

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 461 994**

51 Int. Cl.:

C22C 21/00 (2006.01)

C22C 21/08 (2006.01)

C22F 1/04 (2006.01)

C22F 1/05 (2006.01)

H01B 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.05.2011 E 11167951 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2014 EP 2527479**

54 Título: **Aleación de aluminio altamente conductora para productos eléctricamente conductores**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.05.2014

73 Titular/es:

**HYDRO ALUMINIUM ROLLED PRODUCTS GMBH
(100.0%)
Aluminiumstrasse 1
41515 Grevenbroich, DE**

72 Inventor/es:

**DR. ENGLER, OLAF y
DR. JUPP, SIMON**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 461 994 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 altamente conductora para productos eléctricamente conductores

5 La invención se refiere a una aleación de aluminio para productos eléctricamente conductores, al uso de la aleación de aluminio, a una banda o lámina fabricada a partir de la aleación de aluminio de acuerdo con la invención así como a un procedimiento para la fabricación de una banda o lámina.

10 El aluminio o las aleaciones de aluminio se usan también para productos eléctricamente conductores o que conducen corriente, dado que el aluminio o las aleaciones de aluminio presentan una buena conductividad eléctrica. De este modo la conductividad eléctrica σ en el caso del aluminio puro se encuentra aproximadamente en 36,5 MS/m. No obstante, el aluminio altamente puro no es adecuado como material de construcción, dado que, con frecuencia, no cumple las propiedades mecánicas necesarias, por ejemplo una resistencia o un límite elástico deseados. Si, por ejemplo en el caso de productos eléctricamente conductores o que conducen corriente, se desean también propiedades mecánicas, debe tenerse en cuenta una disminución significativa de la conductividad eléctrica, para proporcionar las propiedades mecánicas deseadas. Además, los costes del aluminio altamente puro son muy elevados, de modo que los productos producidos de manera correspondiente a partir de aluminio puro son relativamente caros en su fabricación. Con frecuencia, las aleaciones de aluminio usadas para la construcción tales como por ejemplo la aleación de aluminio del tipo AA 5xxx presentan por el contrario conductividades eléctricas en el intervalo de 15 a 25 MS/m, de modo que estas, a su vez, no pueden considerarse ideales para el uso en productos eléctricamente conductores. La patente JP200207940 se refiere a una aleación de aluminio que está prevista para productos eléctricamente conductores.

25 A partir de esto, la invención se basa en el objetivo de proponer una aleación de aluminio que presente las propiedades mecánicas necesarias y que, no obstante, tenga una conductividad eléctrica mejorada. Además se propondrán usos ventajosos así como un procedimiento para la fabricación de una banda o lámina compuesta por una aleación de aluminio de acuerdo con la invención.

30 De acuerdo con una primera enseñanza de la presente invención, el objetivo indicado se consigue mediante una aleación de aluminio que presente los siguientes constituyentes de aleación en % en peso:

35 $0,25 \% \leq \text{Si} \leq 0,7 \%$,
 $0,25 \% \leq \text{Fe} \leq 0,7 \%$,
 $\text{Cu} < 0,1 \%$,
 $0,25 \% \leq \text{Mn} \leq 0,7 \%$,
 $0,25 \% \leq \text{Mg} \leq 0,7 \%$,
 $\text{Cr} \leq 0,15 \%$,
 $\text{Zn} \leq 0,1 \%$,
 $\text{Ti} \leq 0,1 \%$,

40 el resto Al e impurezas inevitables individualmente como máximo el 0,05 %, en total como máximo el 0,15 %, siendo válido para los porcentajes de aleación de los constituyentes de aleación Si, Fe, Mn y Mg:

45 $|\text{[% de Si]} - \text{[% de Fe]}| \leq 0,1 \%$ y
 $|\text{[% de Si]} - \text{[% de Mn]}| \leq 0,1 \%$ y
 $|\text{[% de Si]} - \text{[% de Mg]}| \leq 0,1 \%$.

