

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 642 118**

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 15161219 (9)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.07.2017** EP 3072984

54 Título: **Aleación de Al-Cu-Mg-Li así como producto de aleación fabricado a partir de la misma**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**15.11.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SCHLINGMANN, TINA;  
BECKER, JOACHIM;  
WITULSKI, THOMAS;  
DEHBOZORGI, ABI D. y  
TIMKO, MARK**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 642 118 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 así como producto de aleación fabricado a partir de la misma

La invención se refiere a una aleación de Al-Cu-Mg-Li así como a un producto de aleación fabricado a partir de la misma.

5 Los componentes de aleaciones de aluminio de alto rendimiento son en muchos casos constituyentes imprescindibles en la construcción de aviones. Los componentes de dichas aleaciones de aluminio de alto rendimiento se utilizan entre otras cosas en el fuselaje y en las alas como componentes estructurales. Se trata en estas piezas de piezas forjadas extruidas. Estas deben satisfacer la combinación necesaria de resistencia mecánica y dinámica y presentar determinados requisitos con respecto a resistencia a la tracción, límite de alargamiento, alargamiento de rotura y tenacidad a la fractura ( $K_{1C}$  y corrosión por tensofisuración). Además, el peso de los componentes, que se utilizan para la industria aeronáutica y aeroespacial, desempeña un papel significativo. Por tanto, el peso específico (la densidad) de la aleación de alto rendimiento es también de relevancia.

10 Una aleación de Al-Cu-Mg-Li implantada en el mercado que satisface estos requisitos es la aleación de aluminio AA 2195. Esta aleación tiene una composición de 3,7-4,3 % en peso de Cu, 0,25-0,8 % en peso de Mg, 0,8-1,2 % en peso de Li, 0,25-0,6 % en peso de Ag, máximo 0,25 % en peso de Zn, máx. 0,25 % en peso de Mn, máx. 0,12 % en peso de Si, máx. 0,15 % en peso de Fe, máx. 0,1 % en peso de Ti y 0,08-0,16 % en peso de Zr. Los componentes fabricados a partir de esta aleación tienen una densidad de aproximadamente 2,7 g/cm<sup>3</sup>.

15 El tamaño creciente de los aviones está acompañado por el intento de dotar a los componentes, además de con una mayor resistencia, con un mejor comportamiento tolerante al daño. Se han desarrollado, para satisfacer estos requisitos, a partir de la aleación AA 2195, aleaciones de Al-Cu-Mg-Li con tenacidad y resistencia a la vibración mejoradas. La aleación de aluminio AA 2050 es un ejemplo de una de dichas aleaciones de alto rendimiento que sustituye temporalmente en el campo aeronáutico a la aleación 2195, a partir de la cual se producían anteriormente a menudo componentes. La aleación AA 2050 presenta una proporción de Cu de 3,2-3,9 % en peso, un contenido de Li de 0,7-1,3 % en peso, un contenido de Mn de 0,2-0,8 % en peso y un contenido de Mg de 0,1-0,5 % en peso. El Zn participa habitualmente en la construcción de la aleación con hasta un 0,25 % en peso. Para conseguir las propiedades de resistencia necesarias, se alea plata en esta aleación, a saber en contenidos de 0,2-0,7 % en peso. Mediante esta medida, se da cuenta de la opinión reinante de que la plata, precisamente en aleaciones de Al-Cu que contienen litio, es un constituyente de aleación necesario para conseguir altas resistencias de los componentes fabricados a partir de ellas.

20 Una de las aleaciones similares a la aleación AA 2050 con una proporción de Li aún más alta es la aleación AA 2196, con una proporción de Li de 1,4-2,1 % en peso. La proporción de Cu de esta aleación está ligeramente reducida frente a la proporción de Cu en la aleación 2050. A partir de esta aleación, pueden fabricarse sin embargo solo componentes con una resistencia menor en comparación con los componentes que pueden fabricarse a partir de la aleación AA 2050.

