

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 613 857**

51 Int. Cl.:

C22C 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.08.2013 PCT/EP2013/067484**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.02.2014 WO2014029853**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.08.2013 E 13756051 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.11.2016 EP 2888382**

54 Título: **Cinta de aleación de aluminio resistente a la corrosión intercrystalina y procedimiento para su fabricación**

30 Prioridad:

22.08.2012 EP 12181356

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

26.05.2017

73 Titular/es:

**HYDRO ALUMINIUM ROLLED PRODUCTS GMBH
(100.0%)**

**Aluminiumstrasse 1
41515 Grevenbroich, DE**

72 Inventor/es:

**BRINKMAN, HENK-JAN;
ENGLER, OLAF y
HENTSCHEL, THOMAS**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 613 857 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

Cinta de aleación de aluminio resistente a la corrosión intercrystalina y procedimiento para su fabricación

- 5 La invención se refiere a una cinta de aleación de aluminio compuesta por una aleación de aluminio de tipo AA 5xxx que presenta aparte de Al e impurezas inevitables un contenido de Mg de al menos el 4 % en peso. Además, la invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de una cinta de aleación de aluminio de acuerdo con la invención, así como un componente producido a partir de una cinta de aleación de aluminio de acuerdo con la invención.
- 10 Las aleaciones de aluminio-magnesio (AlMg-) de tipo AA 5xxx se usan en forma de chapas o placas o cintas para la construcción de estructuras soldadas o ensambladas en la construcción naviera, automovilística y aeronáutica. Se caracterizan, en particular, por una elevada resistencia que aumenta con un contenido creciente de magnesio.
- 15 Por ejemplo, por el ensayo *Development of twin-belt cast AA5XXX series aluminum alloy materials for automotive sheet applications* de Zhao et al. se conoce una cinta de aluminio compuesta por una aleación de AA5182 con un contenido de Mg del 4,65 % en peso que es adecuada para el empleo en el ámbito automovilístico.
- 20 Las cintas de aleación de aluminio de tipo AA5182 con un contenido de Mg de al menos el 4 % en peso se conocen asimismo por el ensayo *Semi-Solid Processing of Alloys and Composites* de Kang et al. y por el ensayo *Comparison of recrystallization textures in cold-rolled DC and CC AA 5182 aluminum alloys* de Liu et al., así como por el documento US 2003/0150587 A1. El ensayo *Hot-Tear Susceptibility of Aluminum Wrought Alloys and the Effect of Grain Refining* de Lin et al. se refiere a varillas redondas de subaleación de AA5182.
- 25 El documento DE 102 31 437 A1 se refiere a chapas de aleación de aluminio resistentes a la corrosión, consiguiéndose mediante las adiciones de Zn en un contenido de más del 0,4 % en peso una resistencia suficiente frente a corrosión intercrystalina.
- 30 Además, el documento GB 2 027 621 A desvela un procedimiento para la fabricación de una cinta de aluminio.
- 35 Las aleaciones de AlMg de tipo AA 5xxx con contenidos de Mg de más del 3 %, en particular más del 4 %, tienden cada vez más a la corrosión intercrystalina cuando está expuestas a mayores temperaturas. A temperaturas de 70-200 °C se separan fases de β -Al₃Mg₂ a lo largo de los límites de grano que se denominan partículas β y que se pueden disolver selectivamente en presencia de un medio corrosivo. Esto tiene como consecuencia que en particular la aleación de aluminio de tipo AA5182 (Al 4,5 % Mg 0,4 % Mn) que presenta propiedades de resistencia muy buenas, así como una capacidad de conformación muy buena no se emplea en zonas expuestas al calor, siempre que se deba contar con la presencia de un medio corrosivo, por ejemplo agua en forma de humedad. Esto se refiere en particular a los componentes de un automóvil que se someten habitualmente a un barnizado por inmersión catódica (KTL) y a continuación se secan en un proceso de secado al horno, ya que incluso por este proceso de secado al horno en caso de cintas de aleación de aluminio habituales se puede provocar una sensibilización frente a la corrosión intercrystalina. Además, para el empleo en el ámbito automovilístico se ha de tener en cuenta la conformación durante la fabricación de un componente, así como la posterior sollicitación del funcionamiento del componente.
- 40 La vulnerabilidad a corrosión intercrystalina se ensaya habitualmente en un ensayo convencional de acuerdo con la norma ASTM G67, en el que las muestras se exponen a un ácido nítrico y se mide la pérdida de masa a causa de la disolución de partículas β . De acuerdo con la norma ASTM G67, la pérdida de masa en materiales que no son resistentes frente a corrosión intercrystalina asciende a más de 15 mg/cm².
- 45 Por tanto, los correspondientes materiales y cintas de aluminio no son adecuados para emplearse en zonas expuestas a calor.
- 50 Partiendo de esto, la presente invención se basa en el objetivo de proponer una cinta de aleación de aluminio de una aleación de AlMg que, a pesar de altas resistencias y un contenido de Mg de más del 4 % en peso, en particular también después de una conformación y una posterior exposición a temperatura, sea resistente frente a corrosión intercrystalina. Además, debe indicarse un procedimiento de fabricación con el que se puedan producir cintas de aluminio resistentes frente a corrosión intercrystalina. Finalmente deben proponerse componentes resistentes frente a corrosión intercrystalina de un automóvil, por ejemplo, componentes de carrocería o piezas de montaje de carrocería tales como puertas, capós y puertas de maletero u otras piezas estructurales, pero también piezas componente de una aleación de aluminio de tipo AA 5xxx.
- 55 De acuerdo con una primera enseñanza de la presente invención se consigue el objetivo que se ha indicado anteriormente mediante una cinta de aleación de aluminio que tiene una estructura recristalizada, cumpliendo el tamaño de grano (KG) de la estructura en micrómetros la siguiente dependencia del contenido de Mg (c_Mg) en % en peso:
- 60

$$KG \geq 22 + 2 * c_{Mg}$$

y presentando la aleación de aluminio de la cinta de aleación de aluminio la siguiente composición en % en peso:

- 5 Si ≤ 0,2 %,
 Fe ≤ 0,35 %,
 0,04 % ≤ Cu ≤ 0,08 %,
 0,2 % ≤ Mn ≤ 0,5 %,

 10 4,35 % ≤ Mg ≤ 4,8 %,

 Cr ≤ 0,1 %,

 Zn ≤ 0,25 %,

 Ti ≤ 0,1 %,

 resto Al e impurezas inevitables en solitario como máximo al 0,05 % en peso, en total como máximo al 0,15 % en peso.