50 Los inventores han descubierto que para la mejora de la conductividad eléctrica ha de aumentarse el grado de precipitación de constituyentes de aleación en la aleación de aluminio, para que la aleación de aluminio presente los menos constituyentes de aleación posible en la matriz de aluminio en estado disuelto. Mediante la composición de aleación de aluminio de acuerdo con la invención se consigue que la precipitación de fases intermetálicas en forma de fases intermetálicas cuaternarias por ejemplo Al(Fe,Mn)Si, fases ternarias en forma de por ejemplo AlFeSi y fases binarias por ejemplo en forma de Mg₂Si se soporte a temperatura ambiente. Como resultado, las fases intermetálicas mencionadas precipitan más fácilmente. Los constituyentes de aleación están disueltos en menor medida en la matriz de aluminio. Con ello se mejora claramente la conductividad eléctrica de la aleación de aluminio, dado que existen menos constituyentes de aleación en estado disuelto. Los porcentajes de Si, Fe, Mn y Mg se encuentran entre el 0,25 % en peso y el 0,7 % en peso, para garantizar las propiedades mecánicas deseadas de la aleación de aluminio. Además, la aleación de aluminio de acuerdo con la invención se caracteriza por que para los porcentajes de Si, Fe, Mn y Mg es válido:

60 $|\text{[% de Si]} - \text{[% de Fe]}| \leq 0,1 \%$ y
 $|\text{[% de Si]} - \text{[% de Mn]}| \leq 0,1 \%$ y
 $|\text{[% de Si]} - \text{[% de Mg]}| \leq 0,1 \%$, de modo que precipita un porcentaje lo más alto posible de fases intermetálicas. El contenido de cobre de $< 0,1 \%$ en peso mejora adicionalmente el comportamiento de precipitación de la aleación de aluminio de acuerdo con la invención. Los formadores de dispersoides tales como Cr deben presentar también porcentajes relativamente bajos, en el presente caso como máximo el 0,1 % en peso. Zinc y

titanio presentarán además también menos del 0,1 % en peso, dado que, de otro modo, se perjudicaría la precipitación de las fases intermetálicas. Debido a que los constituyentes de aleación Fe, Mn y Mg con respecto al silicio están contenidos en un intervalo fijo de +/- 0,1 % en peso en la aleación de aluminio, el porcentaje de fases intermetálicas cuaternarias y ternarias presentes a temperatura ambiente en estado precipitado aumenta claramente. Preferentemente este intervalo estrecho es válido también para los constituyentes de aleación Fe, Mn y Mg también entre sí, es decir, preferentemente es válido adicionalmente:

$$\begin{aligned} &|[\% \text{ de Mn}] - [\% \text{ de Fe}]| \leq 0,1 \% \text{ y} \\ &|[\% \text{ de Mg}] - [\% \text{ de Mn}]| \leq 0,1 \% \text{ y} \\ &|[\% \text{ de Fe}] - [\% \text{ de Mg}]| \leq 0,1 \%. \end{aligned}$$

De acuerdo con una primera configuración de la aleación de aluminio, la aleación de aluminio presenta los siguientes constituyentes de aleación en % en peso:

$$\begin{aligned} &0,4 \% \leq \text{Si} \leq 0,6 \%, \\ &0,4 \% \leq \text{Fe} \leq 0,6 \%, \\ &\text{Cu} < 0,05 \%, \\ &0,4 \% \leq \text{Mn} \leq 0,6 \%, \\ &0,4 \% \leq \text{Mg} \leq 0,6 \%, \\ &\text{Cr} \leq 0,1 \%, \\ &\text{Zn} \leq 0,05 \%, \\ &\text{Ti} \leq 0,05 \%, \end{aligned}$$

el resto Al e impurezas inevitables individualmente como máximo el 0,05 %, en total como máximo el 0,15 %, siendo válido para los porcentajes de aleación de los constituyentes de aleación Si, Fe, Mn y Mg:

$$\begin{aligned} &|[\% \text{ de Si}] - [\% \text{ de Fe}]| \leq 0,1 \% \text{ y} \\ &|[\% \text{ de Si}] - [\% \text{ de Mn}]| \leq 0,1 \% \text{ y} \\ &|[\% \text{ de Si}] - [\% \text{ de Mg}]| \leq 0,1 \%. \end{aligned}$$

La limitación de los constituyentes de aleación de Si, Fe, Mn y Mg a un intervalo del 0,4 % en peso al 0,6 % en peso, mejora la precipitación de las fases intermetálicas. Adicionalmente, mediante la disminución de los porcentajes de Cu, Zn y Ti se consigue que se encuentren en disoluciones aún menos constituyentes de aleación. Como resultado, puede aumentarse la conductividad eléctrica una vez más con propiedades mecánicas constantes.

