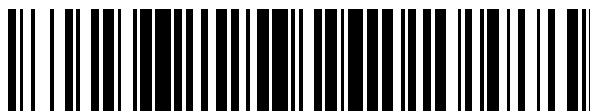


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 760 449**

51 Int. Cl.:

C22C 21/10 (2006.01)

C22F 1/053 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2018** E 18174637 (1)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2019** EP 3486343

54 Título: **Aleación de aluminio endurecible**

30 Prioridad:

16.11.2017 EP 17202190

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.05.2020

73 Titular/es:

**AMAG ROLLING GMBH (33.3%)
Lamprechtshausener Straße 61
5282 Braunau am Inn - Ranshofen, AT;
AUDI AG (33.3%) y
FRIEDRICH-ALEXANDER-UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG (33.3%)**

72 Inventor/es:

**ERLWEIN, MARK;
HÖPPEL, HEINZ WERNER;
GLÖCKEL, FELIX;
GEROLD, BODO;
POGATSCHER, STEFAN y
UGGOWITZER, PETER J.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 760 449 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

5 La invención se refiere a una aleación de aluminio endurecible, a una chapa o a una banda de aluminio de una tal aleación de aluminio, a una pieza moldeada, así como un procedimiento para la fabricación de una pieza moldeada y a un uso de una placa.

10 En una chapa de aluminio, para hacer posible tanto una alta deformabilidad durante el moldeo, como también una resistencia después de un ciclo de horneado (por ejemplo, en el caso de un procedimiento de pintura catódica por inmersión) a temperaturas de horneado comparativamente bajas, la publicación DE 112011 103667 T5 propone una aleación de aluminio con 1,5 a 4 % en peso de zinc (Zn), con 0,3 a 1,5 % en peso de magnesio (Mg) y con 0 a 0,5 % en peso de silicio (Si). Las aleaciones de aluminio de la publicación DE112011103667T5 presentan una presión de precipitación comparativamente alta de fases de Mg₂Si, por ejemplo, lo cual tiene, no obstante, un efecto de incremento de resistencia, aunque de manera desventajosa no permite el moldeo de la chapa con un primer límite elástico R_{p0,2} bajo de, por ejemplo, a lo sumo 160 MPa. Por lo tanto, no es posible fabricar piezas moldeadas con geometría comparativamente más compleja, tal como se requiere, por ejemplo, en el caso de piezas de automóviles, de preferencia en el caso de piezas de carrocería, principalmente en el revestimiento exterior.

15 Por lo tanto, la invención tiene el objetivo de proporcionar una aleación de aluminio que presente no solamente una alta deformabilidad plástica durante el moldeo, sino también una alta respuesta de termo-endurecimiento, principalmente una respuesta a horneado de pintura (Paint Bake Response o PBR).

La invención logra el objetivo planteado de acuerdo con las características de la reivindicación 1.

20 La aleación de aluminio según la reivindicación 1, la cual se encuentra balanceada en los elementos de aleación de magnesio (Mg) y silicio (Si) con relación al zinc (Zn), puede admitir fases de Mg₂Si, las cuales tienen un efecto de incremento de la resistencia, por lo cual la aleación de aluminio, a pesar de la temperatura de termo-endurecimiento comparativamente baja, por ejemplo, la temperatura de horneado, puede lograr un segundo límite plástico R_{p0,2} de al menos 250 MPa en el estado T6. La aleación de aluminio puede distinguirse, por lo tanto, por una respuesta de termo-endurecimiento, principalmente respuesta a horneado de pintura, comparativamente alta (Paint Bake Response o PBR).

25 Estas fases de Mg₂Si también tienen un efecto desventajoso de incremento de resistencia en una aleación de aluminio en el estado T4 o estado T4-FH – lo cual no admite un moldeo principalmente frío, principalmente un moldeo de chapa, con un primer límite plástico R_{p0,2} de máximo 160 MPa.

30 Sin embargo, este efecto desventajoso puede revertirse variando los componentes de la aleación de magnesio (Mg), silicio (Si) y zinc (Zn) de la aleación de aluminio dentro de límites de contenido particulares, como también haciendo que magnesio (Mg) y silicio (Si) cumplan una relación de orden según la reivindicación 1. Más precisamente, esto asegura una solubilidad suficiente, en particular incluso sorprendentemente alta, de elementos de aleación con actividad de espacios vacíos, más precisamente estaño (Sn), indio (In), cadmio (Cd), etc., en la solución sólida de la aleación de aluminio. Por consiguiente, la aleación de aluminio que ha sido ajustada según la invención en los elementos de aleación Mg, Si y Zn, así como en los elementos de traza Sn y/o Cd y/o In no solamente puede cumplir el segundo límite elástico R_{p0,2}, sino también puede garantizar el primer límite elástico R_{p0,2} en el estado T4 o estado T4-FH, esto incluso a temperatura de termo-endurecimiento comparativamente baja.