15

20 En caso de un contenido de Cu del 0,04 % en peso al 0,08 % en peso se consigue que el cobre participe en un aumento de la resistencia, pero que a pesar de esto no disminuya demasiado la resistencia a la corrosión. Además, mediante la limitación del intervalo del Mc al 4,35 % en peso a 4,8 % en peso se puede conseguir una resistencia muy buena con un tamaño de grano moderado. Por tanto, se puede conseguir también una resistencia frente a corrosión intercrystalina con una particular seguridad de proceso, ya que se pueden conseguir de forma segura los tamaños de grano necesarios de la estructura en el procedimiento.

25 Una cinta de aleación de aluminio con una estructura recristalizada se puede facilitar mediante cintas de aleación en caliente o cintas de aleación en frío de recocido blando. Mediante exhaustivos exámenes se ha encontrado que existe una relación entre el tamaño de grano, el contenido de magnesio y la resistencia frente a corrosión intercrystalina. Ya que el tamaño de grano de un material está presente siempre en forma de una distribución, todas las indicaciones realizadas de tamaño de grano se refieren al tamaño de grano medio. Se puede establecer el tamaño de grano medio de acuerdo con la norma ASTM E1382. Con un tamaño de grano suficientemente grande, es decir, siempre que el tamaño de grano sea mayor o igual al valor límite inferior de acuerdo con la invención del tamaño de grano en relación con el contenido de Mg de la cinta de aleación de aluminio, se puede conseguir una resistencia frente a corrosión intercrystalina de tal manera que disminuya la pérdida de masa en el sello de ASTM G67 por debajo de 15 mg/cm². Por lo tanto, se pueden denominar las cintas de aluminio correspondientes como resistentes frente a corrosión intercrystalina. Eso se ha comprobado para las cintas de aluminio que se han mencionado anteriormente en el estado no conformado después de un ciclo de KTL simulado, así como después de un ciclo de KTL simulado inclusive una exposición en funcionamiento posterior con como máximo 500 horas a 80 °C. También se han comprobado las cintas que se han mencionado anteriormente en la resistencia frente a corrosión intercrystalina cuando antes del ciclo de KTL en la exposición en un funcionamiento se estira el material con el 15 % para simular la conformación hasta haber un componente. Como resultado, una cinta de aleación denominada de acuerdo con la invención a causa de su contenido de Mg relativamente alto pone a disposición resistencias y límites de fluencia elevados y, al mismo tiempo, es resistente frente a corrosión intercrystalina. Por tanto, se pueden emplear muy bien para el empleo en zonas expuestas a calor en la construcción automovilística.

40 En caso de que el tamaño de grano de acuerdo con la siguiente forma de realización de la cinta de aleación de aluminio de acuerdo con la invención cumpla opcionalmente la siguiente condición:

$$KG < (253 / (265 - 50 * c_{Mg}))^2$$

50 con KG en µm si c_{Mg} en % en peso,

se puede asegurar que el límite de fluencia R_{p0,2} de la cinta de aleación de aluminio sea mayor de 110 MPa. A este respecto, la resistencia a la fracción de la cinta se encuentra habitualmente por encima de 255 MPa.

55 Otra configuración ventajosa de la cinta de aleación de aluminio se consigue al presentar la aleación de aluminio de la cinta de aleación de aluminio la siguiente composición en % en peso:

- 60 Si ≤ 0,2 %,
 Fe ≤ 0,35 %,
 0,04 % ≤ Cu ≤ 0,08 %,

 0,2 % ≤ Mn ≤ 0,5 %,

 4,45 % ≤ Mg ≤ 4,8 %,

 Cr ≤ 0,1 %,

 Zn ≤ 0,25 %,

 resto Al e impurezas inevitables en solitario como máximo al 0,05 % en peso, en total como máximo al 0,15 % en peso.

Ti ≤ 0,1 %,

5 resto Al e impurezas inevitables en solitario como máximo al 0,05 % en peso, en total como máximo al 0,15 % en peso. Mediante la limitación del intervalo de Mg de 4,45 % en peso a 4,8 % en peso se considera asimismo una resistencia muy buena con un tamaño de grano moderado.

10 De acuerdo con una siguiente configuración de la cinta de aleación de aluminio de acuerdo con la invención, el tamaño de grano se encuentra como máximo a 50 µm, ya que en la fabricación de cintas de aluminio con tamaños de grano de más de 50 µm a partir de una aleación de aluminio de tipo AA 5xxx con un contenido de Mg de al menos el 4 % disminuye la seguridad de proceso. Por el contrario, se puede conseguir con esta unidad de proceso un tamaño de grano de como máximo 50 µm. La estabilidad del proceso para la generación de estructuras con tamaño de grano controlado aumenta con un tamaño de grano creciente. De este modo está asociada la fabricación de una cinta de aleación de aluminio con un tamaño de grano de como máximo 45 µm, preferentemente como máximo 40 µm con una estabilidad de proceso creciente.