Esto es válido también siempre que el contenido de Si supere al contenido de Mg, da entonces el silicio puede formar tanto la Mg₂-Si preferentemente formada como las fases ternarias y cuaternarias restantes, que se encuentran en estado precipitado en la aleación de aluminio a temperatura ambiente.

Por último, la aleación de aluminio de acuerdo con la invención puede mejorarse adicionalmente con respecto a su conductividad eléctrica de tal manera que para los porcentajes de aleación de los constituyentes de aleación Si, Fe, Mn y Mg es válido:

$$\begin{aligned} &|[\% \text{ de Si}] - [\% \text{ de Fe}]| \leq 0,05 \% \text{ y} \\ &|[\% \text{ de Si}] - [\% \text{ de Mn}]| \leq 0,05 \% \text{ y} \\ &|[\% \text{ de Si}] - [\% \text{ de Mg}]| \leq 0,05 \%, \end{aligned}$$

siendo válido preferentemente para los constituyentes de aleación Fe, Mn y Mg entre sí así mismo adicionalmente:

$$\begin{aligned} &|[\% \text{ de Mn}] - [\% \text{ de Fe}]| \leq 0,05 \% \text{ y} \\ &|[\% \text{ de Mg}] - [\% \text{ de Mn}]| \leq 0,05 \% \text{ y} \\ &|[\% \text{ de Fe}] - [\% \text{ de Mg}]| \leq 0,05 \%. \end{aligned}$$

El contenido de Fe, Si, Mn y en Mg de la aleación de aluminio se encuentra entonces en un intervalo extremadamente estrecho y lleva por lo tanto a una configuración especialmente preferida de las fases intermetálicas, precipitadas.

Debido a la conductividad eléctrica especialmente adecuada es especialmente ventajoso el uso de la aleación de aluminio de acuerdo con la invención para productos eléctricamente conductores o que conducen corriente. En particular, la aleación de aluminio de acuerdo con la invención, puede proporcionar, además de la conductividad eléctrica muy buena también buenas propiedades mecánicas, de modo que puedan usarse productos correspondientes también piezas de construcción.

De acuerdo con una configuración adicional, la aleación de aluminio de acuerdo con la invención se usa para una pieza eléctricamente conductora de una disposición de circuito, una pista conductora, un conector enchufable eléctricamente conductor, una placa de circuitos impresos eléctrica, un cable, un cable de cinta o una lámina de

electrodo. A todos los usos es común que estos, por un lado, requieren conductividades eléctricas muy buenas para presentar una resistencia eléctrica lo más baja posible. Por otro lado, las piezas eléctricamente conductoras de una disposición de circuito, es decir, como también pistas conductoras, conectores enchufables, placas de circuitos impresos, cables, cables de cinta pero también láminas de electrodo pueden satisfacer requisitos en cuanto las propiedades mecánicas, que no se consiguen por el aluminio puro altamente conductor. Por consiguiente, pueden proporcionarse también productos altamente conductores, que pueden utilizarse en la construcción, que se componen al menos en parte por la aleación de aluminio de acuerdo con la invención.

De acuerdo con una enseñanza adicional de la presente invención, el objetivo indicado se resuelve mediante una banda o lámina que se compone de una aleación de aluminio de acuerdo con la invención, presentando la banda o lámina después de un recocido inverso a 250 °C durante 1 - 4 horas un límite elástico $R_{p0,2}$ de más de 140 MPa y una conductividad eléctrica de más de 31 MS/m, preferentemente más de 31,5 MS/m a temperatura ambiente. Las excelentes propiedades con una conductividad eléctrica muy elevada y no obstante un límite elástico adecuado, permiten usar la banda o la lámina para los más diversos usos, tal como se han mencionado anteriormente por ejemplo y, al mismo tiempo, proporcionar resistencias eléctricas extremadamente bajas en la conducción de corriente.

