

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 746 846**

51 Int. Cl.:

C22F 1/05 (2006.01)

C22C 21/02 (2006.01)

C22C 21/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.05.2010 PCT/EP2010/057071**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.01.2011 WO11000635**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.05.2010 E 10723562 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019 EP 2449145**

54 Título: **Banda de AlMgSi para aplicaciones con altos requerimientos de conformación**

30 Prioridad:

30.06.2009 EP 09164221

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

09.03.2020

73 Titular/es:

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

**Aluminiumstrasse 1
41515 Grevenbroich, DE**

72 Inventor/es:

**BRINKMAN, HENK-JAN;
SCHRÖDER, DIETMAR;
BRÜNGER, EIKE;
KARHAUSEN, KAI-FRIEDRICH y
WIRTZ, THOMAS**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 746 846 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

Banda de AlMgSi para aplicaciones con altos requerimientos de conformación

5 La invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de una banda de aleación de AlMgSi, en el que se
 10 cuela un lingote de laminación de una aleación de AlMgSi, el lingote de laminación se somete a una
 homogeneización, el lingote de laminación que se ha llevado a la temperatura de laminación se lamina en caliente y
 a continuación opcionalmente se lamina en frío hasta obtener el espesor final. Además, la invención se refiere a una
 banda de aluminio de una aleación de AlMgSi así como a su uso ventajoso.

15 Sobre todo en la construcción de vehículos sin embargo también en otros campos de aplicación, por ejemplo la
 construcción de aviones o construcción de vehículos sobre carriles se requieren chapas de aleaciones de aluminio,
 que se caractericen no solo por valores de resistencia especialmente altos, sino que al mismo tiempo presenten un
 comportamiento de conformación muy bueno y permitan un alto grado de conformación. En la construcción de
 20 automóviles son campos de aplicación típicos la carrocería y piezas del mecanismo de traslación. En el caso de
 piezas de construcción lacadas, visibles, por ejemplo chapas de carrocería visibles desde el exterior, es correcto que
 la conformación de los materiales deba realizarse de modo que la superficie tras el lacado no se vea alterada por
 fallos tal como figuras de flujo o formación de estrías (*roping*). Esto es especialmente importante por ejemplo para el
 uso de chapas de aleación de aluminio para la fabricación de cubiertas de motor y otras piezas de construcción de
 25 carrocería de un vehículo. Sin embargo, esto limita la elección de material con respecto a la aleación de aluminio. En
 particular, las aleaciones de AlMgSi, cuyas partes constituyentes de aleación principales son magnesio y silicio,
 presentan resistencias relativamente altas con al mismo tiempo comportamiento de conformación bueno así como
 excelente estabilidad frente a la corrosión. Las aleaciones de AlMgSi son los tipos de aleación AA6XXX, por ejemplo
 el tipo de aleación AA6016, AA6014, AA6181, AA6060 y AA6111. Habitualmente se fabrican bandas de aluminio a
 partir de una aleación de AlMgSi mediante vertido de un lingote de laminación, homogeneización del lingote de
 laminación, laminación en caliente del lingote de laminación y laminación en frío de la banda laminada. La
 homogeneización del lingote de laminación se realiza a una temperatura de 380 a 580 °C durante más de una hora.
 Mediante un recocido de disolución final con posterior enfriamiento brusco y endurecimiento en frío
 aproximadamente a temperatura ambiente durante al menos tres días pueden distribuirse las bandas en el estado
 30 T4. El estado T6 se ajusta tras el enfriamiento brusco mediante una maduración en caliente a temperaturas entre
 100 °C y 220 °C.

Un procedimiento para la fabricación de una banda a partir de una aleación de AlMgSi, que se caracteriza por
 propiedades de conformación mejoradas, se conoce por el estado de la técnica del documento US 4.808.247. De
 acuerdo con este procedimiento se vierte en primer lugar un lingote de laminación constituido por una aleación de
 AlMgSi y a continuación se somete a una homogeneización a una temperatura entre 450 y 580 °C. Para facilitar el
 espesor deseado de la banda, se lamina en caliente y se lamina en frío el lingote de laminación. Tras un recocido en
 solución final se madura en frío la banda de Al durante dos semanas a temperatura ambiente. Una banda de
 aluminio fabricada según este procedimiento presenta un límite elástico de 15 kg/mm² (147 MPa).

40 El documento EP 1 533 394 A1 se refiere a un componente de una carrocería de automóvil de dos piezas de chapa
 de en cada caso una aleación de AlMgSi. El procedimiento para la fabricación de estas chapas comprende las
 siguientes etapas: colada continua vertical, recocido de homogeneización, laminación en caliente y en frío de las
 bandas hasta obtener un espesor de 1,2 mm. En el estado de suministro T4 presentan las bandas así fabricadas un
 45 límite elástico Rp0,2 de 80 a 140 MPa, al mismo tiempo se encuentra el valor de alargamiento de rotura A₈₀
 claramente por debajo del 30 %.

Por el documento WO 96/07768 se conoce una banda de aluminio recocida en solución de una aleación AA6016,
 comprendiendo el procedimiento para la fabricación de esta banda distintas etapas de calentamiento y enfriamiento.
 50 Una banda de aluminio fabricada de acuerdo con este procedimiento presenta en general límites elásticos ("YS") de
 117 MPa y un alargamiento de rotura general ("EL") del 32 %.