15 De acuerdo con la siguiente configuración de la cinta de aleación de aluminio de acuerdo con la invención, la misma presenta un espesor de 0,5 mm-5 mm y, por tanto, es excelentemente adecuada para la mayoría de las aplicaciones, por ejemplo en la construcción automovilística.

20 Además, la cinta de aleación de aluminio de acuerdo con la invención se puede configurar ventajosamente debido a que está laminada en frío y finalmente sometida a recocido blando. Un recocido blando recristalizador tiene lugar habitualmente a temperaturas de 300 °C-500 °C y posibilita eliminar las solidificaciones introducidas durante el proceso de laminación y garantizar una capacidad de conformación de la cinta de aleación de aluminio. Además, en caso de cintas de aleación laminadas en frío y sometidas a recocido blando y, por tanto, recristalizadas se pueden

25 facilitar menores espesores finales que con cintas de laminación en caliente recristalizadas.

30 Finalmente, la cinta de aleación de aluminio de acuerdo con otra configuración presenta un límite de fluencia $R_{p0,2}$ de más de 120 MPa y una resistencia a la tracción R_m de más de 260 MPa. De este modo, la cinta de aleación denominada de acuerdo con la norma DIN485-2 resistente frente a corrosión intercrystalina supera también las propiedades de resistencia requeridas de acuerdo con la norma DIN485-2 de una aleación de aluminio de tipo AA5182. A este respecto, también los valores de extensibilidad con una extensibilidad de la misma medida A_g de al menos el 19 % así como un alargamiento en la rotura A_{80mm} de al menos el 22 % superan con mucho los valores referidos en la norma DIN485-2.

35 De acuerdo con una segunda enseñanza de la presente invención se consigue el objetivo que se ha indicado anteriormente mediante un procedimiento para la fabricación de una cinta de aleación de aluminio que comprende las siguientes etapas de procedimiento:

- 40
- colada de un lingote de laminación compuesto por una composición de aleación de aluminio de acuerdo con la invención,
 - homogeneización del lingote de laminación a 480°C hasta 550°C durante al menos 0,5 h,
 - laminación en caliente del lingote de laminación a una temperatura de 280 °C hasta 500 °C,
 - laminación en frío de la cinta de aleación de aluminio hasta el espesor final con un grado de reducción por laminación de menos del 40 %, preferentemente de como máximo el 30 %, de forma particularmente preferente

45 de como máximo el 25 %,

 - recocido blando de la cinta de aleación de aluminio terminada de laminar a 300 °C hasta 500 °C.

50 Las etapas de procedimiento enumeradas en total conducen a que a causa del reducido grado de reducción por laminación durante la laminación en frío de la cinta de aleación de aluminio hasta el espesor final se puede poner a disposición un tamaño de grano después del recocido blando que cumpla la dependencia que se ha indicado anteriormente del contenido de Mg. A través del grado de reducción por laminación hasta el espesor final se ajustan la solidificación de la cinta antes del recocido blando que determina el tamaño de grano resultante. Con un grado de reducción por laminación cada vez menor de menos del 40 %, de como máximo el 30 % y de como máximo el 25 % se ajustan, por tanto, diferentes tamaños de grano que se pueden ajustar a la composición de aleación. En este

55 sentido se puede producir una cinta de aleación de aluminio que es resistente frente a corrosión intercrystalina.

De acuerdo con otra configuración en el procedimiento de acuerdo con la invención, después de la laminación en caliente como alternativa se llevan a cabo las siguientes etapas de procedimiento:

- 60
- laminación en frío de la cinta de aleación de aluminio laminada en caliente con un grado de reducción por laminación de al menos el 30 %, preferentemente de al menos el 50 %,
 - recocido intermedio de la cinta de aleación de aluminio a de 300 °C a 500 °C,
 - laminación en frío posterior hasta el espesor final con un grado de reducción por laminación de menos del 40 %, preferentemente de como máximo el 30 %, de forma particularmente preferente de como máximo el 25 %,

65

 - recocido blando de la cinta de aleación de aluminio terminada de laminar a de 300 °C a 500 °C.

Ambos procedimientos que se han indicado anteriormente tienen en común que el grado de reducción por laminación antes del recocido blando, es decir, el grado de reducción por laminación hasta el espesor final durante la laminación en frío, está limitado a menos del 40 %, preferentemente a como máximo el 30 %, de forma particularmente preferente a como máximo el 25 %. En la segunda configuración del procedimiento de acuerdo con la invención tiene lugar una etapa adicional de laminación en frío después del recocido intermedio a 300 °C-500 °C. En el recocido intermedio se recristaliza la cinta de aleación de aluminio muy solidificada por la laminación en frío y se traspa de nuevo a un estado conformable. La etapa de laminación en frío posterior con un grado de reducción por laminación de menos del 40 %, preferentemente de como máximo el 30 %, de forma particularmente preferente de como máximo el 25 % conduce a que junto con los contenidos de Mg usados de la aleación de aluminio se puede ajustar el tamaño de grano correspondientemente a la relación reivindicada. Como resultado se puede producir entonces en el estado recocido blando una cinta que es tanto resistente frente a corrosión intercrystalina como presenta las propiedades de conformación o resistencia necesarias.

De acuerdo con una configuración posterior del procedimiento de acuerdo con la invención, el recocido blando y/o los recocidos intermedios tienen lugar en un horno discontinuo, en particular en un horno de cámara o en un horno de paso continuo. Ambos hornos conducen a la facilitación de una estructura de grano suficientemente gruesa que garantiza la resistencia frente a corrosión intercrystalina. Los hornos discontinuos en el funcionamiento y la adquisición habitualmente no son tan costosos como los hornos de paso continuo.

