

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 938 204**

51 Int. Cl.:

C22F 1/047 (2006.01)

C22C 21/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2019** E 19196610 (0)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.12.2022** EP 3640358

54 Título: **Procedimiento de fabricación de una chapa de aleación de aluminio de alta resistencia**

30 Prioridad:

15.10.2018 DE 102018125521

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

05.04.2023

73 Titular/es:

**ACHENBACH BUSCHHÜTTEN GMBH & CO. KG
(100.0%)**

**Siegener Straße 152
57223 Kreuztal, DE**

72 Inventor/es:

BARTEN, AXEL

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 938 204 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

Procedimiento de fabricación de una chapa de aleación de aluminio de alta resistencia

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para fabricar una chapa de aleación de aluminio de alta resistencia a partir de un material de partida de una aleación de aluminio que tiene un contenido de magnesio mayor o igual al 6,2 %, en donde el material de partida se transforma en un proceso de laminación en caliente en un material laminado que tiene un espesor de laminación en caliente d_w .
- 10 Del documento WO 2005/080619 A1 se conoce un procedimiento para la fabricación de una chapa de aleación de aluminio de alta resistencia, en el que una aleación de aluminio con un contenido de magnesio del 10 % se lamina en un proceso de laminación en caliente hasta lograr la dimensión final deseada.
- 15 Las chapas de aluminio con un alto contenido de magnesio, que son especialmente adecuadas para su uso como chapas de carrocería de automóviles, resultan exigentes en el procesamiento por laminación debido a la elevada resistencia básica del material de partida. En particular, resulta difícil conseguir un mayor aumento deseado de los valores de resistencia mecánica en el proceso de laminación.
- 20 En el procedimiento "en línea" conocido, el material de partida para el proceso de laminación en caliente se produce en un procedimiento de colada continua, en el que el material de partida tiene un espesor de 8 mm, que se reduce a una dimensión final de 0,9 mm con una reducción del espesor de la pasada. Para alcanzar valores de resistencia suficientes, en el proceso conocido es necesario llevar a cabo un recocido de recristalización con posterior enfriamiento tras el proceso de laminación en caliente para poder alcanzar valores de resistencia con un límite elástico de unos 220 MPa y un límite de rotura de unos 400 MPa.
- 25 El procedimiento descrito en el documento WO 2005/080619 A1 está destinado a sustituir los procedimientos de laminación conocidos en los que, partiendo de un material de partida formado como llantón, se lleva a cabo primero un proceso de laminación en caliente en el que el material de partida se reduce a un espesor adecuado para el proceso de laminación en frío subsiguiente y la dimensión final deseada de la chapa se produce posteriormente en el proceso de laminación en frío.
- 30 La desventaja de este procedimiento de "dos etapas", es decir, un procedimiento que presenta un proceso de laminación en caliente seguido de un proceso de laminación en frío, es que se requiere un recocido intermedio entre el proceso de laminación en caliente y el proceso de laminación en frío y, además, a menudo se requiere un tratamiento térmico posterior para obtener chapas de la calidad deseada.
- 35 En comparación con el procedimiento de "dos pasos", se considera que el procedimiento en línea descrito tiene la ventaja particular de un corto tiempo de producción para la fabricación de chapas, especialmente chapas de aleación de aluminio de alta resistencia con un alto contenido de magnesio.
- 40 Del documento WO 2018/025769 A1 se conoce un procedimiento para la fabricación de una chapa de aleación de aluminio de alta resistencia, en el que el material de partida se transforma en un proceso de laminado en caliente, en el que, tras el proceso de laminado en caliente, en un proceso de laminado en frío, tienen lugar una pluralidad de reducciones del espesor de la pasada consecutivas sin recocido intermedio.
- 45 El documento EP 0 599 696 A1 también divulga un procedimiento para la fabricación de una chapa de aleación de aluminio de alta resistencia, en el que, tras un proceso de laminación en caliente, se llevan a cabo varias reducciones del espesor de la pasada consecutivas en un proceso de laminación en frío.
- 50 La presente invención se basa en el objetivo de proponer un procedimiento para la fabricación de chapas de aleación de aluminio a partir de una aleación de aluminio de alta resistencia, que por una parte permita tiempos de producción más cortos y que, por otra parte, también la fabricación de chapas de aluminio con altos valores de resistencia mecánica.
- 55 Para conseguir este objetivo, el procedimiento según la invención presenta las características de la reivindicación 1.
- 60 A diferencia del procedimiento usado para la fabricación de una chapa de aleación de aluminio de alta resistencia con un alto contenido de magnesio en un proceso en línea tal como se describe en el documento WO 2005/080619 A1, el cumplimiento de las ventanas de temperatura definidas para el proceso de laminación en caliente y el proceso de laminación en frío permite usar el proceso de laminación en "dos etapas" también para la fabricación de chapas de aluminio con un alto contenido de magnesio, de tal modo que no se tenga que prescindir del endurecimiento por deformación que tiene lugar en el proceso de laminación en frío y que tiene un efecto positivo sobre la resistencia mecánica de la chapa de aluminio, a fin de permitir la fabricación de chapas de aluminio en un tiempo de producción comparativamente corto.