Finalmente da a conocer también el documento WO 97/22724 una chapa de una aleación de AlMgSi para su uso
 como chapa de automóvil, que en el estado T4 presenta un alargamiento de rotura general del 28 % y un
 55 alargamiento uniforme A_g del 23 %.

Es problemático que en bandas de aluminio laminadas en caliente de aleaciones de AlMgSi se encuentren
 deposiciones de Mg₂Si gruesas, que se rompen y se trituran en la siguiente laminación en frío mediante alto grado
 de conformación. Las bandas laminadas en caliente de una aleación de AlMgSi se fabrican por regla general en
 60 espesores de 3 mm a 12 mm y se alimentan a una laminación en frío con alto grado de conformación. Dado que el
 intervalo de temperatura en el que se forman las fases de AlMgSi, se recorre muy lentamente durante la laminación
 en caliente convencional, se forman estas fases de manera muy gruesa. El intervalo de temperatura para la
 formación de las fases mencionadas anteriormente depende de la aleación, sin embargo se encuentra entre 550 °C
 y 230 °C. Pudo detectarse experimentalmente que estas fases gruesas en la banda laminada en caliente influyen
 65 negativamente en el alargamiento del producto final. Esto significa que el comportamiento de conformación de
 bandas de aluminio de aleaciones de AlMgSi no pudo aprovecharse completamente hasta ahora.

Por tanto, la presente invención se basa en el objetivo de facilitar un procedimiento para la fabricación de una banda de aluminio a partir de una aleación de AlMgSi así como una banda de aluminio, que presenta en el estado T4 un alargamiento más alto y en este sentido permite grados de conformación más altos en la fabricación de por ejemplo
 5 piezas de construcción estructurales. Además, la presente invención se basa en el objetivo de proponer usos ventajosos de una chapa fabricada a partir de la banda de aluminio de acuerdo con la invención.

El objetivo mencionado se consigue mediante un procedimiento según la reivindicación 1, una banda de aluminio según la reivindicación 7 y 11 así como un uso según la reivindicación 14.

De acuerdo con una primera enseñanza de la presente invención se soluciona el objetivo mostrado anteriormente para un procedimiento para la fabricación de una banda a partir de una aleación de AlMgSi debido a que la banda laminada en caliente presenta inmediatamente en la salida de la última pasada de laminación en caliente una temperatura de como máximo 130 °C, preferentemente una temperatura de como máximo 100 °C y la banda laminada en caliente se enrolla con esta o una temperatura más baja.

Se ha mostrado que el tamaño de las deposiciones de Mg₂Si en una banda laminada en caliente de una aleación de AlMgSi puede reducirse claramente mediante un enfriamiento brusco, es decir un enfriamiento acelerado. Mediante el enfriamiento rápido de una temperatura de banda laminada en caliente entre 230 °C y 550 °C hasta como máximo 130 °C, preferentemente como máximo 100 °C en la salida de la última pasada de laminación en caliente se congela el estado de estructura de la banda laminada en caliente, de modo que ya no puedan formarse deposiciones gruesas. La banda de aluminio resultante presenta tras un recocido en solución y enfriamiento brusco en el espesor final un alargamiento claramente mejorado con resistencias habituales en el estado T4 y una capacidad de curado igual o incluso mejorada con respecto al estado T6. Esta combinación de propiedades no se ha conseguido hasta
 20 ahora en bandas de aleaciones de AlMgSi.

De acuerdo con una forma de realización ventajosa del procedimiento de acuerdo con la invención se realiza este proceso de enfriamiento dentro de las últimas dos pasadas de laminación en caliente, es decir se realiza el enfriamiento hasta 130 °C y menos en el intervalo de segundos, como máximo en el intervalo de cinco minutos. Se ha mostrado que en este modo de procedimiento se consiguen de manera especialmente segura de procedimiento los valores de alargamiento elevados con valores de resistencia o bien de límite elástico habituales en el estado T4 y la capacidad de curado mejorada en el estado T6.

De acuerdo con una primera configuración del procedimiento de acuerdo con la invención se consigue una realización especialmente económica del procedimiento debido a que se enfría bruscamente la banda laminada en caliente usando al menos un refrigerador de pletinas y se enfría bruscamente la propia pasada de laminación en caliente solicitada con emulsión hasta la temperatura de enrollamiento. Un refrigerador de pletinas está constituido por una disposición de boquillas de agente de refrigeración o bien lubricante, que pulverizan una emulsión de laminación sobre la banda de aluminio. El refrigerador de pletinas se encuentra con frecuencia en una laminadora en caliente, para enfriar bandas laminadas en caliente antes de la laminación en caliente hasta la temperatura de laminación y ajustar la temperatura de enrollamiento. El procedimiento de acuerdo con la invención puede usarse por consiguiente en instalaciones convencionales sin dispositivos adicionales especiales.