40 Además, está aleación de aluminio que se encuentra dentro de los límites de contenidos según la invención puede asegurar una elongación A_g similar a aquella de una aleación de aluminio del tipo EN AW 6016, por lo cual puede garantizarse una deformabilidad plástica excelente.

Por lo tanto, la aleación de aluminio según la invención puede presentar una idoneidad particularmente buena para una chapa o banda de aluminio laminada, la cual puede ser adecuada para un procedimiento para la fabricación de una pieza moldeada de un automóvil, de preferencia una pieza de carrocería, por ejemplo, del revestimiento exterior.

45 En general se menciona que la aleación de aluminio puede presentar purezas inevitables causadas por la fabricación, las cuales tienen respectivamente máximo 0,05 % en peso y en total a lo sumo 0,15 % en peso.

Además, se menciona en general que por automóvil debe entenderse, por ejemplo, un automóvil terrestre, acuático y/o aéreo.

50 En general se menciona, además, que el estado T4-FH se logra gracias a un tratamiento de estabilización por recocido sometiendo la aleación de aluminio en el estado T4 (recocido en solución y templado) a un tratamiento térmico, principalmente un choque térmico. Este tratamiento térmico sigue preferentemente al tratamiento de T4 (recocido en solución y templado); ejemplos de un tratamiento de estabilización por recocido de este tipo son conocidos por la bibliografía (cf. Friedrich Ostermann: Anwendungstechnologie Aluminium [Tecnología aplicada para aluminio], 3^a edición, año de publicación 2014, ISBN 987-3-662-43806-0, página 138), la publicación DE 112011 103667 T5 etc., el cual frecuentemente se denomina tratamiento de pre-envejecimiento.

ES 2 760 449 T3

Un primer límite elástico $R_{p0,2}$ de máximo 160 MPa y un segundo límite elástico $R_{p0,2}$ de al menos 250 MPa de la aleación de aluminio pueden hacerse posible de manera reproducible si esta presenta 2,5 a 3,4 % en peso de Zn. Esto principalmente si la aleación de aluminio presenta de 2,7 a 3,3 % en peso de Zn. Por lo tanto, además es posible mejorar incluso la solubilidad de los elementos de traza Sn y/o Cd y/o In en la solución sólida de la aleación de aluminio.

- 5 Puede hacerse posible una alta resistencia en el estado T6 a pesar de la baja temperatura de horneado si la aleación de aluminio presenta de 0,8 a 1,2 % en peso de Mg, principalmente 0,85 a 1,15 % en peso de Mg.

Las ventajas mencionadas anteriormente pueden aumentarse aún más si la aleación de aluminio presenta de 0,35 a 0,7 % en peso de Si, principalmente 0,4 a 0,6 % en peso de Si.

- 10 Puede proporcionarse una reducción suficiente de un endurecimiento en frío, por una parte, y un incremento suficiente del endurecimiento en caliente de la aleación de aluminio en el ciclo de horneado con temperaturas de horneado comparativamente bajas, por otra parte, si el estaño (Sn) y/o el indio (In) y/o el cadmio (Cd) en la aleación de aluminio constituyen un contenido por encima de 40, principalmente por encima de 80, hasta por debajo de 400, principalmente por debajo de 200 ppm atómicas. Preferiblemente, el estaño (Sn) y/o el indio (In) y/o el cadmio (Cd) en la aleación de aluminio tienen un contenido de 100 ppm atómicas.

- 15 Si la aleación de aluminio presenta de 0,15 a 0,35 % en peso de cobre (Cu) y/o de 0,1 a 0,3 % en peso de plata (Ag) y/o de 0,05 a 0,25 % en peso de hierro (Fe) y/o de 0,05 a 0,12 % en peso de manganeso (Mn) y/o de 0,05 a 0,15 % en peso de titanio (Ti) y/o de 0,02 a 0,2 % en peso de estaño (Sn) y/o de indio (In) y/o de cadmio (Cd), no se debe temer una influencia desventajosa del ajuste de la aleación de aluminio en los elementos de aleación Mg, Si y Zn ni en los elementos de traza Sn, Cd y/o In.