De acuerdo con una enseñanza adicional de la presente invención se proporciona un procedimiento para la fabricación de una banda o lámina a partir de una aleación de aluminio de acuerdo con la invención, en el que se fabrica una barra de laminación a partir de una aleación de aluminio correspondiente, se homogeneiza la barra de laminación durante un periodo de tiempo de 2 - 12 horas a de 550 °C a 610 °C, se enfría hasta una temperatura de 380 °C - 500 °C y se mantiene a esta temperatura durante al menos una hora, se lamina en caliente la barra de laminación a continuación a una temperatura de 280 °C - 500 °C y opcionalmente se somete a un recocido de banda en caliente a una temperatura de 280 °C - 380 °C durante más de una hora y a continuación se lamina en frío opcionalmente hasta un grosor final. El grado de precipitación que se ajusta durante la homogeneización se mejora mediante el enfriamiento hasta una temperatura de 380 °C - 500 °C inmediatamente a continuación de la homogeneización. Las temperaturas de laminación en caliente de 280 °C - 500 °C se reducen ligeramente con respecto a las temperaturas de laminación en caliente habituales, que asciende hasta, como máximo, 550 °C. Con ello se conseguirá que mediante la laminación en caliente no pasen de nuevo los constituyentes de aleación a disoluciones, sino que, más bien, permanezcan en estado precipitado. La banda caliente así fabricada presenta, debido al estado de precipitación, conductividades muy altas y puede usarse por lo tanto de manera económica para la fabricación de láminas de cátodo. Esto es válido también para el recocido de banda en caliente que le sigue opcionalmente después de la fabricación de banda en caliente, que se lleva a cabo a temperaturas relativamente bajas de 280 °C - 380 °C. También en este caso se intenta a través de las temperaturas moderadas no dejar pasar gran cantidad adicional alguna de constituyentes de aleación a disolución. En este estado de disolución no cambia nada en principio también mediante la laminación en frío posterior hasta un grosor final, de modo que una banda fabricada de este modo presenta propiedades eléctricas así como mecánicas muy buenas.

Como alternativa la barra de laminación después de la homogeneización también puede enfriarse hasta temperatura ambiente y antes de la laminación en caliente calentarse de nuevo hasta una temperatura de 380 °C - 520 °C. Esto facilita la logística durante la fabricación de las bandas, sin que se produzcan pérdidas significativas de las propiedades mecánicas o eléctricas. A su vez se consigue, mediante las temperaturas moderadas, que los constituyentes de aleación que se encuentran en estado precipitado no pasen de nuevo a disolución.

De acuerdo con una configuración adicional del procedimiento de acuerdo con la invención, durante la laminación en frío se llevan a cabo uno o varios recocidos intermedios a una temperatura de 300 °C - 450 °C durante de una hora a 4 horas. Recocidos intermedios se llevan a cabo habitualmente para el ajuste de las propiedades mecánicas de la banda laminada en frío al grosor final.

Por último, el procedimiento de acuerdo con la invención puede configurarse adicionalmente de modo que la banda laminada acabada se someta a un recocido inverso a una temperatura de 200 °C - 350 °C durante al menos una hora. Mediante el recocido inverso en este intervalo de temperatura no se mejora significativamente sólo la capacidad de conformación mecánica de la banda, sino que se soporta también la formación de fases intermetálicas precipitadas. La conductividad eléctrica puede aumentarse una vez más, en el caso de la banda de acuerdo con la invención, mediante un recocido inverso.

La invención se explicará ahora en detalle por medio de ejemplos de realización y un dibujo. El dibujo muestra en las figuras 1 a 5 esquemáticamente ejemplos de realización de usos ventajosos de la aleación de aluminio de acuerdo con la invención.

En la tabla 1 se indican dos aleaciones de aluminio de acuerdo con la invención con sus constituyentes de aleación en % en peso. Las aleaciones A y B se asemejan considerablemente y se diferencian únicamente de manera significativa en el contenido de titanio. De acuerdo con los valores indicados en la tabla 1, los ejemplos de realización corresponden a una aleación de aluminio optimizada adicionalmente con los siguientes constituyentes de aleación en % en peso:

5
 0,40 % ≤ Si ≤ 0,50 %,
 0,40 % ≤ Fe ≤ 0,50 %,
 Cu ≤ 0,05 %,
 0,40 % ≤ Mn ≤ 0,50 %,
 0,35 % ≤ Mg ≤ 0,45 %,
 Cr ≤ 0,03 %,
 Zn ≤ 0,04 %,
 Ti ≤ 0,05 %,

10 el resto Al e impurezas inevitables individualmente como máximo el 0,05 %, en total como máximo el 0,15 %, siendo válido para los porcentajes de aleación de los constituyentes de aleación Si, Fe, Mn y Mg:

15
 $|\text{[% de Si]} - \text{[% de Fe]}| \leq 0,05 \%$ y
 $|\text{[% de Si]} - \text{[% de Mn]}| \leq 0,05 \%$ y
 $|\text{[% de Si]} - \text{[% de Mg]}| \leq 0,05 \%$.

Tabla 1

Aleación	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti
A	0,43%	0,45%	0,0040 %	0,44%	0,41%	0,0007 %	0,0064%	0,0057 %	0,0055%
B	0,44%	0,46 %	0,0040 %	0,44%	0,41%	0,0006 %	0,0063%	0,0050 %	0,0081 %

20 Los ejemplos de aleación A y B cumplen además las ecuaciones:

$|\text{[% de Mn]} - \text{[% de Fe]}| \leq 0,05 \%$ y
 $|\text{[% de Mg]} - \text{[% de Mn]}| \leq 0,05 \%$ y
 $|\text{[% de Fe]} - \text{[% de Mg]}| \leq 0,05 \%$.

25 Los ejemplos de aleación A y B se elaboraron entonces con dos procedimientos distintos de acuerdo con la variante I y II para dar bandas y a continuación para dar láminas, diferenciándose la variante I de la variante II en particular en la preparación de la barra de laminación y la laminación en caliente. De acuerdo con la variante I se homogeneizó la barra de laminación durante 4 horas a 550 °C - 610 °C y a continuación se mantuvo durante 2 horas a 400 °C - 500 °C y se alimentó a la laminación en caliente. A diferencia de esto, en la variante de procedimiento II se llevó a
 30 cabo una homogeneización durante 12 horas a 550 °C - 610 °C, se enfrió la barra de laminación a continuación hasta temperatura ambiente y antes de la laminación en caliente se calentó hasta 400 °C - 500 °C.

35 La barra de laminación se laminó en caliente entonces en ambas variantes hasta un grosor de banda en caliente de 7,5 mm. A continuación tuvo lugar un recocido de banda en caliente a una temperatura de 300 °C - 350 °C durante más de una hora. La banda en caliente así fabricada se laminó en frío hasta un grosor de 2,0 mm con y sin recocido intermedio y se alimentó a un recocido inverso con distintas temperaturas. Las temperaturas de recocido inverso ascendieron en los distintos ensayos a 200 °C, 250 °C, 300 °C y 350 °C. Una visión de conjunto de los parámetros de los ejemplos de realización del procedimiento de acuerdo con la invención se representa en la tabla 2.

40 Tabla 2

Variante I	Variante II
Homogeneización durante 4 h a 550 °C - 610 °C, mantener 2 h a de 400 °C a 500 °C, alimentar a la laminación en caliente	Homogeneización durante 12 h a de 550 °C a 610 °C, dejar enfriar hasta temperatura ambiente, calentar la barra antes de la laminación en caliente hasta 400 °C a 500 °C
Laminación en caliente hasta 7,5 mm	
Recocido de banda en caliente a de 300 °C a 350 °C	
Laminación en frío hasta 2,0 mm con / sin recocido intermedio	
Recocido inverso a una temperatura de 200 °C, 250 °C, 300 °C y 350 °C	

45 Las bandas fabricadas a partir de esto se sometieron a ensayo en un laboratorio certificado de acuerdo con la norma DIN con respecto al alargamiento de rotura A_{80mm} , a su límite elástico $R_{P0,2}$ y resistencia a la tracción R_m así como a su conductividad eléctrica σ . Los resultados de medición están recogidos en la tabla 3.