Por definición se encuentra la temperatura de laminación en caliente por encima de la temperatura de recristalización de un metal, o sea en el caso de aluminio por encima de aprox. 230 °C. De manera correspondiente a la enseñanza de la presente invención se encuentra la temperatura de enrollamiento con 130 °C sin embargo claramente por debajo de estas condiciones habituales del procedimiento.

Si la temperatura de laminación en caliente de la banda laminada en caliente antes de la penúltima pasada de laminación en caliente asciende a al menos 230 °C, preferentemente por encima de 400 °C, se consigue de acuerdo con una siguiente configuración del procedimiento de acuerdo con la invención que estén presentes deposiciones de Mg₂Si especialmente pequeñas en la banda laminada en caliente enfriada bruscamente, dado que la mayor proporción de las partes constituyentes de aleación magnesio y silicio a estas temperaturas se encuentran en el estado disuelto en la matriz de aluminio. Este estado ventajoso de la banda laminada en caliente casi se "congela" mediante el enfriamiento brusco.

El espesor de la banda laminada en caliente acabada asciende a de 3 mm a 12 mm, preferentemente a de 3,5 mm a 8 mm, de modo que pueden usarse cajas de laminación en frío habituales para la laminación en frío.

La aleación de aluminio usada para el procedimiento de acuerdo con la invención del tipo de aleación AA6xxx es preferentemente del tipo AA6014, AA6016, AA6060, AA6111 o AA6181. Todos los tipos de aleación AA6xxx tienen en común que presentan un comportamiento de conformación especialmente bueno caracterizado por altos valores de alargamiento en el estado T4 así como resistencias o bien límites elásticos muy altos en el estado de uso T6, por ejemplo tras una maduración en caliente a 205 °C/30 min.

De acuerdo con otra configuración del procedimiento de acuerdo con la invención se somete la banda de aluminio

recién laminada a un tratamiento con calor, calentándose la banda de aluminio hasta más de 100 °C y a continuación enrollándose y madurándose con una temperatura de más de 55 °C, preferentemente más de 85 °C. Esta forma de realización del procedimiento permite tras la maduración en frío ajustar mediante una fase de calentamiento más corta con temperaturas más bajas el estado T6 en la banda de aluminio o chapa, en el que se usan las chapas o bandas conformadas para dar piezas de construcción en la aplicación. Estas bandas de aluminio de curado rápido se calientan para ello hasta temperaturas de aproximadamente 185 °C durante únicamente 20 min, para conseguir los valores de límite elástico más altos en el estado T6. Si bien se encuentran los valores de alargamiento de rotura A_{80} de las bandas de aluminio fabricadas con esta forma de realización del procedimiento de acuerdo con la invención ligeramente por debajo del 29 %, sin embargo la banda de aluminio fabricada de acuerdo con la invención se caracteriza tras la maduración en el estado T4 además por un alargamiento uniforme A_g muy bueno de más del 25 %. Por el alargamiento uniforme A_g se entiende el alargamiento máximo de la muestra, con el que no se muestra ninguna constricción de la muestra durante el ensayo de tracción. La muestra se alarga por tanto de manera uniforme en el intervalo del alargamiento uniforme. El valor del alargamiento uniforme se encontraba hasta ahora en materiales similares en como máximo del 22 % al 23 %. El alargamiento uniforme influye de manera significativa sobre el comportamiento de conformación, dado que éste determina el grado de conformación máximo usado en la práctica del material. En este sentido puede facilitarse con el procedimiento de acuerdo con la invención una banda de aluminio con propiedades de conformación muy buenas, que puede transformarse también por medio de una maduración en caliente acelerada (185 °C/120 min.) en el estado T6.

Una aleación de aluminio del tipo AA6016 presenta las siguientes partes constituyentes de aleación en porcentaje en peso:

$$0,25 \% \leq \text{Mg} \leq 0,6 \%,$$

$$1,0 \% \leq \text{Si} \leq 1,5 \%,$$

$$\text{Fe} \leq 0,5 \%,$$

$$\text{Cu} \leq 0,2 \%,$$

$$\text{Mn} \leq 0,2 \%,$$

$$\text{Cr} \leq 0,1 \%,$$

$$\text{Zn} \leq 0,1 \%,$$

$$\text{Ti} \leq 0,1 \%$$

y el resto Al así como impurezas inevitables como máximo en total el 0,15 %, particularmente como máximo el 0,05 %.