- 20 El cobre (Cu), el hierro (Fe) y/o la plata (Ag) pueden incrementar aún más la resistencia de la aleación de aluminio; con respecto a esto puede distinguirse principalmente el Fe. El manganeso (Mn) puede enlazar en cierta medida el Fe en la aleación de aluminio y, por lo tanto, reducir los efectos negativos del hierro en la deformabilidad plástica de la aleación de aluminio.

El titanio (Ti) puede contribuir a la refinación del grano y puede incrementar la deformabilidad plástica y la resistencia.

- 25 Si la aleación de aluminio presenta de 0,25 a 0,35 % en peso de cobre (Cu), la resistencia de la aleación de aluminio puede incrementarse sin tener que temer una influencia desventajosa del ajuste de la aleación de aluminio en los elementos de aleación Mg, Si y Zn, así como los elementos de traza Sn, Cd y/o In.

- 30 Entre otras cosas, la aleación de aluminio endurecible según la invención puede ser especialmente adecuada para una chapa o banda de aluminio, por ejemplo, para fabricar una pieza moldeada de un automóvil, de preferencia una pieza de la carrocería, por ejemplo, del revestimiento exterior.

Esto principalmente si la chapa o la banda de aluminio se encuentran en el estado T4 o en el estado T4-FH ("Fast-Hardening" o endurecimiento rápido).

Una chapa o banda de aluminio con un grosor de 0,5 a 4 mm, principalmente de 1 a 3 mm, puede ser adecuada especialmente para la fabricación de una pieza moldeada de un automóvil.

- 35 Si una pieza moldeada, principalmente una pieza de automóvil, de preferencia una pieza de la carrocería, se fabrica a partir de una chapa o banda de aluminio según la invención, esto asegura la ductilidad y el límite elástico $R_{p0,2}$ más altos después de un termo-endurecimiento, por ejemplo, un ciclo de horneado, de preferencia un ciclo de horneado de pintura.

- 40 Puede crearse una pieza moldeada, por ejemplo, con geometría compleja y alto límite elástico $R_{p0,2}$ de al menos 250 MPa, si se llevan a cabo las siguientes etapas procedimentales:

- a partir de la chapa o banda de aluminio se fabrica una placa (por ejemplo, un corte de chapa), por ejemplo, mediante un procedimiento de separación, de preferencia mediante troquelado;

- a partir de la placa se genera la pieza moldeada mediante un procedimiento de moldeo, principalmente frío, principalmente un procedimiento de moldeo de chapa y

- 45 • en una siguiente etapa, la pieza moldeada se somete a un termo-endurecimiento, principalmente un ciclo de horneado, de preferencia un ciclo de horneado de pintura.

- 50 En general se menciona que por procedimientos de moldeo puede entenderse, por ejemplo, embutición, embutición por estiramiento, prensado, etc., para modificar de manera plástica de esta manera la forma de la chapa o banda de aluminio la placa. Un procedimiento de moldeo debe entenderse un moldeo en frío, semi caliente o caliente, etc. preferiblemente se usa un moldeo en frío, de preferencia un moldeo de chapa en frío. Además, un ciclo de horneado, por ejemplo, ciclo de horneado de pintura puede representar el tratamiento térmico en un procedimiento electroquímico ("Bake-Hardening" o endurecimiento por horneado), por ejemplo: procedimiento de pintura catódica por inmersión.

Durante el termo-endurecimiento, de preferencia, la temperatura, principalmente la temperatura de horneado, es de máximo 165 grados Celsius.

5 Las ventajas según la invención de una alta deformabilidad para geometría compleja y límite elástico $R_{p0,2}$ alto de al menos 250 MPa, por ejemplo, después de un ciclo de horneado con baja temperatura de horneado, pueden destacarse como particularmente ventajosas si una placa de la chapa o banda de aluminio según la invención se usa para moldear, principalmente en frío, principalmente moldeo de chapa, y termo-endurecimiento, principalmente horneado, de preferencia horneado de pintura, para obtener una pieza moldeada, principalmente una pieza de automóvil, de preferencia una pieza de carrocería, por ejemplo del revestimiento exterior, en un automóvil.