Tabla 3

Nº de ensayo	Variante	Recocido intermedio	Recocido inverso [°C]	A _{80mm} [%]	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	σ [S/m]
1	I	Banda en caliente	-	44	40	104	32,1
2	I	-	-	5,8	174,5	192	30,88
3	I	-	200	5,65	157	168	31,23
4	I	-	250	9,05	146	151,5	31,51
5	I	-	300	40,4	38,5	98	32,7
6	I	-	350	38,25	39,5	99	32,6
7	I	Sí	-	5	155	164,5	31,38
8	I	Sí	250	12,1	128	139,5	31,63
9	II	Banda en caliente	-	42,8	38	99	31,2
10	II	-	-	6,2	169	185,5	31
11	II	-	200	6,4	154	167	31,5
12	II	-	250	9,4	142	149,5	31,75
13	II	-	300	37,85	40,5	98	32
14	II	-	350	36,8	40	99	31,8
15	II	Sí	-	5,35	150,5	159,5	30,8
16	II	Sí	250	11,3	123,5	136	31,12

De manera nada sorprendente se estableció que en función de la temperatura del recocido inverso variaban considerablemente los valores para la resistencia, el alargamiento de rotura y la conductividad eléctrica. A una temperatura de recocido inverso de hasta 250 °C y una duración de recocido inverso de al menos 1 hora, el límite elástico de la lámina fabricada de acuerdo con la variante I y II ascendió aún a más de 140 MPa, mientras que el alargamiento de rotura y la conductividad eléctrica pudieron aumentarse claramente con respecto al estado endurecido laminado.

A una temperatura de recocido inverso de 300 °C y superior, así como una duración de recocido inverso de más de 1 hora, el límite elástico de la lámina fabricada de acuerdo con la variante I y II ascendió aproximadamente a 40 MPa. Los valores de conductividad pudieron aumentarse de manera significativa mediante el recocido inverso, pero sin embargo estos se mueven también en el estado duro laminado claramente por encima de los de las aleaciones de aluminio convencionales, que se encuentran en el intervalo entre 15 y 29 MS/m. La conductividad eléctrica de más de 30 MS/m se encuentra próxima a los valores del aluminio altamente puro. Como cabría esperar, la temperatura de recocido inverso creciente en particular también con el límite elástico varió el alargamiento de rotura A_{80mm}, aumentando el mismo hasta un valor del 37,5 % - 40 %. En conjunto se mostró que aparte del aumento de la conductividad eléctrica σ, con el aumento de las temperaturas de recocido inverso independientemente de las propiedades mecánicas ajustadas pueden proporcionarse conductividades eléctricas muy elevadas por encima de 30 MS/m.

Tal como puede apreciarse en los ejemplos Nº 1 y Nº 9, también las bandas en caliente alcanzan ya valores muy altos para la conductividad eléctrica. Por ejemplo las láminas de cátodo para la electrolisis del zinc pueden fabricarse por lo tanto sólo mediante laminación en caliente y con ello pueden fabricarse de manera muy económica a partir de la aleación de aluminio de acuerdo con la invención.

Las propiedades particulares de la aleación de aluminio de acuerdo con la invención se manifiestan en particular siempre que se requieran propiedades mecánicas adecuadas y conductividades eléctricas muy buenas.

Este es el caso por ejemplo del conector enchufable 1 representado esquemáticamente en la figura 1. A través del conector enchufable 1 se conectan entre sí de manera eléctricamente conductora dos cables que conducen corriente o carriles 2a, 2b. Los conectores enchufables 1 necesitan a este respecto una buena resistencia mecánica para formar una conexión suficientemente segura con los cables o carriles 2a, 2b y al mismo tiempo una resistencia eléctrica lo más baja posible.

La figura 2 muestra un ejemplo de realización adicional de un uso ventajoso de la aleación de aluminio de acuerdo con la invención. En la figura 2 se representa un ejemplo de realización de una placa de circuitos impresos eléctrica 3 por ejemplo de un automóvil. Las pistas conductoras 4, que son parte de una disposición de circuito, se componen de la aleación de aluminio de acuerdo con la invención y dan como resultado por lo tanto la resistencia necesaria de la placa de circuitos impresos. Además, la resistencia claramente mejorada en comparación con el aluminio altamente puro también facilita la fabricación de tales placas de circuitos impresos debido a la capacidad de

manipulación mejorada de las pistas conductoras 4, dado que estas presentan una mayor resistencia.