De acuerdo con una tercera enseñanza de la presente o invención se consigue el objetivo que se ha indicado anteriormente mediante un componente para un automóvil que está compuesto en parte una cinta de aleación de aluminio de acuerdo con la invención. Habitualmente, el componente se somete a un barnizado, preferentemente un barnizado por inmersión catódica. A pesar de esto existen posibilidades similares de empleo de componentes sin barnizar producidos a partir de la cinta de aleación de aluminio de acuerdo con la invención.

Como ya se ha indicado anteriormente, la cinta de aleación de aluminio presenta propiedades excelentes en relación con la resistencia, propiedades de conformación y resistencia frente a corrosión intercrystalina, de tal manera que en particular la exposición a calor durante un barnizado, un proceso de secado de horno que dura normalmente de 20 min a aproximadamente 185 °C tiene solo poca fluencia en la resistencia del componente frente a corrosión intercrystalina. También la conformación hasta un componente que mediante un estiramiento del 15 % transversalmente con respecto a su dirección original de laminación se ha simulado tiene solo una fluencia escasa en la resistencia frente a corrosión intercrystalina. También, después de un estiramiento del 15 % los valores para la pérdida de masa de acuerdo con la norma ASTM G67 ascienden a menos de 15 mg/cm². Además, también el funcionamiento en zonas sometidas a temperatura que se ha simulado por una exposición a calor de 200 o 500 horas a 80 °C tienen solo una escasa fluencia sobre la resistencia frente a corrosión intercrystalina. Los valores para la pérdida de masa de acuerdo con la norma ASTM G67 ascienden incluso después de una exposición correspondiente a temperatura a menos de 15 mg/cm².

Es particularmente ventajoso un componente cuando el mismo está configurado como componente de carrocería o pieza de montaje de carrocería de un automóvil. Son pizas de carrocería típicas el guardabarros o partes del grupo del suelo, del techo, etc. Se denominan piezas de montaje de carrocería, por norma general, puertas y partes de maletero, etc., que no están unidas firmemente al automóvil. Preferentemente se producen a partir de la cinta de aleación de aluminio de acuerdo con la invención componentes de carrocería o piezas de montaje de carrocería no visibles. Estos son, por ejemplo, piezas interiores de puertas o piezas interiores de partes de maletero, pero también chapas de fondo, etc. Una exposición a calor típica para tales componentes de un automóvil, por ejemplo de piezas interiores de partes, se da, por ejemplo, por la irradiación solar durante el funcionamiento de un automóvil. Además, las piezas de carrocería o piezas de montaje de carrocería de un automóvil en general están expuestas también a humedad, por ejemplo, en agua en forma de salpicadura de agua o agua de condensación, de tal manera que se tiene que requerir una resistencia frente a corrosión intercrystalina. Los componentes de carrocería o piezas de montaje de carrocería de acuerdo con la invención, fabricados a partir de una cinta de aleación de aluminio de acuerdo con la presente invención, cumplen estas condiciones y además garantizan una ventaja en cuanto al peso con respecto a las construcciones de acero usadas hasta ahora.

Ahora se ha de explicar con más detalle adicionalmente la invención mediante ejemplos de realización junto con el dibujo. El dibujo muestra en

la Figura 1 un esquema de desarrollo esquemático para un ejemplo de realización de un procedimiento de fabricación,

la Figura 2 en un diagrama el tamaño de grano dependiendo del contenido de magnesio de los ejemplos de realización y

la Figura 3 un componente para un automóvil de acuerdo con otro ejemplo de realización.

Mediante exhaustivos experimentos se ha examinado si existe una relación entre el tamaño de grano de una cinta de aleación de aluminio de una aleación de aluminio de tipo AA 5xxx y el contenido de Mg en relación con la

resistencia frente a corrosión intercrystalina. Para esto se han usado distintas aleaciones de aluminio y se han aplicado diferentes parámetros del procedimiento. En la Tabla 1 está representadas distintas aleaciones de aluminio mediante las cuales se ha examinado la relación entre tamaño de grano, resistencia frente a corrosión intercrystalina y límite de fluencia. A parte de los contenidos de los elementos de aleación Si, Fe, Cu, Mn, Mg, Cr, Zn y Ti en % en peso, las aleaciones de aluminio mencionadas en la Tabla 1 confieren como resto aluminio, así como impurezas en solitario como máximo el 0,05 % en peso y en total como máximo el 0,15 % en peso.

5

Ya que en particular el recocido blando final y el grado de reducción por laminación final tiene fluencia en el tamaño de grano, los mismos se han variado debido a los respectivos ensayos. El tamaño de grano varía, por ejemplo, de 16 µm a 61 µm, el grado de reducción por laminación del 17 % al 57 %. El recocido blando final se llevó a cabo en hornos de cámara (KO) o en un horno de presión continua (BDLO).

