						T-L	22,2
AA 7449	L	2,85	600	625	7,0	L-T	24,2
						T-L	21,3
AA 7050	L	2,83	531	581	12,8	L-T	35,1
						T-L	29,1

Los datos de la aleación comparativa AA 7449 se tomaron de la literatura.

- 5 Los resultados de resistencias anteriores pudieron confirmarse mediante diversas investigaciones paralelas con variaciones en la composición de la aleación según la invención en el marco de los límites establecidos en la reivindicación 1.

Es particularmente preferente la relación Cu/Mg según la fórmula:

10

$$3,85 \% \text{ en peso} - 0,7 \% \text{ en peso de Mg} < \text{Cu} < 4,63 \% \text{ en peso} - 0,7 \% \text{ en peso de Mg.}$$

15 La descripción de la aleación Al-Cu-Mg-Li deja claro que a pesar de su carencia de plata, sorprendentemente, los componentes producidos a partir de la misma cumplen los requisitos de una resistencia altamente elevada e incluso presentan en comparación con la aleación AA 7449 y AA 7050 habitual una ventaja no despreciable en su densidad.

20 Un componente producido a partir de esta aleación es adecuado, gracias a las propiedades anteriores, como componente para su uso en la industria aeroespacial, sobre todo para componentes estructurales. No obstante, se pueden producir y usar componentes producidos a partir de estas aleaciones también en otras aplicaciones, sobre todo cuando también desempeña un papel una densidad reducida.

REIVINDICACIONES

1. Aleación de Al-Cu-Mg-Li exenta de Ag con  
 3,5-4,5 % en peso de Cu,  
 5 0,8-1,3 % en peso de Li,  
 0,2-0,8 % en peso de Mg,  
 0,1-0,4 % en peso de Mn,  
 0,05-0,2 % en peso de Zr,  
 hasta el 0,1 % en peso de Ti, estando presente el Ti como TiB<sub>2</sub> o TiC,  
 10 el resto Al junto con impurezas inevitables de, en total, un máximo del 0,15 % en peso.
2. Aleación de Al-Cu-Mg-Li exenta de Ag según la reivindicación 1 con  
 3,5-4,3 % en peso de Cu,  
 0,9-1,2 % en peso de Li,  
 15 0,38-0,6 % en peso de Mg,  
 0,14-0,22 % en peso de Mn,  
 0,08-0,17 % en peso de Zr,  
 0,03-0,07 % en peso de Ti,  
 máximo del 0,08 % en peso de Fe,  
 20 máximo del 0,05 % en peso de Si,  
 el resto Al junto con impurezas inevitables de, en total, un máximo del 0,15 % en peso.
3. Aleación de Al-Cu-Mg-Li exenta de Ag según la reivindicación 1 con  
 3,7-4,0 % en peso de Cu,  
 25 0,9-1,2 % en peso de Li,  
 0,43-0,52 % en peso de Mg,  
 0,14-0,20 % en peso de Mn,  
 0,09-0,11 % en peso de Zr,  
 0,04-0,06 % en peso de Ti,  
 30 máximo del 0,08 % en peso de Fe,  
 máximo del 0,05 % en peso de Si,  
 el resto Al junto con impurezas inevitables de, en total, un máximo del 0,15 % en peso.
4. Aleación de Al-Cu exenta de Ag según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada por que** la aleación  
 35 contiene adicionalmente como máximo el 0,03 % en peso de Si y/o como máximo el 0,05 % en peso de Fe.
5. Aleación de Al-Cu exenta de Ag según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada por que** la relación  
 Cu/Mg corresponde a la fórmula siguiente: 3,85 % en peso-0,7 % en peso de Mg < Cu < 4,63 % en peso-0,7 % en  
 40 peso de Mg.
6. Aleación de Al-Cu exenta de Ag según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada por que** la composición  
 de la aleación se elige de forma que un producto producido a partir de la misma presente una densidad inferior al  
 2,73 g/cm<sup>3</sup>, en particular inferior al 2,71 g/cm<sup>3</sup>, preferentemente de aproximadamente 2,70 g/cm<sup>3</sup>.
7. Aleación de Al-Cu-Mg-Li exenta de Ag con una composición de aleación según una de las reivindicaciones 1 a 5 y  
 preferentemente una densidad según la reivindicación 6, **caracterizada por que** el producto se homogeneizó, se  
 conformó en caliente, se recoció por solución, se estiró y se envejeció térmicamente y a continuación se estiró de  
 forma que el producto de aleación presenta un límite de elasticidad al 0,2 % R<sub>p0,2</sub> superior a 600 MPa, una  
 resistencia a la tracción R<sub>m</sub> superior a 640 MPa y un alargamiento de rotura superior al 7 %.  
 45
8. Producto de aleación según la reivindicación 7, **caracterizado por que** el producto de aleación es un producto  
 50 previsto para aplicaciones técnicas aeroespaciales.