Con contenidos en magnesio inferiores al 0,25 % en peso es demasiado baja la resistencia de la banda de aluminio que está prevista para aplicaciones de estructura, por otro lado se empeora la capacidad de conformación con contenidos en magnesio por encima del 0,6 % en peso. El silicio es responsable en la combinación con magnesio de la capacidad de curado de la aleación de aluminio y por consiguiente también para las altas resistencias, que pueden conseguirse en el caso de aplicación por ejemplo tras un secado al horno de esmaltado. Con contenidos en Si inferiores al 1,0 % en peso se reduce la capacidad de curado de la banda de aluminio, de modo que en el caso de aplicación pueden facilitarse solo resistencias reducidas. Los contenidos en Si de más del 1,5 % en peso conducen sin embargo a problemas de colada con respecto a la fabricación del lingote de laminación. La proporción de Fe debía limitarse a como máximo el 0,5 % en peso, para impedir deposiciones gruesas. Una limitación del contenido en cobre a como máximo el 0,2 % en peso conduce sobre todo a una estabilidad frente a la corrosión mejorada de la aleación de aluminio en la aplicación específica. El contenido en manganeso inferior al 0,2 % en peso reduce la tendencia a la formación de deposiciones más gruesas de manganeso. El cromo si bien proporciona una estructura fina, sin embargo ha de limitarse al 0,1 % en peso, para evitar igualmente deposiciones gruesas. La existencia de manganeso mejoraba por el contrario la soldabilidad mediante reducción de la tendencia a grietas o bien sensibilidad al enfriamiento brusco de la banda de aluminio de acuerdo con la invención. Una reducción del contenido en cinc a como máximo el 0,1 % en peso mejora en particular la estabilidad frente a la corrosión de la aleación de aluminio o bien de la chapa acabada en la respectiva aplicación. Por el contrario, el titanio proporciona una finura de grano durante la colada, sin embargo debía limitarse a como máximo el 0,1 % en peso, para garantizar una buena capacidad de colada de la aleación de aluminio.

Una aleación de aluminio del tipo AA6060 presenta las siguientes partes constituyentes de aleación en porcentaje en peso:

$$0,35 \% \leq \text{Mg} \leq 0,6 \%,$$

ES 2 746 846 T3

0,3 % ≤ Si ≤ 0,6 %,

0,1 % ≤ Fe ≤ 0,3 %

5 Cu ≤ 0,1 %,

Mn ≤ 0,1 %,

10 Cr ≤ 0,05 %,

Zn ≤ 0,10 %,

Ti ≤ 0,1 % y

15 el resto Al así como impurezas inevitables como máximo en total el 0,15 %, particularmente como máximo el 0,05 %.

La combinación del contenido en magnesio predeterminado de manera exacta con un contenido en Si reducido en comparación con la primera forma de realización y contenido en Fe estrechamente especificado da como resultado un aleación de aluminio, con la que puede impedirse especialmente bien la formación de deposiciones de Mg₂Si tras la laminación en caliente con el procedimiento de acuerdo con la invención, de modo que pueda facilitarse una chapa con un alargamiento mejorado y altos límites elásticos en comparación con chapas fabricadas de manera convencional. Los límites superiores más bajos de las partes constituyentes de aleación Cu, Mn y Cr refuerzan adicionalmente el efecto del procedimiento de acuerdo con la invención. Con respecto a las repercusiones del límite superior de Zn y Ti se remite a las realizaciones con respecto a la primera forma de realización de la aleación de aluminio.

25 Una aleación de aluminio del tipo AA6014 presenta las siguientes partes constituyentes de aleación en porcentaje en peso:

30 0,4 % ≤ Mg ≤ 0,8 %,

0,3 % ≤ Si ≤ 0,6 %,

35 Fe ≤ 0,35 %

Cu ≤ 0,25 %,

0,05 % ≤ Mn ≤ 0,20 %,

40 Cr ≤ 0,20 %,

Zn ≤ 0,10 %,

45 0,05 % ≤ V ≤ 0,20 %,

Ti ≤ 0,1 % y

el resto Al así como impurezas inevitables como máximo en total el 0,15 %, particularmente como máximo el 0,05 %.

50 Una aleación de aluminio del tipo AA6181 presenta las siguientes partes constituyentes de aleación en porcentaje en peso:

0,6 % ≤ Mg ≤ 1,0 %,

55 0,8 % ≤ Si ≤ 1,2 %,

Fe ≤ 0,45 %

Cu ≤ 0,10 %,

60 Mn ≤ 0,15 %,

Cr ≤ 0,10 %,

65 Zn ≤ 0,20 %,

Ti \leq 0,1 % y

el resto Al así como impurezas inevitables como máximo en total el 0,15 %, particularmente como máximo el 0,05 %.

5 Una aleación de aluminio del tipo AA6111 presenta las siguientes partes constituyentes de aleación en porcentaje en peso:

0,5 % \leq Mg \leq 1,0 %,

10 0,7 % \leq Si \leq 1,1 %,

Fe \leq 0,40 %

15 0,50 % \leq Cu \leq 0,90 %,

0,15 % \leq Mn \leq 0,45 %,

Cr \leq 0,10 %,

20 Zn \leq 0,15 %,

Ti \leq 0,1 % y

el resto Al así como impurezas inevitables como máximo en total el 0,15 %, particularmente como máximo el 0,05 %.

25 La aleación AA6111 muestra, básicamente debido al contenido en cobre elevado, valores de resistencia más altos en el estado de uso T6, sin embargo ha de clasificarse como propenso a la corrosión.

Todas las aleaciones de aluminio mostradas están adaptadas específicamente en sus partes constituyentes de aleación a distintas aplicaciones. Como ya se ha explicado, muestran las bandas de estas aleaciones de aluminio, que se fabricaron usando el procedimiento de acuerdo con la invención, valores de alargamiento especialmente altos en el estado T4 apareados con un aumento especialmente marcado del límite elástico por ejemplo tras una maduración en caliente a 205 °C/30 min. Esto se aplica también para las bandas de aluminio en el estado T4 sometidas a un tratamiento con calor tras el recocido en solución.