25 Las aleaciones de aluminio de alto rendimiento que contienen Ag anteriormente conocidas, como la aleación AA 2050, incluyen como elemento de aleación necesario Mn. En la aleación AA 2050, es necesario un contenido de Mn de 0,2-0,5 % en peso. El Mn es un inhibidor de la recristalización. Sobre todo por esta última propiedad, el Mn es un elemento necesario para conseguir las propiedades de resistencia deseadas. Esto se corresponde con la opinión reinante de que en las aleaciones de Al-Cu-Mg-Li que contienen Ag debe participar al menos un 0,2 % en peso de Mn, cuando no claramente más, en la construcción de la aleación. No obstante, ha de prestarse atención a que el contenido de Mn no sea tan alto como para que se formen solidificaciones primarias gruesas en microestructuras, lo que influye negativamente particularmente en el comportamiento de fatiga. En este sentido, no debe superarse un máximo determinado. Por otro lado, dicha aleación de aluminio de alto rendimiento debe contener suficiente Mn para poder satisfacer la propiedad deseada como inhibidor de la recristalización. Satisfacen estos requisitos las aleaciones anteriormente conocidas con contenidos de Mn, como por ejemplo en AA 2050, de entre 0,2 y 0,5 % en peso.

30 Los datos dados para las aleaciones de aluminio de alto rendimiento anteriormente conocidas que contienen Ag y Li respecto al contenido de Mn presentan un margen relativamente amplio. Depende esencialmente de la participación de los demás elementos de aleación Cu, Li, Mg, Mn, Ti, Zr, Si, Fe y Ag, si con un contenido de Mn seleccionado del intervalo dado puede fundirse realmente una aleación a partir de la cual puedan fabricarse componentes que satisfagan los requisitos de resistencia fijados así como la fatiga y tenacidad.

35 La invención se basa en el objetivo de proponer, a partir del estado de la técnica reconocido anteriormente, una aleación de Al-Cu que contiene Ag y Li que no solo esté simplificada respecto a su construcción en comparación con aleaciones anteriormente conocidas, sino que en la que esté también garantizado que los componentes fabricados dentro del espectro dado de elementos de aleación satisfagan las propiedades mecánicas después del correspondiente tratamiento térmico de la combinación deseada.

Se consigue este objetivo mediante una aleación de Al-Cu-Mg-Li con

3,7-3,9 % en peso de Cu,

0,9-1,3 % en peso de Li,

0,30-0,45 % en peso de Mg,

0,10-< 0,2 % en peso de Mn,

5 0,2-0,45 % en peso de Ag,

0,09-0,13 % en peso de Zr,

máx. 0,07 % en peso de Ti, en el que el Ti se presenta como TiB<sub>2</sub> o TiC,

y el resto Al junto con impurezas inevitables.

10 En todas las composiciones de aleación que se describen en el marco de esta realización, pueden estar contenidas impurezas inevitables por elemento de 0,05 % en peso, no debiendo superar la cantidad total de impurezas el 0,15 % en peso. Sin embargo, se prefiere mantener las impurezas lo más bajas posibles y no superar una proporción de 0,03 % en peso por elemento para una cantidad total de 0,08 % en peso.