10

Tabla 1

N.º	Aleación	Grado de laminación final [%]	Recocido final	Tamaño de grano [µm]	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
1	III	46	KO	16	0,07	0,24	0,040	0,30	4,50	0,005	0,007	0,016
2	V	57	BDLO	17	0,05	0,17	0,023	0,26	4,95	0,008	0,003	0,026
3	IV	35	BDLO	20	0,10	0,30	0,077	0,33	4,71	0,020	0,009	0,015
4	I	45	KO	21	0,03	0,13	0,002	0,25	4,15	0,001	0,004	0,021
5	IV	30	BDLO	23	0,10	0,30	0,077	0,33	4,71	0,020	0,009	0,015
6	IV	25	BDLO	25	0,10	0,30	0,077	0,33	4,71	0,020	0,009	0,015
7	IV	35	KO	26	0,10	0,30	0,077	0,33	4,71	0,020	0,009	0,015
8	IV	20	BDLO	29	0,10	0,30	0,077	0,33	4,71	0,020	0,009	0,015
9	V	21	BDLO	30	0,05	0,17	0,023	0,26	4,95	0,008	0,003	0,026
10	III	30	KO	30	0,07	0,24	0,040	0,30	4,50	0,005	0,007	0,016
11	I	25	BDLO	31	0,03	0,13	0,002	0,25	4,15	0,001	0,004	0,021
12	IV	30	KO	32	0,10	0,30	0,077	0,33	4,71	0,020	0,009	0,015
13	II	21	BDLO	33	0,06	0,16	0,004	0,27	4,35	0,008	0,002	0,013
14	III	25	KO	34	0,07	0,24	0,040	0,30	4,50	0,005	0,007	0,016
15	I	20	BDLO	34	0,03	0,13	0,002	0,25	4,15	0,001	0,004	0,021
16	IV	25	KO	36	0,10	0,30	0,077	0,33	4,71	0,020	0,009	0,015
17	IV	20	KO	39	0,10	0,30	0,077	0,33	4,71	0,020	0,009	0,015
18	III	17	BDLO	43	0,07	0,24	0,040	0,30	4,50	0,005	0,007	0,016
19	III	17	KO	61	0,07	0,24	0,040	0,30	4,50	0,005	0,007	0,016

15 La Figura 1 muestra el desarrollo de ejemplos de realización para la fabricación de cintas de aluminio. El diagrama de desarrollo de la Figura 1 muestra esquemáticamente las distintas etapas de procedimiento del proceso de fabricación de la cinta de aleación de aluminio de acuerdo con la invención.

20 En la etapa 1 se cuela un lingote de laminación de una aleación de cinta de aluminio de tipo AA 5xxx con un contenido Mg de al menos el 4 % en peso, por ejemplo, en una colada continua DC. A continuación, el lingote de laminación en la etapa de procedimiento 2 se somete a una homogeneización que se puede llevar a cabo en uno o

- varios pasos. Durante una homogeneización se alcanzan temperaturas de lingote de laminación de 480 a 550 °C durante al menos 0,5 h. En la etapa de procedimiento 3 se lamina en caliente entonces el lingote de laminación, alcanzándose temperaturas típicas de 280 °C a 500 °C. Los espesores finales de la cinta caliente ascienden, por ejemplo, a de 2 a 12 mm. A este respecto se puede seleccionar el espesor final de cinta de laminación en caliente de tal manera que después de la laminación en caliente tenga lugar únicamente una única etapa de laminación en frío 4 en la que la cinta de laminación en caliente con un grado de reducción por laminación de menos del 40 %, preferentemente de como máximo el 30 %, de forma particularmente preferente de como máximo el 25 % se reduce en su espesor.
- 5
- 10 A continuación, se somete la cinta de aleación de aluminio laminada en frío hasta el espesor final a un recocido blando. El recocido blando se llevó a cabo en un horno de paso continuo o en un horno de cámara para ensayar la dependencia de las propiedades de corrosión del horno de cámara o de paso continuo. En estos ejemplos de realización representados en la Tabla 1 se aplicó la segunda vía con un recocido intermedio. Para esto, la cinta de laminación en caliente después de la laminación en caliente de acuerdo con la etapa de procedimiento 3 se suministra a una laminación en frío 4a que presenta un grado de reducción por laminación de más del 30 % o más del 50 %, de tal manera que la cinta de aleación de aluminio en un siguiente recocido intermedio se recrystaliza preferentemente de manera continua. El recocido intermedio se llevó a cabo en los ejemplos de realización en un horno de paso continuo de 400 °C a 450 °C o en un horno de cámara a de 330 °C a 380 °C.
- 15
- 20 El recocido intermedio está representado en la Figura 1 con la etapa de procedimiento 4b. En la etapa de procedimiento 4b de acuerdo con la Figura 1 se suministra la cinta de aleación de aluminio sometida a recocido intermedio finalmente a una laminación en frío hasta el espesor final, ascendiendo el grado de reducción por laminación en la etapa de procedimiento 4c a menos del 40 %, preferentemente a como máximo el 30 %, de forma particularmente preferente a como máximo el 25 %. A continuación, la cinta de aleación de aluminio se traspasa de nuevo al estado blando mediante un recocido blando, llevándose a cabo el recocido blando en el horno de paso continuo a de 400 °C a 450 °C o en el horno de cámara a de 330 °C a 380 °C. En los distintos ensayos, aparte de diferentes aleaciones de aluminio, se han ajustado también distintos grados de reducción por laminación después del recocido intermedio. Los valores para el grano de reducción por laminación después del recocido intermedio están representados asimismo en la Tabla 1. Además, en cada caso se midió el tamaño de grano de la cinta de aleación de aluminio sometida a recocido blando.
- 25
- 30
- A las cintas de aleación de aluminio producidas correspondientemente se determinaron los parámetros mecánicos, en particular el índice de fluencia $R_{p,0.2}$, resistencia a la atracción R_m , alargamiento en la misma medida A_g y alargamiento de A_{80mm} . Además, se midió la resistencia a la corrosión frente a corrosión intercrystalina de acuerdo con la norma ASTM G67 y, de hecho, sin tratamiento térmico adicional en el estado inicial (inicio 0h). Aparte de los parámetros mecánicos medidos de acuerdo con las normas EN 10002-1 o ISO 6892 de las cintas de aleación de aluminio están indicados los tamaños de grano calculados de acuerdo con las fórmulas (1) expuestas a continuación para la resistencia frente a corrosión intercrystalina y la fórmula (2) para la consecución de las propiedades mecánicas necesarias, en particular un límite de fluencia suficientemente grande, representados en la Tabla 2 como columna KG(IK) y como columna KG(Rp). Los tamaños de grano se determinaron de acuerdo con la norma ASTM E1382 y están indicadas en μm .
- 35
- 40

