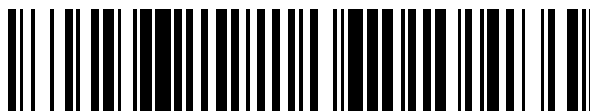


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 702 729**

51 Int. Cl.:

C22C 21/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.01.2016** E 16152467 (3)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.09.2018** EP 3196324

54 Título: **Aleación de aluminio endurecible a base de Al-Mg-Si**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.03.2019

73 Titular/es:

**AMAG ROLLING GMBH (100.0%)
Lamprechtshausener Strasse 61
5282 Braunau am Inn - Ranshofen, AT**

72 Inventor/es:

**UGGOWITZER, PETER;
EBNER, THOMAS;
FRAGNER, WERNER;
KAUFMANN, HELMUT;
PRILLHOFER, RAMONA;
ANTREKOWITSCH, HELMUT y
WERINOS, MARION**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 702 729 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 aluminio endurecible a base de Al-Mg-Si

La invención se refiere a una aleación de aluminio endurecible a base de Al-Mg-Si.

5 Para mejorar la capacidad termoendurecible de una aleación de aluminio A6061 endurecida en frío por almacenamiento a temperatura ambiente, a base de Al-Mg-Si, según el documento WO2013 / 124472A1, se sugiere añadir a la solución sólida de la aleación de aluminio un elemento traza activo, tal como el estaño (Sn) o indio (I).

Aleaciones comparables del tipo 6xxx son conocidas, además, por la publicación WO 2015/034024 A1.

10 Además, se conoce ("Optimización Estadística y Termodinámica de Aleaciones de Al-Mg-Si-Cu Modificadas con Elementos Traza", de Stefan Pogatscher et. al), que ciertos elementos de aleación principales y secundarios de la aleación de aluminio A6061, reducen la solubilidad del estaño o del indio en la aleación de aluminio, lo cual afecta negativamente a la estabilidad durante el almacenamiento a temperatura ambiente de las aleaciones de aluminio 6xxx. Por ejemplo, un contenido aumentado de Mg, Si, Cu o Zn en la aleación de aluminio 6xxx reduciría la solubilidad, mientras que un contenido incrementado de Fe, Ti y Mn la aumentaría. Por otro lado, los efectos de interacción, por ejemplo, entre Si y Mg o entre Cu y Mg, también juegan un papel importante en la solubilidad del Sn, en la aleación de aluminio.

15 Sin embargo, el contenido de los elementos principales y secundarios de la aleación no puede variarse arbitrariamente, porque se afectaría la deseable alta capacidad de endurecimiento por envejecimiento y otros requisitos mecánicos y/o químicos, tales como la conformabilidad, resistencia, ductilidad y/o resistencia a la corrosión, de la aleación. Lo anterior requiere, por ejemplo, altas concentraciones de elementos de aleación principales, en la aleación de aluminio, para poder formar ciertas precipitaciones en caliente.

20 En el caso de la composición de una aleación de aluminio a base de Al-Mg-Si, generalmente se requieren proporciones mutuamente opuestas para los elementos de aleación principales y secundarios, es decir, por una parte, aquellas proporciones que son beneficiosas para la solubilidad del Sn en la aleación, asegurando así una alta estabilidad durante el almacenamiento a temperatura ambiente, y por otro lado, las proporciones que brindan altas características mecánicas y/o químicas o propiedades de la aleación de aluminio, pero que generalmente tienen un efecto negativo sobre la solubilidad del Sn.

25 Dado lo anterior, el objeto de la presente invención es modificar una aleación de aluminio endurecible a base de Al-Mg-Si, con Sn como un oligoelemento en la composición, de manera que se combinen altas propiedades mecánicas y químicas de la aleación de aluminio después del endurecimiento en caliente, con una alta estabilidad durante el almacenamiento a temperatura ambiente. Además, la aleación de aluminio deberá ser particularmente adecuada para el uso de aluminio secundario.