15 Esta aleación de aluminio de alto rendimiento que contiene Ag y Li presenta una amplitud de banda especialmente estrecha de sus elementos de aleación. Eso se aplica en especial medida al elemento de aleación Mn, que participa no solo en un espectro muy estrecho sino también con proporciones sorprendentemente bajas en la construcción de la aleación y satisface las funciones asignadas a este elemento. Ha de destacarse en este respecto que esta aleación está exenta de Zn. Se comprobó sorprendentemente que en esta aleación puede bastar con un contenido de Mn incluso solo la mitad del necesario en la aleación AA 2050 para impedir eficazmente una recristalización. Además, ha de asegurarse de que el Mn esté dentro del margen dado de 0,01 % en peso a < 0,2 % en peso para  
20 que no se originen fases primarias, o solo en una medida inapreciable, que empeorarían la fatiga y tenacidad. Los análisis han mostrado que en esta composición de aleación especial no se forman fases de Al<sub>6</sub>Mn en forma de placa indeseadas o como mucho sólo muy secundariamente. Por lo general, no ha de excluirse el Fe como elemento acompañante. En cambio, las fases formadas con Fe de Al<sub>7</sub>Cu<sub>2</sub>Fe perjudican claramente menos a causa de su morfología compacta las propiedades mecánicas de un componente fabricado a partir de esta aleación. En este  
25 sentido, se comprobó sorprendentemente que en una aleación de Al-Cu-Mg-Li con la composición anteriormente descrita y su contenido de Mn especialmente bajo, ha de suponerse que podrían fabricarse componentes con la combinación deseada de propiedades no solo de alta resistencia sino también tenaces y resistentes a la fatiga que satisficiesen incluso los requisitos de máxima resistencia. Para la definición de alta resistencia y máxima resistencia:  
30 un componente presenta propiedades de máxima resistencia cuando el límite elástico R<sub>p0,2</sub> asciende al menos a 600 MPa. Se atribuyen propiedades de alta resistencia a un componente cuando el límite elástico R<sub>p0,2</sub> asciende al menos a 500 MPa.

35 Si la proporción de Cu se encuentra por debajo del 3,7 % en peso, no se regula la resistencia necesaria en combinación con los demás elementos de aleación. Contenidos de cobre superiores al 3,9 % en peso en la aleación no pueden elevar más la resistencia de un componente fabricado a partir de la aleación. Más bien, ha de estimarse por tanto que a contenidos de Cu mayores se forman fases dañinas para las propiedades.

El litio está contenido en la aleación para la reducción de la densidad (del peso específico). El contenido de litio está adaptado a los contenidos de Cu y Mg de la aleación, de tal manera que se incorpore lo más posible de litio a la aleación pero no demasiado como para que este pueda entrar en solución y no genere fases que contienen Li indeseadas. Por tanto, el contenido de Li de la aleación está limitado al estrecho intervalo entre 0,9 y 1,3 % en peso.

40 El magnesio contribuye a las propiedades deseadas de un componente fabricado a partir de la aleación, pero está permitido solo a una proporción para que no forme fases indeseadas (como p.ej., una fase S de Al<sub>2</sub>CuMg). En consideración de los demás elementos de la aleación, la proporción de Mg no debe superar el 0,45 % en peso.

El titanio actúa como dispersor en estructuras de colada y el circonio como creador de dispersoides y contribuye por tanto a la inhibición de la recristalización.

45 Se ha mostrado sorprendentemente que, en consideración de los demás elementos de aleación y su contenido, basta un contenido de Mn de entre 0,10 y 0,18 % en peso para impedir eficazmente la recristalización. Esto se atribuye a la selección especial y dirigida de la proporción y la amplitud de banda de Mn así como al contenido de Mn muy estrechamente limitado. Esto garantiza que dentro de estos límites por lo general pueda regularse la combinación deseada de propiedades mecánicas en un componente fabricado a partir de la aleación. Si se supera el  
50 contenido de Mn de 0,18 % en peso, esto puede conducir ya, en consideración de los demás elementos de aleación, a solidificaciones primarias más gruesas en microestructuras, lo que a su vez no se esperaba correspondientemente a la opinión reinante. Finalmente, se propone en la aleación AA 2050 un contenido de Mn de 0,2-0,8 % en peso. Por tanto, el contenido de Mn de la aleación reivindicada está limitado a una proporción máxima del 0,18 % en peso. Si no se acepta ninguna solidificación primaria en microestructuras, el contenido de Mn se limita a un margen máximo

de 0,10-0,15 % en peso. Pueden conseguirse resultados especialmente buenos cuando el contenido de Mn se encuentra entre 0,10 y 0,12 % en peso.

5 La Ag está contenida en esta aleación para elevar la resistencia. Dependiendo de la resistencia deseada a regular en el componente, se selecciona el contenido de Ag algo menor o algo mayor dentro de los límites reivindicados entre 0,2 y 0,45 % en peso. Para conseguir un componente que satisfaga los requisitos de un componente de alta resistencia, el contenido de Ag debería ascender a más de 0,35 % en peso. Una participación preferida de la proporción de Ag en la construcción de la aleación se extiende de 0,38 a 0,43 % en peso.