45

Tabla 2

N.º	Aleación de Al	Pérdidas de masa de IK, sin estiramiento ** [mg/cm2]				Pérdidas de masa de IK, estiramiento del 15 % ** [mg/cm2]		Parámetros mecánicos, estado blando				KG(IK)	KG(Rp)	Resultado
		Inicio (0h)	20 min. 185 °C	20 Min. 185° + 200 h 80 °C	20Min. 185° + 500 h 80 °C	20 Min. 185 °C	20 Min. 185 °C + 200 h 80 °C	R _{po.2} [MPa]	R _m [MPa]	Ag [%]	A _{80mm} [%]			
1	III	15,4	16,6	25,7	26,9	18,8	33,6	135	279	20,7	25,2	31,0	40,0	IK demasiado alto
2	V	1,3	5,3	41,7	-	-	-	141	286	22,6	27,1	31,9	209,0	IK demasiado alto
3	IV	1,1	1,9	27,8	33,0	3,8	33,9	131	287	22,0	25,0	31,4	73,6	IK demasiado alto
4	I	8,2	10,8	18,6	22,1	9,6	20,7	106	250	23,8	26,7	30,3	19,4	IK demasiado alto
5	IV	1,1	1,7	22,2	29,4	3,3	27,2	127	287	22,3	25,6	31,4	73,6	IK demasiado alto
6	IV	1,1	1,7	15,6	23,3	2,9	21,5	124	284	20,3	23,0	31,4	73,6	IK demasiado alto
7	IV	3,1	3,2	6,8	10,6	5,9	17,9	134	292	20,7	23,3	31,4	73,6	IK demasiado alto
8	IV	1,1	1,6	11,6	16,3	2,6	15,0	121	284	21,3	24,9	31,4	73,6	IK demasiado alto
9	V	1,2	2,2	14,9	18,0	-	-	125	282	22,2	26,0	31,9	209,0	IK demasiado alto
10	III	2,8	3,0	7,9	10,9	6,4	18,0	125	281	19,5	23,6	31,0	40,0	IK demasiado alto
11	I	1,1	1,3	10,8	13,1	1,9	14,2	103	252	21,6	29,1	30,3	19,4	Comparación
12	IV	2,6	2,8	5,6	8,9	4,6	12,5	131	289	19,1	21,6	31,4	73,6	De acuerdo con la invención
13	II	1,2	1,7	10,4	12,5	4,4	12,9	109	259	22,0	24,6	30,7	28,4	Comparación

14	III	2,4	2,4	2,4	6,7	8,8	4,5	11,5	122	278	19,1	22,8	31,0	40,0	De acuerdo con la inversión
15	I	1,1	1,2	1,2	8,3	11,1	1,7	12,4	101	251	20,8	25,1	30,3	19,4	Comparación
16	IV	2,2	2,1	2,1	4,2	6,6	3,8	10,0	127	287	19,9	22,5	31,4	73,6	De acuerdo con la inversión
17	IV	1,8	1,7	1,7	3,0	4,3	2,6	6,4	122	284	20,2	22,2	31,4	73,6	De acuerdo con la inversión
18	III	1,1	1,3	1,3	6,6	9,2	1,8	9,2	109	273	20,4	25,6	31,0	40,0	De acuerdo con la inversión
19	III	1,6	1,6	1,6	2,7	3,8	2,0	4,2	108	273	20,4	25,2	31,0	40,0	De acuerdo con la inversión

Para simular el empleo en un automóvil se sometieron las cintas de aleación de aluminio antes del ensayo de corrosión además a diferentes tratamientos térmicos. Un primer tratamiento térmico consistió en un almacenamiento de las cintas de aluminio durante 20 minutos a 185 °C para configurar el ciclo KTL. En otra serie de medición se almacenaron las cintas de aleación de aluminio adicionalmente durante 200 horas o 500 horas a 80 °C y a continuación se sometieron al ensayo de corrosión. Ya que las conformaciones de cintas o chapas de aleación de aluminio pueden influir adicionalmente la resistencia a la corrosión, las cintas de aleación de aluminio en otro ensayo se estiraron aproximadamente en un 15 %, se sometieron a un tratamiento térmico o un almacenamiento a mayor temperatura y después se sometieron a un ensayo con respecto a corrosión intercrystalina de acuerdo con la norma ASTM G67 en el que se midió la pérdida de masa.

Se mostró que existe una estrecha relación entre el tamaño de grano, el contenido de Mg y la resistencia frente a corrosión intercrystalina. Los ejemplos de realización 11 a 19 se han de clasificar todos como resistentes frente a corrosión intercrystalina. Esto se aplica también a su empleo en automóviles con exposición a calor y en presencia de humedad o de un medio corrosivo. Adicionalmente, los ejemplos de realización 12, 14, 16 y 17 mostraron los parámetros mecánicos requeridos según la norma DIN EN 485-2 de una cinta de aleación de aluminio de tipo AA 5182.

En la Figura 2 están representados en el diagrama los tamaños de grano medidos dependiendo del contenido de Mg en % en peso. Aparte de los puntos de medición, el diagrama contiene también dos curvas A y B. La recta A muestra los tamaños de grano por encima de los cuales con un contenido de Mg específico se puede denominar la cinta de aleación de aluminio como resistente frente a corrosión intercrystalina. El tamaño de grano (KG) correspondiente resulta a partir de la siguiente ecuación:

$$KG = 22 + 2 * c_Mg, \quad (1)$$

con c_Mg como contenido de Mg en % en peso.