35 De acuerdo con una segunda enseñanza de la presente invención se soluciona el objetivo mostrado anteriormente mediante una banda de aluminio con las características de la reivindicación 7. El estado de suministro T4 se consigue habitualmente mediante un recocido en solución con enfriamiento brusco y un almacenamiento posterior a temperatura ambiente durante al menos tres días, dado que entonces las propiedades de las chapas o bandas recocidas en solución son estables. La combinación del alargamiento de rotura A_{80} y el límite elástico $R_{p0,2}$ de la banda de aluminio de acuerdo con la invención no se ha conseguido con las aleaciones de AlMgSi conocidas hasta ahora. La banda de aluminio de acuerdo con la invención permite por tanto grados de conformación máximos debido a los altos valores de alargamiento con valores máximos del límite elástico $R_{p0,2}$ en la chapa o bien pieza de construcción acabada.

45 Una forma de realización de la banda de MgSi-aluminio de acuerdo con la invención consigue propiedades de conformación especialmente ventajosas debido a que adicionalmente el alargamiento uniforme A_g asciende a más del 25 %. El alargamiento uniforme determina de manera decisiva el grado de conformación máximo de la banda de aluminio o bien de la chapa fabricada a partir de ésta durante la fabricación de piezas de construcción, dado que deben evitarse constricciones no controladas durante la fabricación. La banda de aluminio de acuerdo con la invención tiene una reserva de conformación especialmente alta en relación a constricciones y por tanto puede conformarse de manera más segura de procedimiento para dar piezas de construcción.

Preferentemente presenta la banda de aluminio de acuerdo con la invención en el estado T6, o sea en el estado de uso o bien estado de aplicación, un límite elástico $R_{p0,2}$ de más de 185 MPa con un alargamiento A_{80} de al menos el 15 %. Estos valores se midieron con bandas de aluminio fabricadas de acuerdo con la invención en el estado T6, que han recorrido una maduración en caliente a 205 °C/30 min tras un recocido en solución y enfriamiento brusco (estado T4). Debido a los altos límites de alargamiento en el estado T6 con valores de alargamiento muy buenos en el estado T4 es la banda de aluminio de acuerdo con la invención especialmente muy adecuada por ejemplo para su uso en la construcción de vehículos.

60 De acuerdo con otra forma de realización de la invención, la banda de aluminio recocida en solución y enfriada bruscamente tras una maduración en caliente a 205 °C/30 min en estado T6 presenta una diferencia de límite elástico $\Delta R_{p0,2}$ entre el estado T6 y T4 de al menos 80 MPa. El aumento del límite elástico desde el estado T4 hacia el estado T6 es especialmente alto en la banda de aluminio de acuerdo con la invención. La banda de aluminio de acuerdo con la invención puede conformarse por tanto muy bien en el estado T4 y a continuación mediante una maduración en caliente puede desplazarse hacia un estado de uso altamente resistente (estado T6). En el caso de

las conformaciones complejas, necesarias y los altos valores de resistencia o bien límites elásticos requeridos, por ejemplo en la construcción de vehículos, es especialmente ventajosa una buena capacidad de curado para la fabricación de piezas de construcción complejas.

- 5 Una banda de aluminio de AlMgSi de curado rápido con propiedades de conformación excelentes se facilita con una banda de aluminio de acuerdo con la reivindicación 11. La banda de aluminio fabricada de acuerdo con la invención según la reivindicación 11 se somete tras su fabricación a un recocido en solución con posterior tratamiento con calor y presenta en el estado T4 un alargamiento uniforme A_g de más del 25 % con un límite elástico $R_{p0,2}$ de 80 a 140 MPa. Tal como se ha expuesto, puede facilitarse con esta variante una banda de MgSi-aluminio que puede curarse rápidamente y al mismo tiempo puede conformarse muy bien. La maduración en caliente para conseguir el estado T6 puede realizarse a 185 °C durante 20 min, para conseguir los aumentos necesarios del límite elástico.

- 15 Si la banda de aluminio de acuerdo con una siguiente configuración presenta un alargamiento uniforme A_g de más del 25 % en dirección de la laminación, transversalmente a la dirección de la laminación y diagonalmente a la dirección de la laminación, puede possibilitarse una capacidad de conformación especialmente isotrópica. Preferentemente, las bandas de aluminio presentan un espesor de 0,5 mm a 12 mm. Las bandas de aluminio con espesores de 0,5 mm a 2 mm se usan preferentemente para piezas de carrocería por ejemplo en la construcción de vehículos, mientras que las bandas de aluminio con espesores más grandes de 2 a 4,5 mm se usan por ejemplo en piezas de mecanismos de traslación en la construcción de vehículos. Los componentes individuales pueden fabricarse en la banda laminada en frío también con un espesor de hasta 6 mm. Por el contrario pueden usarse en aplicaciones específicas también bandas de aluminio con espesores de hasta 12 mm. Estas bandas de aluminio con espesor muy grande se facilitan habitualmente solo mediante laminación en caliente.