Es también destacable que la aleación está preferiblemente exenta de Fe.

10 Se prefiere una configuración de esta invención en la que los elementos formadores de dispersión Mn+Fe+Si presenten < 0,3 % en peso.

Se ha mostrado que una relación de Cu/Mg entre 8,22 y 12 es especialmente conveniente para obtener las propiedades de aleación deseadas.

15 Para análisis de la composición de la aleación y la combinación regulable de propiedades deseadas de los componentes fabricados a partir de la misma, se fundieron aleaciones según la invención así como aquellas según AA 2050 como aleación comparativa coladas a escala de laboratorio mediante colada de coquilla hasta lingotes de ensayo.

Las aleaciones fundidas tienen la siguiente composición, en la que la aleación XL33 es la aleación según la invención, mientras que la aleación AA 2050 se funde como aleación comparativa:

Aleación	Cu	Li	Mg	Mn	Ti	Zr	Si	Fe	Ag
XL33	3,78	0,90	0,35	0,11	0,052	0,112	0,02	0,02	0,404
AA 2050	3,72	0,94	0,31	0,38	0,40	0,092	0,04	0,063	0,491

20 Se homogeneizaron los lingotes colados, se extruyeron, se recocieron como perfiles y a continuación se alargaron en dirección longitudinal, a saber aproximadamente un 2-4 %. Se llevó a cabo el envejecimiento artificial durante 48 horas a 153 °C. A continuación, se llevaron a cabo análisis para determinar el límite elástico  $R_{p0,2}$ , la tenacidad  $R_m$ , el alargamiento de rotura  $A_5$  así como la tenacidad a la fractura. Los análisis se efectuaron en especímenes en posiciones respectivamente iguales. Los análisis dieron los siguientes resultados:

Muestra		Densidad [g/cm <sup>3</sup> ]	$R_{p0,2}$ [MPa]	$R_m$ [MPa]	$A_5$ [%]	$K_{1C}$ [MPa√m]	
XL33	L	2,7	653	668	9,8	L-T	37,3
						T-L	25,9
AA 2050	L	2,7	615	638	11,2	L-T	42,1
						T-L	31,6

25 Paralelamente a los especímenes anteriormente descritos, se fabricaron aquellos cuyo envejecimiento artificial se llevó a cabo durante 48 horas a aprox. 160 °C. Los resultados son a este respecto de interés, ya que estos prueban la insensibilidad de la aleación según la invención y por tanto la eficacia del contenido de Mn especial. Los resultados de estos análisis se corresponden en la aleación según la invención con los valores de resistencia que se han determinado también para las muestras cuyo envejecimiento artificial ha tenido lugar a 153° C. Los valores de resistencia de las muestras con un envejecimiento artificial durante 48 horas a 160 °C se reproducen a continuación:

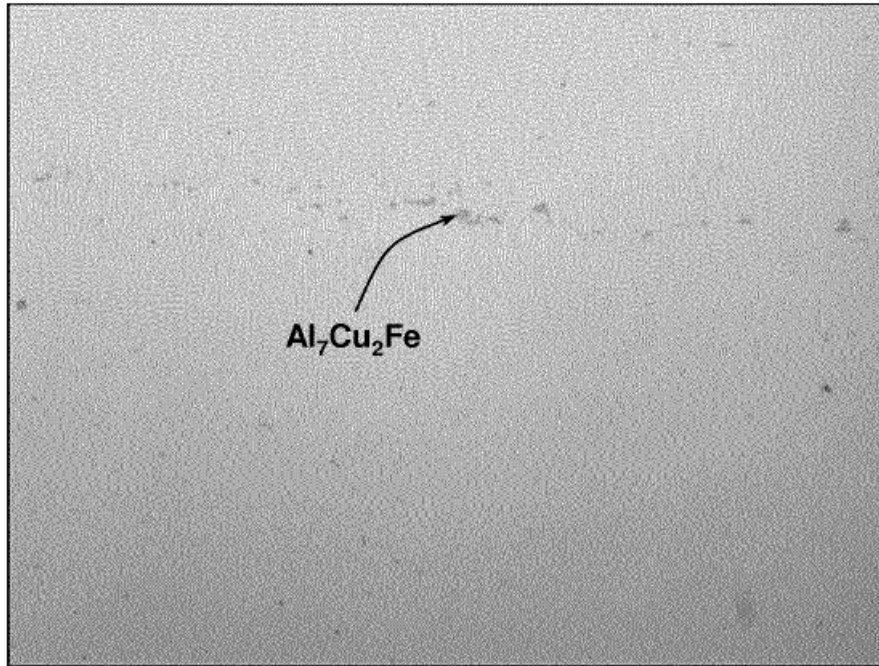
30

Muestra		Densidad [g/cm <sup>3</sup> ]	$R_{p0,2}$ [MPa]	$R_m$ [MPa]	$A_5$ [%]	$K_{1C}$ [MPa√m]	
XL33	L	2,7	642	663	9,7	L-T	36,9
						T-L	25,2
AA 2050	L	2,7	597	629	19,5	L-T	41,1
						T-L	30,5

- Los resultados de análisis anteriores dejan claro que los componentes que se fabrican a partir de la aleación según la invención satisfacen incluso los requisitos de máxima resistencia, que son también mejores que los valores de resistencia que se han determinado en la muestra comparativa de la aleación AA 2050. Se atribuye este incremento en los valores de resistencia a la proporción muy baja de Mn de las aleaciones especiales frente a las anteriormente conocidas. Los valores de resistencia muestran además que, también a dichos contenidos bajos de Mn en la composición especial de la aleación reivindicada respecto a los demás elementos de aleación, se inhiben eficazmente las recristalizaciones.
- 5
- Las propiedades mecánicas anteriores podían confirmarse mediante numerosos análisis paralelos con variaciones en la composición de la aleación según la invención en el marco de los límites fijados en la reivindicación 1.
- 10
- La Figura 1 muestra una micrografía de una muestra de la aleación según la invención con un contenido de Cu de 3,3 % en peso y un contenido de Mn de 0,11 % en peso. En las fases reconocibles en la Figura 1, se trata exclusivamente de fases de  $Al_7Cu_2Fe$ .
- 15
- La Figura 2 muestra una micrografía de una muestra comparativa con una composición de aleación correspondiente a AA 2050 (véase la Figura 2). Esta aleación presenta un contenido de Cu de 3,7 % en peso y un contenido de Mn de 0,37 % en peso. La micrografía muestra claramente que en esta aleación, además de las fases de  $Al_7Cu_2Fe$ , están presentes fases de  $Al_6Mn$  indeseadas debido a su morfología. Estas están dispuestas, como es reconocible en la Figura 2, como en capas de la muestra analizada, cuya disposición en capas se muestra en la fila de partículas de  $Al_6Mn$ .
- 20
- Un componente fabricado a partir de esta aleación es adecuado debido a las propiedades anteriormente descritas como componente para uso en la industria aeronáutica y aeroespacial, sobre todo para componentes estructurales. No obstante, pueden fabricarse componentes a partir de esta aleación y utilizarse también para otras aplicaciones, sobre todo entonces cuando deba desempeñar un papel la baja densidad.