30 La invención alcanza dicho objeto por el hecho de que la aleación de aluminio contiene: de 0.6% a 1% en peso de magnesio (Mg), de 0.2% a 0.7% en peso de silicio (Si), de 0.16% a 0.7% en peso de hierro (Fe), de 0.05% a 0.4% en peso de cobre (Cu), máximo 0.15% en peso (o de 0% a 0.15% en peso) de manganeso (Mn), máximo 0.35% en peso (o de 0% a 0.35% en peso) de cromo (Cr), no más de 0.2% en peso (o de 0% a 0.2% en peso) de zirconio (Zr), no más de 0.25 % en peso (o de 0% a 0.25% en peso) de zinc (Zn), no más de 0.15% en peso (o de 0% a 0.15% en peso) de titanio (Ti), de 0.005% a 0.075% en peso de estaño (Sn) o indio (In) y como resto aluminio, así como impurezas inevitables relacionadas con la producción, en donde la proporción del porcentaje en peso de Si/Fe es menor que 2.5 y el contenido de Si se determina según la ecuación % en peso de Si = A + [0.3* (% en peso de Fe)], con el parámetro A en el intervalo de 0.17% a 0.4% en peso.

35 Por la regla de restringir el contenido de Si de 0.2% a 0.7% en peso y el contenido de Fe de 0.16% a 0.7% en peso y ajustar el contenido de Si al contenido de Fe, por ejemplo, la estabilidad durante el almacenamiento y la templabilidad en caliente de la aleación de Al-Mg-Si-aluminio, pueden ser influenciadas particularmente favorablemente si este ajuste satisface tanto la proporción en peso del porcentaje en peso de Si/Fe de menos de 2.5, como también a la ecuación % en peso Si = A + [0.3* (% en peso de Fe)], con el parámetro A en el rango de 0.17% a 0.4% en peso.

40 Una aleación de aluminio ajustada tan estrechamente en contenido de Si y Fe, cuyo ajuste puede reconocerse, por ejemplo, en el área sombreada en la Figura 1, puede, debido al límite superior de dicha disposición, asegurar suficiente solubilidad de estaño y/o indio, en la solución sólida de la aleación de aluminio, lo que ralentiza el comportamiento de precipitación durante el endurecimiento en frío y que, por lo tanto, la estabilidad durante el almacenamiento de la aleación de aluminio sea beneficiosa. Además, debido al límite inferior en el ajuste, es de esperar un comportamiento de precipitación suficiente durante el endurecimiento en caliente, lo que permite lograr altos valores de resistencia en dicho proceso y la aleación de aluminio puede lograr o mejorar las propiedades mecánicas y químicas que se conocen de la aleación de aluminio 6xxx, con un mayor contenido de elementos de aleación principales y secundarios.

45 Sorprendentemente, sin embargo, se ha encontrado que, en comparación con las aleaciones de aluminio 6xxx conocidas, que comprenden Sn para suprimir el endurecimiento en frío, con este método puede observarse un comportamiento de precipitación mucho más lento a temperatura ambiente. Aunque se sabe que un contenido

comparativamente bajo de Si puede ser responsable de un endurecimiento en frío retardado, el ajuste del contenido de Si de acuerdo con la invención, supera ampliamente dichos efectos conocidos y muestra una estabilidad durante el almacenamiento inusualmente alta de las aleaciones de aluminio.

5 De acuerdo con la invención, por lo tanto, se pueden combinar las ventajas de una estabilidad durante el almacenamiento particularmente alta a temperatura ambiente, así como una buena capacidad de endurecimiento por envejecimiento de la aleación de aluminio.

Además, esta composición de la invención también puede ser particularmente adecuada para el uso de aluminio secundario para este propósito, debido al contenido de Fe comparativamente alto.

10 En general, se menciona que la aleación de aluminio de Al-Mg-Si, puede tener impurezas que tienen cada una un máximo de 0.05% en peso y un total como máximo de 0.15% en peso. Además, se menciona en general que los porcentajes de peso máximos, como los encontrados en Mn, Cr, Zr, Zn o titanio, por ejemplo, pueden considerarse comenzando desde 0.

En aras de la exhaustividad, se menciona además que el aluminio o una aleación de aluminio, obtenida a partir de chatarra de aluminio, puede entenderse como el aluminio secundario.