5 La figura 3 muestra en una representación en perspectiva una lámina de electrodo 5, que puede utilizarse por ejemplo en la electrolisis del zinc y se compone de la aleación de aluminio de acuerdo con la invención. En la figura 3 está representado esquemáticamente además un soporte de lámina de cátodo 5a, que habitualmente se compone, en cambio, de otra aleación de aluminio. La lámina de electrodo 5 presenta por lo tanto la estabilidad mecánica necesaria y permite una resistencia eléctrica reducida en la electrolisis del zinc.

10 Por último, las figuras 4 y 5 muestran un cable 6 o un cable de cinta 7, cuyos conductores 6a o 7a se componen de la aleación de aluminio de acuerdo con la invención. También el cable 4 o el cable de cinta 5 deben cumplir requisitos mecánicos, que se cumplen sin más mediante el uso de la aleación de aluminio de acuerdo con la invención. Además, el uso de la aleación de aluminio de acuerdo con la invención representa un sustituto económico del aluminio altamente puro en los cables.

15

REIVINDICACIONES

1. Aleación de aluminio para productos eléctricamente conductores, que presenta los siguientes constituyentes de aleación en porcentaje en peso:

- 5
 0,25 % \leq Si \leq 0,7 %,
 0,25 % \leq Fe \leq 0,7 %,
 Cu < 0,1 %,

 10
 0,25 % \leq Mn \leq 0,7 %,

 0,25 % \leq Mg \leq 0,7 %,

 Cr \leq 0,1 %,

 Zn \leq 0,1 %,

 Ti \leq 0,1 %,

15 el resto Al e impurezas inevitables individualmente como máximo el 0,05 %, en total como máximo el 0,15 %, siendo válido para los porcentajes de aleación de los constituyentes de aleación Si, Fe, Mn y Mg:

- 20
 |[% de Si] - [% de Fe]| \leq 0,1 % y
 |[% de Si] - [% de Mn]| \leq 0,1 % y
 |[% de Si] - [% de Mg]| \leq 0,1 %.

2. Aleación de aluminio de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** la aleación de aluminio presenta los siguientes constituyentes de aleación en porcentaje en peso:

- 25
 0,4 % \leq Si \leq 0,6 %,

 0,4 % \leq Fe \leq 0,6 %,

 Cu < 0,05 %,

 30
 0,4 % \leq Mn \leq 0,6 %,

 0,4 % \leq Mg \leq 0,6 %,

 Cr \leq 0,1 %,

 Zn \leq 0,05 %,

 Ti \leq 0,05 %,

35 el resto Al e impurezas inevitables individualmente como máximo el 0,05 %, en total como máximo el 0,15 %, siendo válido para los porcentajes de aleación de los constituyentes de aleación Si, Fe, Mn y Mg:

- 40
 |[% de Si] - [% de Fe]| \leq 0,1 % y
 |[% de Si] - [% de Mn]| \leq 0,1 % y
 |[% de Si] - [% de Mg]| \leq 0,1 %.

3. Aleación de aluminio de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada por que** el contenido de Si supera al contenido de Mg.

45

4. Aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada por que** para los porcentajes de aleación de los constituyentes de aleación Si, Fe, Mn y Mg es válido:

- 50
 |[% de Si] - [% de Fe]| \leq 0,05 % y
 |[% de Si] - [% de Mn]| \leq 0,05 % y
 |[% de Si] - [% de Mg]| \leq 0,05 %.

55 5. Uso de una aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4 para productos eléctricamente conductores o que conducen corriente.

6. Uso de acuerdo con la reivindicación 5,

caracterizado por que

60 la aleación de aluminio se usa para una pieza eléctricamente conductora de una disposición de circuito, una pista conductora, un conector enchufable eléctricamente conductor, una placa de circuitos impresos eléctrica, un cable, un cable de cinta o una lámina de electrodo.

7. Banda o lámina que se compone de una aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada por que**

65 la banda o lámina después de un recocido inverso a 250 °C durante 1 a 4 horas presenta un límite elástico $R_{p0,2}$ de más de 140 MPa y una conductividad eléctrica de más de 31 MS/m, preferentemente más de 31,5 MS/m a

temperatura ambiente.