Por el contrario, la curva B indica el límite a partir del cual las cintas de aleación de aluminio presentan un límite de fluencia demasiado bajo de menos de 110 MPa, de tal manera que los mismos no se deben considerar aleación AA 5182 de acuerdo con la norma DIN EN385-2. La curva se determina mediante la siguiente ecuación:

$$KG = \left(\frac{253}{265 - 50 * c_Mg} \right)^2 \quad (2)$$

Todos los ejemplos de realización a la derecha de la curva B cumplen, por tanto, con la exigencia de un límite de fluencia de más de 110 MPa.

Finalmente, la Figura 3 muestra un componente típico de un automóvil representado en forma de una pieza de puerta interior esquemáticamente. Las piezas de puerta interiores se fabrican habitualmente a partir de un acero. No obstante, las cintas de aleación de aluminio producidas muestran que se pueden conseguir también la facilitación de altas tenacidades con una resistencia frente a corrosión intercrystalina siempre que la relación de tamaño de grano se reajuste de acuerdo con la invención en relación con el contenido de Mg. El componente de acuerdo con la invención de acuerdo con la Figura 3 presenta un peso claramente menor que un componente comparable de acero y a pesar de esto es resistente frente a corrosión intercrystalina.

REIVINDICACIONES

1. Cinta de aleación de aluminio compuesta por una aleación de aluminio de tipo AA 5xxx que presenta, aparte de Al e impurezas inevitables, un contenido de Mg de al menos el 4 % en peso,
caracterizada por que
 la cinta de aleación de aluminio tiene una estructura recristalizada, cumpliendo también el tamaño de grano (KG) de la estructura la siguiente dependencia del contenido de Mg (c_{Mg}) en % en peso:

$$KG \geq 22 + 2 * c_{Mg}$$

y por que la aleación de aluminio de la cinta de aleación de aluminio presenta la siguiente composición en % en peso:

- Si $\leq 0,2$ %,
- Fe $\leq 0,35$ %,
- 0,04 % \leq Cu \leq 0,08 %,
- 0,2 % \leq Mn \leq 0,5 %,
- 4,35 % \leq Mg \leq 4,8 %,
- Cr \leq 0,1 %,
- Zn \leq 0,25 %,
- Ti \leq 0,1 %,

resto Al e impurezas inevitables en solitario como máximo al 0,05 % en peso, en total como máximo al 0,15 % en peso.

2. Cinta de aleación de aluminio de acuerdo con la reivindicación 1,
caracterizada por que
 el tamaño de grano (KG) de la estructura de la cinta de aleación de aluminio cumple la siguiente dependencia del contenido de Mg (c_{Mg}) en % en peso:

$$KG < \left(\frac{253}{265 - 50 * c_{Mg}} \right)^2$$

3. Cinta de aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2,
caracterizada por que
 la aleación de aluminio de la cinta de aleación de aluminio presenta 4,45 % \leq Mg $<$ 4,8 %.

4. Cinta de aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3,
caracterizada por que
 el tamaño de grano asciende a como máximo 50 μ m, preferentemente a como máximo 40 μ m.

5. Cinta de aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4,
caracterizada por que
 la cinta de aleación de aluminio presenta un espesor de 0,5 mm a 5 mm.

6. Cinta de aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5,
caracterizada por que
 la cinta de aleación de aluminio está laminada en frío y sometida a recocido blando.

7. Cinta de aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6,
caracterizada por que
 la cinta de aleación de aluminio presenta un límite de fluencia Rp0,2 de más de 120 MPa y una resistencia a la atracción Rm de más de 260 MPa.

8. Procedimiento para la fabricación de una cinta de aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7 que comprende las siguientes etapas de procedimiento:

- colada de un lingote de laminación,
- homogeneización del lingote de laminación a entre 480 °C y 550 °C durante al menos 0,5 h,
- laminación en caliente del lingote de laminación a una temperatura de 280 °C a 500 °C,
- laminación en frío de la cinta de aleación de aluminio hasta el espesor final con un grado de reducción por laminación de menos del 40 %, preferentemente de como máximo el 30 %, de forma particularmente preferente

de como máximo el 25 %,

- recocido blando de la cinta de aleación de aluminio terminada de laminar a entre 300 °C y 500 °C.

5 9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, llevándose a cabo como alternativa, después de la laminación en caliente, las siguientes etapas de procedimiento:

- laminación en frío de la cinta de aleación de aluminio laminada en caliente con un grado de reducción por laminación de al menos el 30 %, preferentemente de al menos el 50 %,

10 - recocido intermedio de la cinta de aleación de aluminio a entre 300 °C y 500 °C,
- posterior laminación en frío hasta el espesor final con un grado de reducción por laminación de menos del 40 %, preferentemente de como máximo el 30 %, de forma particularmente preferente de como máximo el 25 %,
- recocido blando de la cinta de aleación de aluminio terminada de laminar a entre 300 °C y 500 °C.

15 10. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 8 o 9,

caracterizado por que

el recocido intermedio y/o el recocido blando se llevan a cabo en un horno discontinuo o en un horno de paso continuo.

20 11. Componente para un automóvil compuesto al menos en parte por una cinta de aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7.

12. Componente de acuerdo con la reivindicación 11,

caracterizado por que

el componente es un componente de carrocería o una pieza de carrocería de un automóvil.