15 La estabilidad durante el almacenamiento y la capacidad termoendurecible de la aleación de aluminio se pueden mejorar aún más cuando el parámetro A se encuentra en el rango de 0.26% a 0.34% en peso. Según esta regla, es decir, la solubilidad del Sn puede ser relativamente grande y el empleo de Si sólo tiene un impacto pequeño en el endurecimiento en frío. Esto permite una estabilidad inesperadamente alta a temperatura ambiente. Además, se puede mostrar que la aleación establecida de dicha manera puede alcanzar una resistencia sorprendentemente alta después
20 del endurecimiento en caliente, por ejemplo, mediante el envejecimiento térmico, aunque esta aleación tiene un contenido comparativamente bajo de Si.

Se puede exhibir una óptima estabilidad durante el almacenamiento y capacidad de termoendurecimiento cuando el parámetro A es del 0.3% en peso.

25 Si el contenido de Si está determinado por la ecuación % en peso de $Si = A + [0.3 \cdot (\% \text{ en peso de Fe})]$ – porcentaje en peso de Ti, los componentes que afectan a la solubilidad del Sn pueden ajustarse mejor entre sí. En particular, Ti puede formar fases con Si, lo que puede tener una influencia positiva en la solubilidad del Sn. La estabilidad durante el almacenamiento de la aleación de aluminio se mejora aún más así.

30 Si la relación del porcentaje en peso de Si/Fe es menor que 2, al aumentar el endurecimiento de Si por Fe, el contenido de Si disuelto en la aleación de aluminio puede reducirse significativamente. Por lo tanto, se puede mejorar la solubilidad del estaño y/o el indio en la solución sólida de la aleación de aluminio de Al-Mg-Si, lo que puede aumentar aún más la estabilidad durante el almacenamiento.

Una solubilidad relativamente alta de estaño o indio en la solución sólida de la aleación de aluminio de Al-Mg-Si, se puede lograr si la relación del porcentaje en peso de Si/Mg se encuentra en el intervalo de 0.3 a 0.9.

35 Si la aleación de aluminio contiene al menos 0.25% en peso de cobre (Cu), a base de este contenido relativamente alto de Cu puede compensarse los efectos adversos del Mg y Si, con respecto a la solubilidad del Sn en la solución sólida de la aleación de aluminio de Al-Mg-Si.

40 Se puede lograr una excelente estabilidad de almacenamiento de la aleación de aluminio, cuando ésta presenta estaño (Sn) en el intervalo entre 0.005 a 0.05 % en peso en la solución sólida de aluminio. En general, se hace notar que el término "solución sólida" puede designar un estado en el que un elemento de la aleación se distribuye en una matriz sólida.

Preferiblemente, la aleación de aluminio pertenece a la serie 6xxx. Preferiblemente, la aleación de aluminio es una aleación de aluminio EN AW-6061.

45 Si la aleación de aluminio tiene como máximo 0.05% en peso de cromo (Cr) y más de 0.05% en peso de zirconio (Zr), la sensibilidad al temple del Sn puede reducirse y Sn también puede mantenerse en solución sólida, en el cristal mezclado de aluminio, incluso a tasas de enfriamiento comparativamente bajas. Además, es posible, incluso con placas pesadas, lograr una óptima estabilidad de almacenamiento y capacidad de endurecimiento por calor.

La aleación de aluminio puede contener al menos 0.02% en peso de cromo (Cr), con el fin de mejorar posiblemente el comportamiento frente a la corrosión.

50 Para demostrar los efectos logrados, se produjeron láminas delgadas de varias aleaciones de aluminio con base en Al-Mg-Si (serie 6xxx). Las composiciones de las aleaciones estudiadas se enumeran en la Tabla 1.