Debido a la ventana de temperatura según la invención, el recocido intermedio resulta por un lado superfluo, y por otro lado, a pesar del alto contenido de magnesio, se consigue el endurecimiento por deformación sin que ello vaya acompañado de efectos reductores de la calidad, tales como la formación de grietas en los bordes, o que éstos se produzcan al menos en menor medida.

En consecuencia, el procedimiento según la invención permite fabricar chapas de aleación de aluminio de alta resistencia, es decir, en particular chapas cuyo material presenta un contenido de magnesio igual o superior al 6,2 %, sin tener que prescindir del endurecimiento por deformación conseguido por el procedimiento de laminación en frío, que tiene un efecto positivo sobre los valores de resistencia mecánica del producto final.

Este efecto ventajoso es posible, en particular, por el hecho de que en el proceso de laminación en caliente, dentro de una ventana de temperatura de laminación en caliente, tienen lugar varias reducciones del espesor de la pasada de tal manera que la ΔT entre la temperatura de entrada y la temperatura de salida del proceso de laminación en caliente es inferior a 120 °C, siendo la temperatura de entrada inferior a 500 °C.

Según la invención, en el proceso de laminación en frío tienen lugar varias reducciones del espesor de la pasada en una ventana de temperatura de laminación en frío para la reducción de espesor de entre 20 °C y 200 °C. Preferentemente, el ΔT de calentamiento entre la temperatura de entrada del material de laminación y la temperatura de salida del material de laminación es inferior a 120 °C, siendo la temperatura de entrada inferior a 50 °C.

Según la invención, el proceso de laminación en frío se lleva a cabo con una aplicación de cizallamiento adicional sobre el material laminado, en la que las fuerzas de cizallamiento se determinan mediante cálculo en función de la fuerza de laminación y sirven como valor orientativo para el control del proceso.

En este contexto, se ha demostrado que resulta particularmente ventajoso en relación con el procedimiento según la invención si el proceso de laminado en frío tiene lugar en una caja de laminación asimétrica, en la que los rodillos de trabajo opuestos que definen el hueco entre rodillos por su espaciado tienen un diámetro diferente. Esto da lugar a diferentes velocidades circunferenciales en la zona de contacto de los rodillos de trabajo con el material laminado, de tal modo que, además de la fuerza de tracción de la banda aplicada sobre el material laminado a través de un devanador, se genera una distribución asimétrica de la fuerza de empuje en el material laminado en la zona de la separación entre rodillos. De este modo, se pueden reducir las fuerzas de laminación o el momento de laminación que se aplican sobre el material de laminación, en particular a través de la caja de laminación, es decir, los rodillos de trabajo, lo que a su vez tiene un efecto positivo en el dimensionamiento de la caja de laminación.

En los ensayos llevados a cabo con respecto al procedimiento según la invención, se ha demostrado que el nivel de la temperatura de entrada de laminación en caliente es de particular importancia en función del contenido de magnesio del material de partida, por lo que se ha encontrado que resulta particularmente ventajoso si, en el caso de un material de partida con un contenido de magnesio del 6,2 % a menos del 7 %, la temperatura de entrada de laminación en caliente se selecciona para que sea inferior a 460 °C y la temperatura de salida de laminación en caliente se selecciona para que sea superior a 350 °C. Preferentemente, la temperatura de entrada de laminación en caliente es inferior a 440 °C y la temperatura de salida de laminación en caliente es superior a 400 °C.

Por otra parte, para un material de partida con un contenido de magnesio superior o igual al 7 % pero inferior al 8 %, resulta ventajoso que la temperatura de entrada de laminación en caliente sea inferior a 440 °C y que la temperatura de salida de laminación en caliente sea superior a 350 °C. Preferentemente, la temperatura de entrada de laminación en caliente es inferior a 420 °C y la temperatura de salida de laminación en caliente es superior a 380 °C.

Si la temperatura de entrada de laminación en caliente es inferior a 420 °C y la temperatura de salida de laminación en caliente es superior a 350 °C, se pueden obtener resultados particularmente buenos con respecto a los valores de resistencia mecánica y a la conformabilidad del producto final para un material de partida con un contenido de magnesio superior o igual al 8 % e inferior al 9 % en combinación con la etapa de laminación en frío realizada según la invención. Preferentemente, la temperatura de entrada de laminación en caliente es inferior a 410 °C y la temperatura de salida de laminación en caliente es superior a 360 °C.