- 25 La banda de aluminio de acuerdo con la invención es del tipo de aleación AA6014, AA6016, AA6060, AA6111 o AA6181. Con respecto a las ventajas de estas aleaciones de aluminio se remite a las realizaciones con respecto al procedimiento de acuerdo con la invención.

- 30 Debido a la combinación excelente entre buena capacidad de conformación en el estado T4, alta estabilidad frente a la corrosión así como altos valores para el límite elástico $R_{p0,2}$ en el estado de uso (estado T6) se soluciona el objetivo mencionado anteriormente de acuerdo con una tercera enseñanza de la presente invención mediante el uso de una chapa fabricadas a partir de una banda de aluminio de acuerdo con la invención como pieza de construcción, pieza y chapa de mecanismo de traslación o estructural en la construcción de vehículos, aviones o vehículos sobre carriles, en particular como componente, pieza de mecanismo de traslación, chapa exterior o interior en la construcción de vehículos, preferentemente como elemento de construcción de carrocería. Sobre todo las piezas de carrocería visibles, por ejemplo cubiertas de motor, guardabarros etc. así como piezas de revestimiento exterior de un vehículo sobre carriles o de un avión sacan provecho de los altos límites elásticos $R_{p0,2}$ con buenas propiedades de superficie también tras una conformación con altos grados de conformación.

- 40 Existe ahora una pluralidad de posibilidades de configurar y perfeccionar el procedimiento de acuerdo con la invención así como la banda de aluminio de acuerdo con la invención y el uso de una chapa fabricada a partir de ésta. Para ello se remite a la descripción de ejemplos de realización en unión con el dibujo.

- 45 El dibujo muestra en la única figura 1 un diagrama de flujo esquemático de un ejemplo de realización del procedimiento de acuerdo con la invención para la fabricación de una banda de a partir de una aleación de MgSi-aluminio con las etapas a) fabricar y homogeneizar el lingote de laminación, b) laminar en caliente, c) laminar en frío y d) con recocido en solución con enfriamiento brusco.

- 50 En primer lugar se cuela un lingote de laminación 1 de una aleación de aluminio con las siguientes partes constituyentes de aleación en porcentaje en peso:

$$0,35 \% \leq \text{Mg} \leq 0,6 \%,$$

$$0,3 \% \leq \text{Si} \leq 0,6 \%,$$

- 55 $0,1 \% \leq \text{Fe} \leq 0,3 \%$

$$\text{Cu} \leq 0,1 \%,$$

$$\text{Mn} \leq 0,1 \%,$$

- 60 $\text{Cr} \leq 0,05 \%,$

$$\text{Zn} \leq 0,1 \%,$$

- 65 $\text{Ti} \leq 0,1 \% \text{ y}$

el resto Al así como impurezas inevitables como máximo en total el 0,15 %, particularmente como máximo el 0,05 %.

5 El lingote de laminación así fabricado se homogeneizó a una temperatura de homogeneización de aproximadamente 550 °C durante 8 h en un horno 2, de modo que las partes constituyentes de aleación añadidas por aleación se encuentren en el lingote de laminación distribuidas de manera especialmente homogénea, figura 1a).

10 En la figura 1b) está representado cómo se lamina en caliente el lingote de laminación 1 en el presente ejemplo de realización del procedimiento de acuerdo con la invención mediante una caja de laminación en caliente 3 de manera alterna, presentando el lingote de laminación 1 una temperatura de 230 a 550 °C durante la laminación en caliente. En este ejemplo de realización, tras el abandono de la caja de laminación en caliente 3 y antes de la penúltima pasada de laminación en caliente tiene la banda laminada en caliente 4 preferentemente una temperatura de al menos 400 °C. Preferentemente se realiza a esta temperatura de banda laminada en caliente de al menos 400 °C, el enfriamiento brusco de la banda laminada en caliente 4 usando un refrigerador de pletinas 5 y los rodillos de trabajo de la caja de laminación en caliente 3. El refrigerador de pletinas 5, representado solo esquemáticamente, pulveriza la banda laminada en caliente 4 con emulsión de laminación de refrigeración y proporciona un enfriamiento acelerado de la banda laminada en caliente 4. Los rodillos de trabajo de la caja de laminación en caliente 3 están solicitados con emulsión y enfrían adicionalmente la banda laminada en caliente 4. Tras la última pasada de laminación tiene la banda laminada en caliente 4 a la salida del refrigerador de pletinas 5' en el presente ejemplo de realización únicamente una temperatura de 95 °C y se enrolla a continuación sobre la bobinadora de enrollamiento 6.

20 Debido a que la banda laminada en caliente 4 presenta inmediatamente en la salida de la última pasada de laminación en caliente una temperatura de como máximo 130 °C o bien como máximo 100 °C o bien opcionalmente en las últimas dos pasadas de laminación en caliente usando el refrigerador de pletinas 5 y los rodillos de trabajo de la caja de laminación en caliente 3 se lleva a una temperatura por debajo de 130 °C o bien por debajo de 100 °C, presenta la banda laminada en caliente 4 un estado de estructura cristalina congelado, dado que no se encuentra a disposición una energía adicional en forma de calor para los siguientes procesos de deposición. La banda laminada en caliente con un espesor de 3 a 12 mm, preferentemente de 3,5 a 8 mm se enrolla sobre la bobinadora de enrollamiento 6. Como ya se ha explicado, la temperatura de enrollamiento en el presente ejemplo de realización asciende a menos de 95 °C.