Tabla 1: Resumen de las aleaciones investigadas en% en peso

ES 2 702 729 T3

Aleaciones	Sn	Mg	Si	Cu	Fe	Mn	Cr	Zn	Ti
1	0,04	0,8	0,64	0,22	0,47	0,11	0,16	0,05	0,05
2	0,04	0,78	0,43	0,36	0,46	0,11	0,14	0,05	0,06

- 5 La aleación de aluminio 1 de la Tabla 1 corresponde sustancialmente a una aleación estándar AA6061 después de la adición del oligoelemento Sn, en la cual es concebible emplear indio o una combinación de Sn e In, en lugar de estaño. La aleación 2 representa la composición de la invención de la serie 6xxx, y es relativamente reciclable debido a su contenido de Fe comparativamente alto.
- 10 La aleación de aluminio 1 se encuentra sustancialmente fuera del contenido ajustado de Si/Fe de la invención, lo cual se puede ver, por ejemplo, en la Figura 1. La aleación de aluminio 2 se encuentra de manera sustancialmente central, en dicho contenido ajustado de Si/Fe.
- 15 Ambas aleaciones de aluminio 1 y 2 fueron recocidas en solución sólida, templadas y endurecidas en frío por envejecimiento a temperatura ambiente, y posteriormente termoendurecidas. El tratamiento térmico de la solución se llevó a cabo a una temperatura superior a 530 °C (enfriamiento rápido a una velocidad de enfriamiento superior a 20 °C/s. Ambas aleaciones 1 y 2 se sometieron a un tiempo de almacenamiento o endurecimiento en frío de 180 días [d] y a un termoendurecimiento de 30 minutos, a diferentes temperaturas. La dureza Brinell [HBW] se determinó durante el envejecimiento en frío y después del envejecimiento en caliente.
- 20 Con respecto a la estabilidad de almacenamiento, puede verse en la Figura 2 que la aleación 1 experimenta un endurecimiento en frío, comparativamente rápido durante el almacenamiento a temperatura ambiente, después de sólo 14 días, lo que conduce desventajosamente a una dureza Brinell comparativamente alta y creciente durante un tiempo de almacenamiento más prolongado, lo que repercute de modo desventajoso en una modificación antes del endurecimiento en caliente.
- 25 Por el contrario, en el caso de la aleación 2, un endurecimiento en frío inicial sólo se hace evidente después de aproximadamente 180 días, como resultado de lo cual se considera que la aleación 2, de acuerdo con la invención, es particularmente estable durante el almacenamiento. Tal estabilidad de almacenamiento sorprendentemente alta aún no se ha observado con ninguna aleación 6xxx. Esto conduce a una ganancia enorme e inesperada en el tiempo de manipulación de la aleación, después del enfriamiento en estado blando.
- 30 En el subsiguiente endurecimiento en caliente se puede ver, en la comparación de las dos aleaciones según la Figura 3, que la aleación 2 inicialmente se retrasa detrás de la aleación 1, a temperaturas de envejecimiento más bajas en la dureza Brinell. A temperaturas de envejecimiento más altas, la dureza Brinell de la aleación 1 puede excederse significativamente.