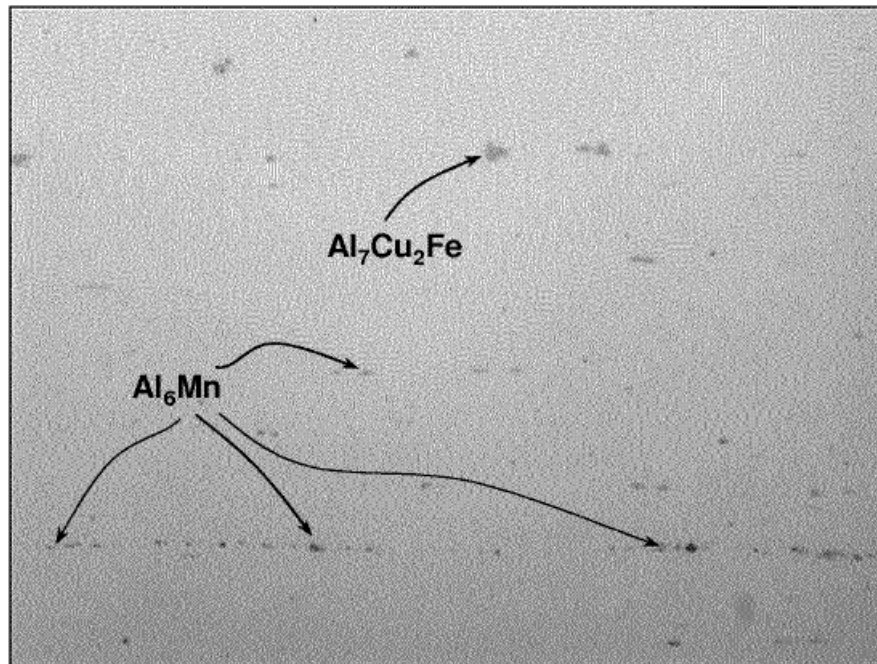
## REIVINDICACIONES

1. Aleación de Al-Cu-Mg-Li con  
3,7-3,9 % en peso de Cu,  
0,9-1,3 % en peso de Li,
- 5 0,30-0,45 % en peso de Mg,  
0,10-0,2 % en peso de Mn,  
0,2-0,45 % en peso de Ag,  
0,09-0,13 % en peso de Zr,  
máx. 0,07 % en peso de Ti, en la que el Ti se presenta como TiB<sub>2</sub> o TiC,
- 10 y el resto Al junto con impurezas inevitables.
2. Aleación de Al-Cu-Mg-Li según la reivindicación 1 con  
3,7-3,9 % en peso de Cu,  
0,95-1,2 % en peso de Li,  
0,35-0,45 % en peso de Mg,
- 15 0,10-0,18 % en peso de Mn,  
0,38-0,43 % en peso de Ag,  
0,09-0,13 % en peso de Zr,  
máx. 0,07 % en peso de Ti, en la que el Ti se presenta como TiB<sub>2</sub> o TiC,  
y el resto Al junto con impurezas inevitables.
- 20 3. Aleación de Al-Cu-Mg-Li según la reivindicación 1 o 2, caracterizada porque el contenido de Mn asciende a entre 0,10 y 0,15 % en peso.
4. Aleación de Al-Cu-Mg-Li según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada porque la suma de los elementos formadores de dispersión Mn+Fe+Si asciende a < 0,3 % en peso.
- 25 5. Aleación de Al-Cu-Mg-Li según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque la relación de Cu/Mg asciende a entre 8,22 y 12.
6. Producto de aleación de Al-Cu-Mg-Li con una composición de aleación según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el producto se envejece artificialmente en tal medida que el producto de aleación presente paralelamente fibras de un límite elástico al 0,2 % R<sub>p02</sub> de más de 620 MPa y una tenacidad R<sub>m</sub> de más de 630 MPa.
- 30 7. Producto de aleación de Al-Cu-Mg-Li según la reivindicación 6, caracterizado porque este presenta paralelamente fibras de un alargamiento de rotura A<sub>5</sub> de al menos un 9 %.
8. Producto de aleación de Al-Cu-Mg-Li según la reivindicación 6 o 7, caracterizado porque la composición de la aleación se selecciona de modo que el producto fabricado a partir de ella presente una densidad de aproximadamente 2,70 g/cm<sup>3</sup>.
- 35 9. Producto de aleación de Al-Cu-Mg-Li según una de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizado porque se trata en el producto de aleación de un componente estructural para aplicación en la técnica aeronáutica y/o aeroespacial.



**Fig. 1**

20  $\mu\text{m}$



**Fig. 2**

20  $\mu\text{m}$