10 Para demostrar los efectos logrados se fabricaron, por ejemplo, productos laminados semiterminados, más precisamente chapas delgadas, a partir de diferentes aleaciones de aluminio; estas chapas delgadas en el estado T4-FH se moldean mediante moldeo de chapa en frío después de una semana de almacenamiento a temperatura ambiente respectivamente para formar una pieza moldeada, más precisamente una pieza de carrocería del revestimiento exterior. Después de moldear, estas piezas moldeadas fueron sometidas a una pintura catódica por inmersión (PCI) con un ciclo de horneado a una temperatura de horneado de 165 grados Celsius.

15 Las composiciones de las aleaciones investigadas se listan en la tabla 1, en donde a los elementos de aleación listados en esta tabla se agregan purezas inevitables como aluminio residual y las causadas por la preparación.

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

Aleaciones	Zn	Mg	Si	Sn	Cu	Mn	Cr	Ag	Fe	Ti
1	2	1	0,3	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1
2	3	1	0,5	0,04	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1
3	3	1	0,5	0,04	0,17	0,08	< 0,05	< 0,05	0,16	0,07
4	3	1	0,5	0,04	0,17	0,08	< 0,05	0,15	0,16	0,07

20 Las aleaciones 2, 3 y 4 varían dentro de los límites de contenidos según la invención de acuerdo con la reivindicación 1. Las aleaciones 2, 3 y 4 también cumplen con la relación de orden ya que en términos del contenido a 1 % en peso en el contenido su magnesio (Mg) es tanto de menos de $(0,7/0,5 \text{ % en peso de Si}) \cdot 0,2 = 1,2$, como también de más de $(0,4/0,5 \text{ % en peso Si}) \cdot 0,15 = 0,65$.

25 En las aleaciones de aluminio investigadas, después del almacenamiento a temperatura ambiente e inmediatamente antes del moldeo de la chapa, se determinó el primer límite elástico $R_{p0,2}$ y la elongación uniforme A_g de la aleación de aluminio en el estado T4-FH.

Después del ciclo de horneado, se determinó el segundo límite elástico $R_{p0,2}$ y también la elongación uniforme A_g de la aleación de aluminio en el estado T6.

Los valores de medición obtenidos se recopilan en la tabla 2.

Tabla 2: Parámetros mecánicos de las aleaciones ensayadas

Aleaciones	T4-FH		T6	
	$R_{p0,2}$ [MPa]	A_g [%]	$R_{p0,2}$ [MPa]	A_g [%]
1	120	20	210	17
2	150	19	245	15
3	150	19	250	15
4	160	18	265	14

30 Tal como puede inferirse de esta tabla 2, las aleaciones de aluminio según la invención 2, 3 y 4 cumplen el primer límite elástico $R_{p0,2}$ requerido de 150 MPa por debajo de 160 MPa y el segundo límite elástico $R_{p0,2}$ requerido en la región de 250 MPa; esto incluso a una temperatura de horneado comparativamente baja de 165 grados Celsius para

ES 2 760 449 T3

lograr el estado T6. En comparación con las aleaciones de aluminio 2, 3, la aleación de aluminio 4 con plata en el estado T6 presenta un límite elástico $R_{p0,2}$ incrementado con una elongación uniforme A_g despreciablemente reducida.

5 En comparación con la aleación de aluminio 1, las aleaciones de aluminio 2, 3 y 4 según la invención se caracterizan por una aleación particularmente ajustada en los elementos de aleación Mg, Si y Zn, así como los elementos de traza Sn, Cd y/o In.

10 De esta manera, los elementos de aleación pueden afectar ventajosamente el termo-endurecimiento de la aleación de aluminio para asegurar todos los límites elásticos $R_{p0,2}$ requeridos en el estado T4 o T4-FH, así como en T6. Los dos límites elásticos $R_{p0,2}$ que se mencionan de último se encuentran en el estado T6 durante la aplicación de una baja temperatura de termo-endurecimiento, lo cual conduce a una respuesta alta de horneado de pintura (Paint Bake Response o PBR).

Además, todas las aleaciones 2, 3 y 4 según la invención muestran en el estado T4-FH una alta elongación uniforme A_g durante el moldeo, lo cual permite geometrías complejas en la pieza moldeada.

15 Además, la elongación uniforme A_g de las aleaciones de aluminio 2, 3 y 4 en el estado T6 según la invención es alta, lo cual asegura una alta ductilidad de la pieza moldeada por esta razón, las aleaciones de aluminio 2, 3 y 4 según la invención también presentan una buena idoneidad para piezas moldeadas de la carrocería.