REIVINDICACIONES

1. Una aleación de aluminio endurecible a base de Al-Mg-Si, que comprende:
 De 0.6% a 1% en peso de magnesio (Mg)
 De 0.2% a 0.7% en peso de silicio (Si)
- 5 De 0.16% a 0.7% en peso de hierro (Fe)
 De 0.05% a 0.4% en peso de cobre (Cu)
 No más de 0.15% en peso de manganeso (Mn)
 No más de 0.35% en peso de cromo (Cr)
 No más de 0.2% en peso de zirconio (Zr)
- 10 No más de 0.25% en peso de zinc (Zn)
 No más de 0.15% en peso de titanio (Ti)
 De 0.005% a 0.075% en peso de estaño (Sn) y / o indio (In)
- y el resto de aluminio, así como impurezas inevitables relacionadas con la producción, en donde la relación de % en peso de Si/Fe es inferior a 2.5 y el contenido de Si se determina de acuerdo con la ecuación
- 15 $\% \text{ en peso de Si} = A + [0.3 * (\% \text{ en peso de Fe})]$,
 con el parámetro A en el intervalo de 0.17% a 0.4% en peso.
2. La aleación de aluminio según la reivindicación 1, **caracterizada porque** el parámetro A se encuentra en el intervalo de 0.26% a 0.34% en peso.
3. La aleación de aluminio según la reivindicación 1 o 2, caracterizada porque el parámetro A es de 0.3% en peso.
- 20 4. La aleación de aluminio según la reivindicación 1, 2 o 3, caracterizada porque el contenido de Si se determina de acuerdo con la ecuación:
 $\% \text{ en peso de Si} = A + [0.3 * (\% \text{ en peso de Fe})] - \% \text{ en peso de Ti}$.
5. La aleación de aluminio según una de las reivindicaciones de la 1 a la 4, caracterizada porque la relación del porcentaje en peso de Si/Fe es inferior a 2.
- 25 6. La aleación de aluminio según una de las reivindicaciones de la 1 a la 5, caracterizada porque la relación del porcentaje en peso de Si/Mg se encuentra en el intervalo de 0.3 a 0.9.
7. La aleación de aluminio según una de las reivindicaciones de la 1 a la 6, caracterizada porque la aleación de aluminio tiene al menos 0.25% en peso de cobre (Cu).
- 30 8. La aleación de aluminio según una de las reivindicaciones de la 1 a la 7, caracterizada porque la aleación de aluminio se encuentra en el intervalo de 0.005% a 0.05% en peso de estaño (Sn), en solución sólida en el cristal mezclado de aluminio.
9. La aleación de aluminio según una de las reivindicaciones de la 1 a la 8, caracterizada porque la aleación de aluminio tiene un máximo de 0.05% en peso de cromo (Cr) y más de 0.05% en peso de zirconio (Zr).
- 35 10. La aleación de aluminio según una de las reivindicaciones de la 1 a la 9, caracterizada porque la aleación de aluminio presenta al menos 0.02% en peso de cromo (Cr).