Para un material de partida con un contenido de magnesio superior o igual al 9 %, es ventajoso que la temperatura de entrada de laminación en caliente sea inferior a 400 °C y que la temperatura de salida de laminación en caliente sea superior a 350 °C. Preferentemente, la temperatura de entrada de laminación en caliente es inferior a 390 °C y la temperatura de salida de laminación en caliente es superior a 360 °C.

Se pueden conseguir resultados especialmente buenos en cuanto a los valores de resistencia mecánica o la conformabilidad (alargamiento) del producto final si al menos una de varias reducciones del espesor de la pasada realizadas en el proceso de laminación en frío se lleva a cabo con un ΔT_{pasada} entre la temperatura de entrada del material laminado y la temperatura de salida del material laminado inferior a 20 °C.

5 En particular, si la ΔT_{pasada} entre la temperatura de entrada del material de laminación y la temperatura de salida del material de laminación es inferior a 10 °C, se produce una reducción del espesor de la pasada cuasi isotérmica. En cualquier caso, resulta ventajoso que la temperatura de entrada del material de laminación sea superior a 80 °C e inferior a 120 °C.

10 Es ventajoso si, para reducir la fuerza de laminación o el momento de laminación requeridos, la fuerza de tracción de la banda aplicada al material laminado por un devanador se selecciona en función del espesor de entrada del material laminado en el soporte de laminación en frío.

15 Preferentemente, la fuerza de tracción de la banda se determina mediante cálculo en función de los datos del material laminado y sirve como valor guía del control del proceso.

A continuación, se explicará la invención mediante un ejemplo de realización, en el que se seleccionó como material de partida una aleación de aluminio con un contenido de manganeso del 6,5 %, que por lo demás corresponde en cuanto a su composición a la aleación descrita en el documento EP 2 677 049 A1.

20 En el ensayo, el material de partida fue un llantón de la aleación AlMg 6,5 mencionada anteriormente con un espesor de 325 mm laminado hasta lograr un espesor de laminación en caliente de 6 mm, en donde la reducción del espesor de 325 mm a 6 mm se llevó a cabo en 23 pasadas, la temperatura de entrada del material laminado fue de 480 °C y la temperatura de salida del material laminado al final de la etapa de laminación en caliente fue de 378 °C. El grado de laminación en caliente ϕ_m alcanzado fue de 3,9.

25 Después de enfriar a temperatura ambiente, la etapa de laminación en frío se lleva a cabo con un total de 6 pasadas, por lo que, partiendo de la temperatura de entrada $T_E = 20$ °C, se ha alcanzado una temperatura de salida $T_S = 154$ °C al final de las etapas de laminación en frío llevadas a cabo inmediatamente una tras otra. El grado de transformación ϕ alcanzado al reducir el grosor de 6 mm a 1 mm de grosor final fue de 1,8.

30 Los valores de resistencia de la chapa de aluminio fabricada de este modo se determinan inmediatamente después de finalizar la laminación en frío y el enfriamiento de la chapa a temperatura ambiente. El resultado fue un límite de elasticidad de 465 MPa y un límite de rotura de 517 MPa para la chapa.

35 Estos altos valores de resistencia alcanzados mediante el endurecimiento por transformación hacen posible que ya se pueda alcanzar una resistencia suficiente para la aplicación correspondiente de la chapa de aluminio producida a grados de conformación muy inferiores, de tal modo que se disponga de un alargamiento residual suficiente para una técnica de conformación posterior, es decir, por ejemplo, un proceso de embutición profunda, sin que exista o al menos se reduzca considerablemente el riesgo de aparición de defectos o grietas en el material de la chapa. Esta propiedad ventajosa de la chapa de aluminio fabricada de este modo se puede usar, en particular, en la fabricación de carcasas o de piezas de carrocería de automóviles a partir de una chapa de aluminio de alta resistencia.

40 En otro ejemplo de realización, tras la etapa de laminación en caliente realizada como se ha indicado anteriormente, se llevó a cabo de manera modificada la etapa de laminación en frío con una reducción del espesor de 6 mm a 1 mm de tal manera que las 4 primeras pasadas, partiendo de una temperatura de entrada $T_E = 20$ °C, se realizaron inmediatamente una tras otra, en donde al final de la cuarta pasada se alcanzó una temperatura de salida T_S de 150 °C y posteriormente se interrumpió la fase de laminación en frío durante 1 hora y 45 minutos para enfriar el material laminado a una temperatura $T_E = 108$ °C, con el fin de realizar únicamente a continuación las dos pasadas siguientes hasta la reducción del espesor a 1 mm con una temperatura final de $T_E = 112$ °C.