25

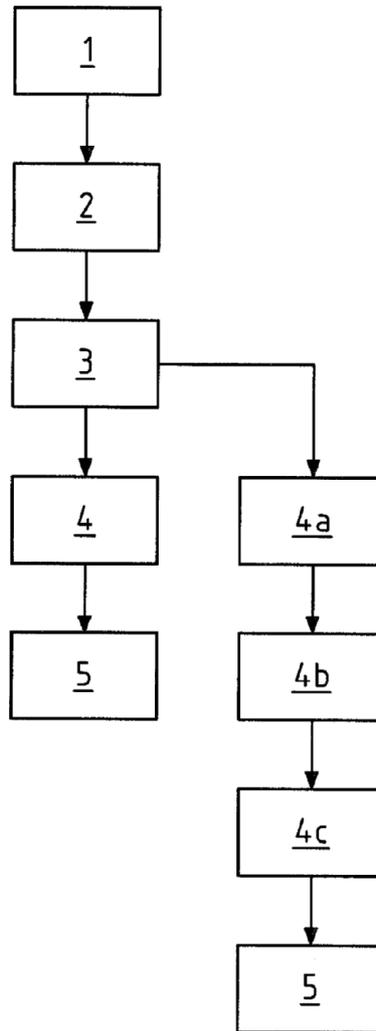


Fig.1

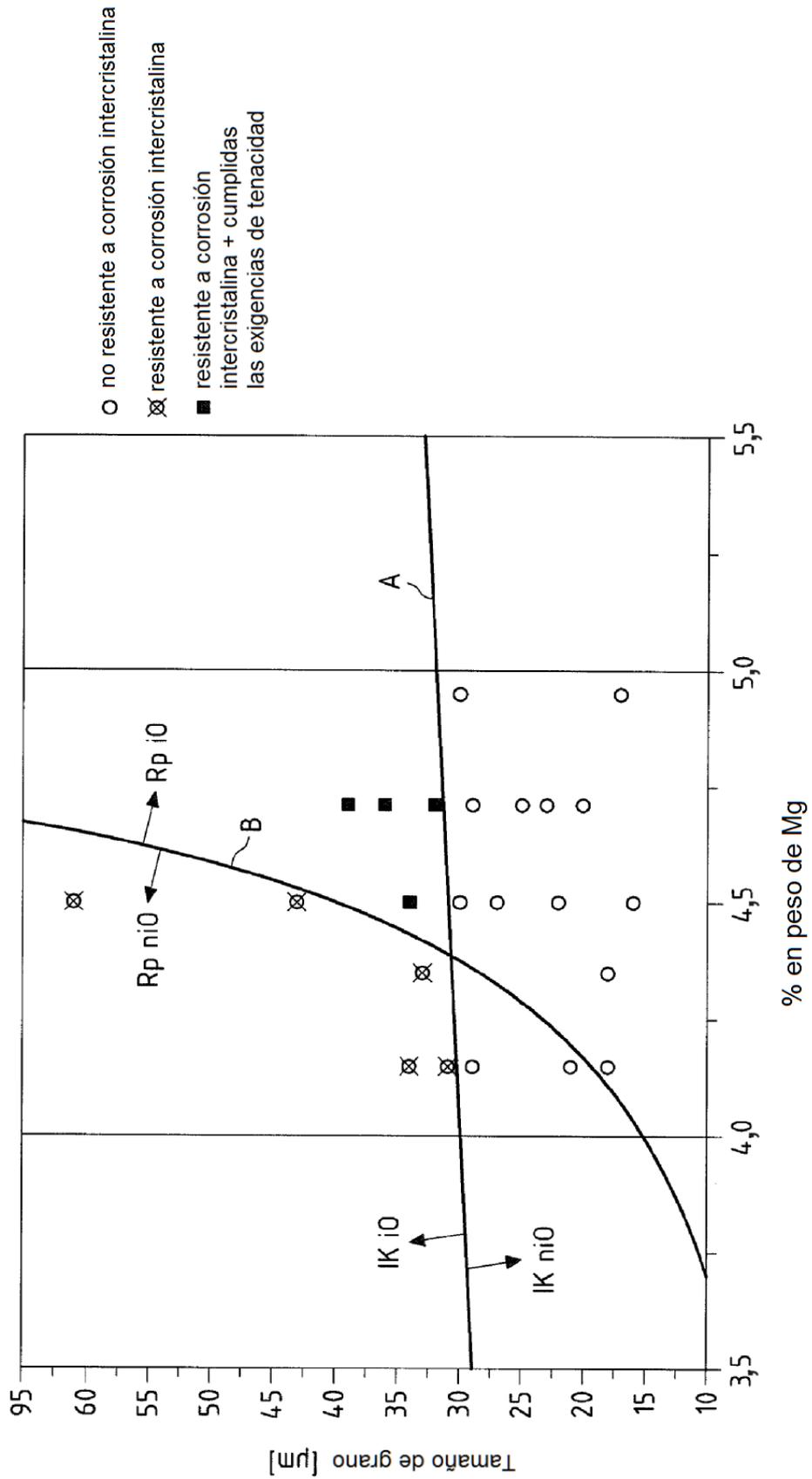


Fig.2

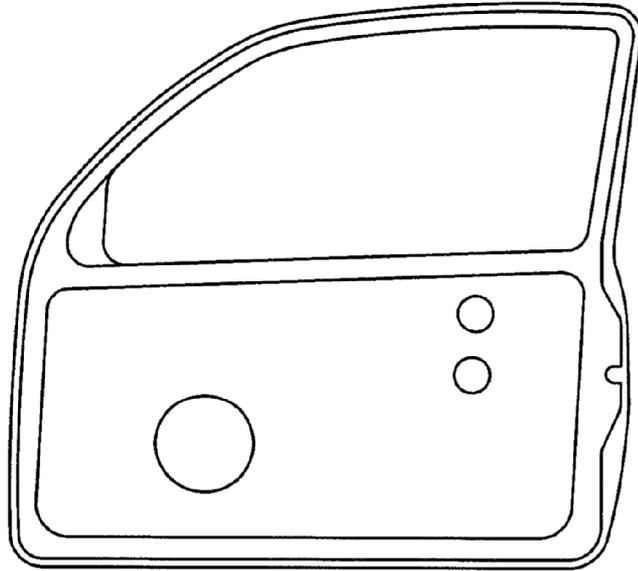


Fig.3