Figura 1

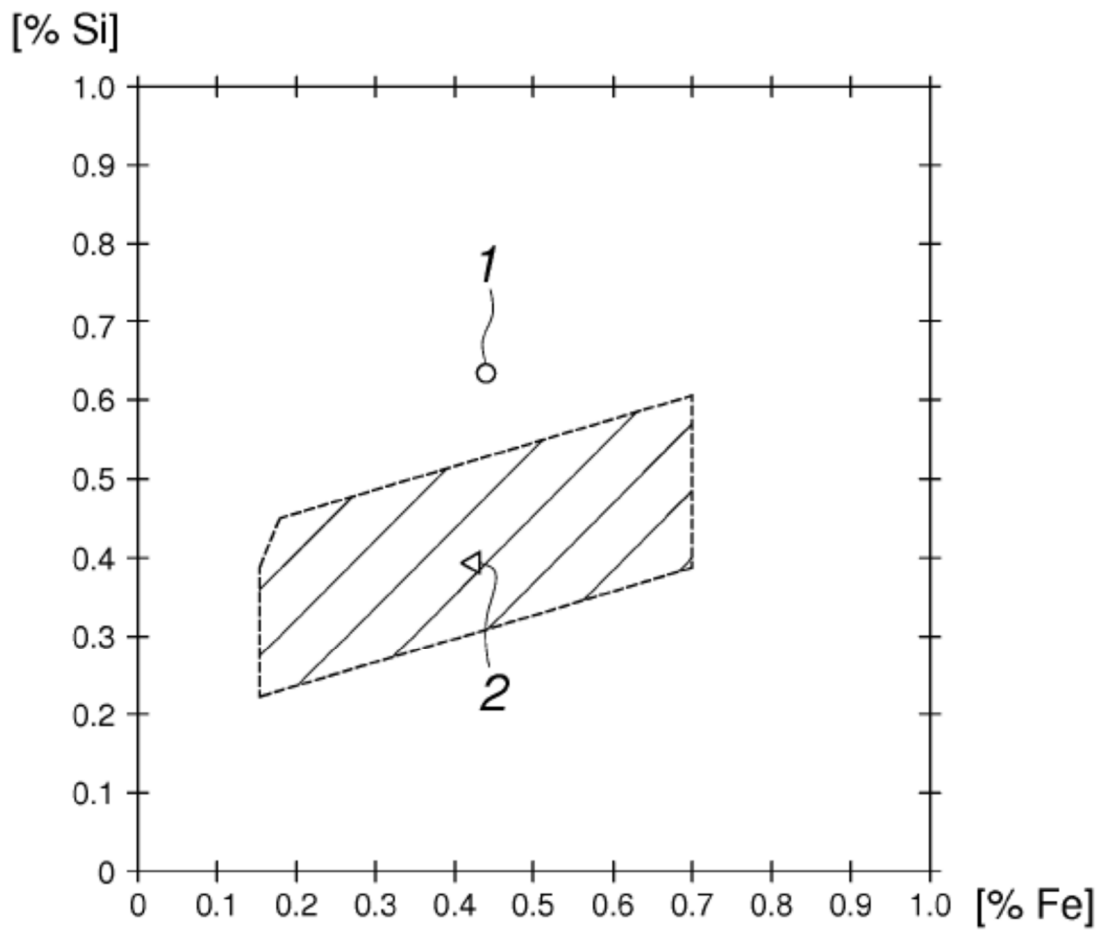


Figura 2

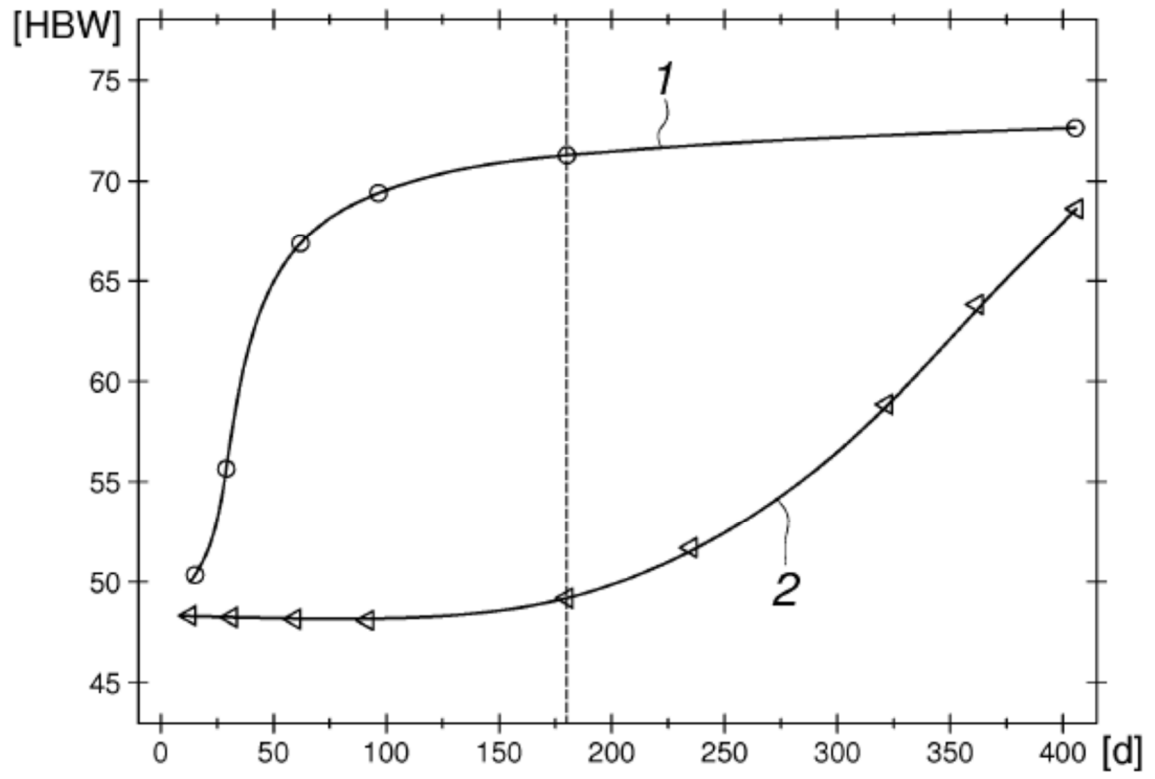


Figura 3