25 En el procedimiento de acuerdo con la invención ahora no pueden formarse en la banda laminada en caliente 4 enrollada ninguna deposición o pueden formarse pocas deposiciones Mg₂Si gruesas. La banda laminada en caliente 4 tiene un estado cristalino muy favorable para el procesamiento y puede alimentarse desde la bobinadora de enrollamiento 7 de manera desenrollada a una caja de laminación en frío 9 y de nuevo puede enrollarse sobre una bobinadora de enrollamiento 8, figura 1c).

30 La banda 11 laminada en frío, resultante se enrolla. A continuación se alimenta a un recocido en solución y enfriamiento brusco 10, figura 1d). Para ello se desenrolla de nuevo de la bobina 12, se somete a recocido en solución en un horno 10 y enfriada bruscamente se enrolla de nuevo para dar una bobina 13. La banda de aluminio puede suministrarse entonces tras una maduración en frío a temperatura ambiente en el estado T4 con máxima capacidad de conformación. Como alternativa (no mostrado) puede aislarse la banda de aluminio 11 en chapas individuales, que se encuentran tras una maduración en frío en el estado T4.

35 En el caso de espesores de banda de aluminio más grandes, por ejemplo en el caso de aplicaciones de mecanismos de translación o componentes tal como por ejemplo placas soporte de freno pueden realizarse también recocidos de piezas alternativos y pueden enfriarse bruscamente las chapas a continuación.

40 En el estado T6 se lleva la banda de aluminio o la chapa de aluminio mediante una maduración en caliente a de 100 °C a 220 °C, para conseguir valores máximos del límite elástico. Por ejemplo puede realizarse una maduración en caliente a 205 °C/ 30 min.

45 Las bandas de aluminio fabricadas de acuerdo con el ejemplo de realización representado presentan tras la laminación en frío por ejemplo un espesor de 0,5 a 4,5 mm. Los espesores de banda de 0,5 a 2 mm se usan habitualmente para aplicaciones de carrocería o bien espesores de banda de 2,0 mm a 4,5 mm para piezas de mecanismos de translación en la construcción de vehículos. En los dos campos de aplicación son decisivamente ventajosos los valores de alargamiento mejorados en la fabricación de las piezas de construcción, dado que se realizan conformaciones de las chapas en la mayoría de los casos fuertes y a pesar de ello se requieren altas resistencias en el estado de uso (T6) del producto final.

50 En la tabla 1 están indicadas las composiciones de aleación de aleaciones de aluminio, a partir de las que se fabricaron bandas de aluminio de manera convencional o de acuerdo con la invención. Además de los contenidos mostrados en partes constituyentes de aleación contienen las bandas de aluminio como proporción restante aluminio e impurezas, en particular como máximo el 0,05 % en peso y en total como máximo el 0,15 % en peso.

65

Tabla 1

Bandas	Si % en peso	Fe % en peso	Cu % en peso	Mn % en peso	Mg % en peso	Cr % en peso	Zn % en peso	Ti % en peso
409	1,29	0,17	0,001	0,057	0,29	< 0,0005	< 0,001	0,02
410	1,30	0,17	0,001	0,056	0,29	< 0,0005	< 0,001	0,0172
491-1	1,39	0,18	0,002	0,062	0,30	0,0006	0,01	0,0158
491-11	1,40	0,18	0,002	0,063	0,31	0,0006	0,0104	0,0147

Las bandas (muestras) 409 y 410 se fabricaron con un procedimiento de acuerdo con la invención, en el que la banda laminada en caliente dentro de las dos últimas pasadas de laminación en caliente se enfrió desde aproximadamente 400°C hasta 95 °C usando un refrigerador de pletinas así como la propia laminación en caliente y se enrolló. En la tabla 2 están caracterizados los valores de medición de estas bandas con "Inv.". A continuación se realizó una laminación en frío hasta obtener un espesor final de 1,04 mm.

Las bandas (muestras) 491-1 y 491-11 se fabricaron con una laminación en caliente y laminación en frío convencional y se caracterizan con una "Conv.".

Los resultados representados en la tabla 2 de las propiedades mecánicas muestran claramente la diferencia en los valores de alargamiento que pueden conseguirse A_{80} .

Tabla 2

Bandas		Espesor (mm)	T4				T6 205 °C/30 min.			
			Rp0,2 (MPa)	R _m (MPa)	A _g (%)	A ₈₀ (%)	Rp0,2 (MPa)	R _m (MPa)	A ₈₀ (%)	ΔRp0, 2 (MPa)
409	Inv.	1,04	100	220	26,3	31,3	187	251	16,2	87
410	Inv.	1,04	98	217	25,6	30,3	195	256	15,5	97
491-1	Conv.	1,04	92	202	23,1	27,8	180	235	14,7	88
491-11	Conv.	1,04	88	196	23,0	27,4	179	232	14,3	91

Para la obtención del estado T4 se sometieron las bandas a un recocido en solución con posterior enfriamiento brusco y a una siguiente maduración en frío a temperatura ambiente. El estado T6 se consiguió mediante una maduración en caliente a 205 °C durante 30 minutos.