5 8. Procedimiento para la fabricación de una banda de una aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que se fabrica una barra de laminación a partir de una aleación de aluminio correspondiente, se homogeneiza la barra de laminación durante un periodo de tiempo de 2 h a 12 h a de 550 °C a 610 °C, se enfría hasta una temperatura de 380 °C a 500 °C y se mantiene a esta temperatura durante al menos 1 h, la barra de laminación se lamina en caliente a continuación a una temperatura de 280 °C a 500 °C y opcionalmente se somete a un recocido de banda en caliente a una temperatura de 280 °C a 380 °C durante más de 1 h y a continuación se lamina en frío opcionalmente hasta un grosor final.

10 9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8,
caracterizado por que
como alternativa la barra de laminación después de la homogeneización se enfría hasta temperatura ambiente y antes de la laminación en caliente se calienta hasta una temperatura de 380 °C a 520 °C.

15 10. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 8 o 9,
caracterizado por que
durante la laminación en frío se llevan a cabo uno o varios recocidos intermedios a una temperatura de 300 °C a 450 °C durante de 1 h a 4 h.

20 11. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 10, en el que la banda laminada acabada se somete a un recocido inverso a una temperatura de 200 °C a 350 °C durante al menos 1 h.

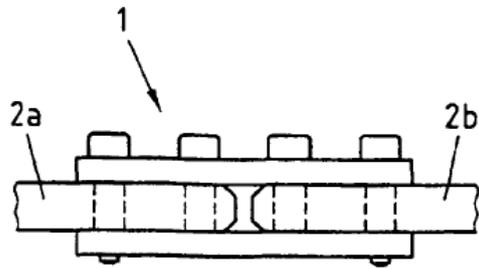


Fig.1

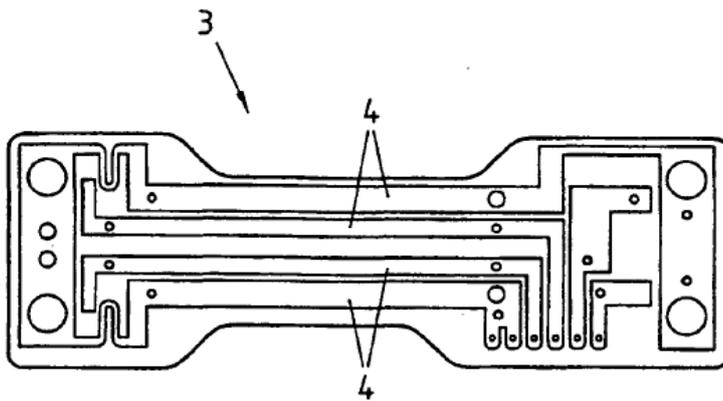


Fig.2

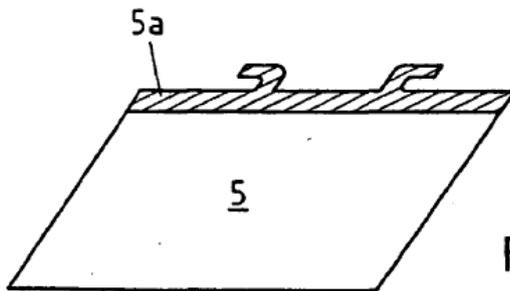


Fig.3

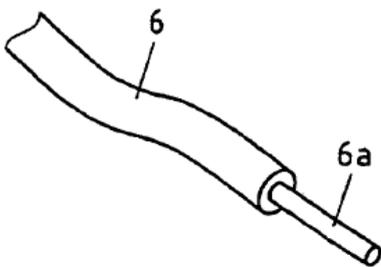


Fig.4

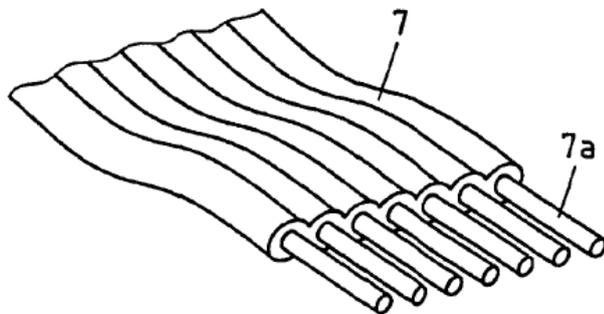


Fig.5