50 El ensayo de material realizado posteriormente tras enfriarse a temperatura ambiente dio como resultado un límite de elasticidad de 483 MPa y un límite de fractura de 536 MPa.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para fabricar una chapa de aleación de aluminio de alta resistencia a partir de un material de partida de una aleación de aluminio que tiene un contenido de Mg $\geq 6,2$ %, en el que el material de partida es transformado en un proceso de laminación en caliente en un material laminado que tiene un espesor de laminación en caliente d_w ,
5 **caracterizado porque**
tras el proceso de laminado en caliente, el material laminado es laminado hasta un espesor final d en un proceso de laminado en frío, teniendo lugar una pluralidad de reducciones del espesor de la pasada en el proceso de laminado en caliente dentro de una ventana de temperatura de laminado en caliente definida,
10 teniendo lugar una pluralidad de reducciones del espesor de la pasada en el proceso de laminado en frío para la reducción del espesor en una ventana de temperatura de laminado en frío comprendida entre 20 °C y 200 °C,
en donde el proceso de laminación en frío tiene lugar con una aplicación de cizallamiento adicional sobre el material laminado, en donde las fuerzas de cizallamiento se determinan mediante cálculo en función de la fuerza de laminación y sirven como valor orientativo para el control del proceso.
2. Procedimiento según la reivindicación 1,
caracterizado
20 **porque** el proceso de laminación en frío tiene lugar en una caja de laminación asimétrica.
3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2,
caracterizado
porque en el proceso de laminación en frío, partiendo de una temperatura de entrada inferior a 50 °C, se produce un aumento de temperatura inferior a 120 °C.
- 25 4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
caracterizado
porque, para un material de partida que tiene un contenido de Mg del 6,2 % a menos del 7 %, la temperatura de entrada de laminación en caliente es inferior a 460 °C y la temperatura de salida de laminación en caliente es superior a 350 °C.
- 30 5. Procedimiento según la reivindicación 4,
caracterizado
porque la temperatura de entrada de laminación en caliente es inferior a 440 °C y la temperatura de salida de laminación en caliente es superior a 400 °C.
- 35 6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,
caracterizado
porque, para un material de partida que tiene un contenido de Mg superior o igual al 7 % e inferior al 8 %, la temperatura de entrada de laminación en caliente es inferior a 440 °C y la temperatura de salida de laminación en caliente es superior a 350 °C.
- 40 7. Procedimiento según la reivindicación 6,
caracterizado
porque la temperatura de entrada de laminación en caliente es inferior a 420 °C y la temperatura de salida de laminación en caliente es superior a 380 °C.
- 45 8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,
caracterizado
porque, para un material de partida que tiene un contenido de Mg superior o igual al 8 % e inferior al 9 %, la temperatura de entrada de laminación en caliente es inferior a 420 °C y la temperatura de salida de laminación en caliente es superior a 350 °C.
- 50 9. Procedimiento según la reivindicación 8,
caracterizado
porque la temperatura de entrada de laminación en caliente es inferior a 410 °C y la temperatura de salida de laminación en caliente es superior a 360 °C.
- 55 10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,
caracterizado
porque, para un material de partida que tiene un contenido de magnesio superior o igual al 9 %, la temperatura de entrada de laminación en caliente es inferior a 400 °C y la temperatura de salida de laminación en caliente es superior a 350 °C.
- 60 11. Procedimiento de la reivindicación 10,
- 65

caracterizado

porque la temperatura de entrada de laminación en caliente es inferior a 390 °C y la temperatura de salida de laminación en caliente es superior a 360 °C.

5 12. Procedimiento según una o más de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado

porque al menos una de una pluralidad de reducciones del espesor de la pasada realizadas en el proceso de laminación en frío se realiza con una ΔT entre la temperatura de entrada del material de laminación y la temperatura de salida del material de laminación inferior a 20 °C.

10

13. Procedimiento según la reivindicación 12,

caracterizado

porque la ΔT entre la temperatura de entrada del material de laminación y la temperatura de salida del material de laminación es inferior a 10 °C.

15

14. Procedimiento según las reivindicaciones 1 u 11,

caracterizado

porque la temperatura de entrada del material de laminación es superior a 80 °C e inferior a 120 °C.

20

15. Procedimiento según una o varias de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado

porque, para reducir la fuerza de laminación requerida, la fuerza de tracción de la banda aplicada al material de laminación por un devanador se selecciona en función del espesor de entrada del material de laminación en la caja de laminación en frío.

25

16. Procedimiento según la reivindicación 15,

caracterizado

porque la fuerza de tracción de la banda se determina mediante cálculo en función de los datos de material del material de laminación y sirve como valor orientativo del control del proceso.

30