REIVINDICACIONES

1. Aleación de aluminio endurecible que tiene
de 2,5 a 3,5 % en peso de zinc (Zn),
de 0,5 a 1,5 % en peso de magnesio (Mg),
5 de 0,2 a 0,8 % en peso de silicio (Si),
de 0,005 a 0,2 en peso de estaño (Sn) y/o de indio (In) y/o de cadmio (Cd),
y opcionalmente
a 0,35 % en peso de cobre (Cu),
a 0,3 % en peso de plata (Ag),
10 a 0,25 % en peso de hierro (Fe),
a 0,12 % en peso de manganeso (Mn),
a 0,15 % en peso de titanio (Ti)
como residuo aluminio, así como impurezas inevitables causadas por la preparación, en donde el contenido de magnesio (Mg) y de silicio (Si) cumple la relación de orden

$$\frac{0,4}{\% \text{ en peso de Si}} - 0,15 < \% \text{ en peso de Mg} < \frac{0,7}{\% \text{ en peso de Si}} - 0,2$$

15

2. Aleación de aluminio endurecible según la reivindicación 1, caracterizada porque la aleación de aluminio presenta de 2,5 a 3,4 % en peso de Zn, principalmente de 2,7 a 3,3 % en peso de Zn.
3. Aleación de aluminio endurecible según la reivindicación 1 o 2, caracterizada porque la aleación de aluminio presenta de 0,8 a 1,2 % en peso de Mg, principalmente 0,85 a 1,15 % en peso de Mg.
- 20 4. Aleación de aluminio endurecible según la reivindicación 1, 2 o 3, caracterizada porque la aleación de aluminio presenta de 0,35 a 0,7 % en peso de Si, principalmente 0,4 a 0,6 % en peso de Si.
5. Aleación de aluminio endurecible según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque estaño (Sn) e/o indio (In) y/o cadmio (Cd) en la aleación de aluminio constituyen una fracción por encima de 40, principalmente por encima de 80, hasta por debajo de 400, principalmente por debajo de 200, por ejemplo 100, ppm atómicas.
- 25 6. Aleación de aluminio endurecible según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada porque la aleación de aluminio tiene
de 0,15 a 0,35 % en peso de cobre (Cu) y/o
de 0,1 a 0,3 % en peso de plata (Ag) y/o
de 0,05 a 0,25 % en peso de hierro (Fe) y/o
30 de 0,05 a 0,12 % en peso de manganeso (Mn) y/o
de 0,05 a 0,15 % en peso de titanio (Ti) y/o
de 0,02 a 0,2 % en peso de estaño (Sn) y/o indio (In) y/o cadmio (Cd).
7. Aleación de aluminio endurecible según la reivindicación 6, caracterizada porque la aleación de aluminio tiene de 0,25 a 0,35 % en peso de cobre (Cu).
- 35 8. Chapa o banda de aluminio hecha de una aleación de aluminio endurecible según una de las reivindicaciones 1 a 7.
9. Chapa o banda de aluminio según la reivindicación 8 en el estado T4 o en el estado T4 con un tratamiento de estabilización por recocido (T4-FH).
- 40 10. Chapa o banda de aluminio según la reivindicación 8 o 9 con un grosor de 0,5 a 4 mm, principalmente de 1 a 3 mm.

11. Pieza moldeada, principalmente pieza de automóvil, de preferencia pieza de carrocería, fabricada a partir de una chapa o banda de aluminio según una de las reivindicaciones 8 a 10.
- 5 12. Procedimiento para la fabricación de una pieza moldeada, principalmente piezas de automóvil, de preferencia pieza de carrocería, en el cual se fabrica una placa a partir de la chapa o la banda de aluminio según una de las reivindicaciones 8 a 10, se genera la pieza moldeada a partir de la placa mediante un procedimiento de moldeo, principalmente frío, principalmente un procedimiento de moldeo de chapa y una siguiente etapa la pieza moldeada se somete a un termo-endurecimiento, principalmente un ciclo de horneado, de preferencia un ciclo de horneado de pintura
- 10 13. Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado porque la pieza moldeada se somete a un termo-endurecimiento con una temperatura, principalmente temperatura de horneado, a lo sumo de 165 grados Celsius.
14. La placa hecha de una chapa o banda de aluminio según una de las reivindicaciones 8 a 10 para un moldeo principalmente frío, principalmente moldeo de chapa, y termo-endurecimiento, principalmente horneado, de preferencia horneado de pintura, para obtener una pieza moldeada, principalmente una pieza de automóvil, de preferencia pieza de carrocería, por ejemplo, del revestimiento exterior, en un automóvil.