Se mostró que la estructura ventajosa, que se ajustó por medio del procedimiento de acuerdo con la invención en las bandas 409 y 410, permitía con aumento del límite elástico Rp0,2 y resistencia R_m un aumento del alargamiento A_{80} .

Esta estructura conduce a la combinación especialmente ventajosa de alto alargamiento de rotura A_{80} de al menos el 30 % o bien al menos el 30 % con valores muy altos para el límite elástico Rp0,2 de 80 a 140 MPa. En el estado T6 puede aumentar el límite elástico hasta por encima de 185 MPa, permaneciendo el alargamiento A_{80} además en más del 15 %. La capacidad de curado con un ΔRp0,2 de 87 o bien 97 MPa muestra que los ejemplos de realización de acuerdo con la invención a pesar de los valores de alargamiento elevados de más del 15 % consiguen un muy buen aumento del límite elástico en el estado T6 madurado en caliente durante una maduración en caliente a 205 °C/30 min.

También la comparación de los alargamientos uniformes A_g de las bandas de acuerdo con la invención y de las bandas convencionales muestra que el alargamiento uniforme A_g con más del 25 % en las bandas 409 y 410 de acuerdo con la invención, superan claramente los valores de las bandas convencionales, que se midieron con el 23 %. En la tabla 2 se han medido los valores para el alargamiento uniforme de manera transversal a la dirección de la laminación. En las bandas no representadas en la tabla 2, que se midieron con el procedimiento de acuerdo con la invención, se han determinado valores por encima del 25 % para el alargamiento uniforme A_g también de manera diagonal y en la dirección de la laminación. Estos resultados resaltan la capacidad de conformación extraordinaria de las bandas de acuerdo con la invención.

Los valores de alargamiento de rotura A_g y A_{80} , los valores de límite elástico Rp0,2 y los valores de resistencia a la tracción R_m en las siguientes tablas se midieron según la norma DIN EN.

Los valores de medición pudieron en el estado T4 mediante mediciones en otras bandas. La aleación de aluminio de las bandas A y B presentan la siguiente composición:

0,25 % ≤ Mg ≤ 0,6 %,

1,0 % ≤ Si ≤ 1,5 %,

Fe ≤ 0,5 %,

Cu ≤ 0,2 %,

Mn ≤ 0,2 %,

Cr ≤ 0,1 %,

Zn ≤ 0,1 %,

Ti ≤ 0,1 %

y el resto Al así como impurezas inevitables como máximo en total el 0,15 %, particularmente como máximo el 0,05 %.

Las bandas A y B se enrollaron usando el procedimiento de acuerdo con la invención con un enfriamiento brusco de la banda laminada en caliente dentro de las últimas dos pasadas de laminación en caliente hasta 95 °C y a continuación se laminaron en frío hasta obtener un espesor final de 1,0 mm o bien 3,0 mm. Para conseguir el estado T4 se sometieron a recocido en solución las bandas A y B y tras un enfriamiento brusco se maduraron en frío.

Los siguientes valores de medición pudieron determinarse en las dos bandas:

Tabla 3

Bandas	Espesor (mm)	T4		
		Rp0,2 (MPa)	Rm (MPa)	A80 (%)
A	1,0	107	221	31,1
B	3,0	108	212	32,0

Los valores de alargamiento A₈₀ otra vez aumentados muestran la excelente idoneidad de estas bandas de aluminio para la fabricación de piezas de construcción, en las que deben combinarse grados de conformación muy altos durante la fabricación en el estado T4 con máximas resistencias a la tracción R_m y límites elásticos Rp_{0,2} en el estado T6.

Además se sometieron a estudio otras bandas de aluminio, que se sometieron a un tratamiento con calor adicional,

que se realizó preferentemente de manera inmediata tras el acabado del producto, por ejemplo inmediatamente tras el recocido en solución y enfriamiento brusco en la banda de aluminio. Las bandas de aluminio se calentaron para ello brevemente hasta por encima de 100 °C y a continuación se enrollaron con una temperatura de más de 85 °C, en cuestión con 88 °C y se maduraron en frío.

La tabla 4 muestra la composición de la banda 342, que se trató con el tratamiento con calor adicional tras el recocido en solución y enfriamiento brusco.

Tabla 4

Banda	Si % en peso	Fe % en peso	Cu % en peso	Mn % en peso	Mg % en peso	Cr % en peso	Zn % en peso	Ti % en peso
P342	1,3	0,17	0,00	0,06	0,3	< 0,0005	< 0,001	0,02

El tratamiento con calor, una denominada etapa Pre-Bake, condujo concretamente a que las propiedades de alargamiento de rotura empeoraran, dado que el alargamiento de rotura A₈₀ ascendía ahora a menos del 30 %. Sorprendentemente permaneció el alargamiento uniforme de la banda de aluminio P342 invariable en comparación con las variantes no tratadas con calor en más del 25 %, tal como muestra la tabla 5. El alargamiento uniforme es un factor muy importante en la conformación de la banda de aluminio para dar una pieza de construcción, dado que un alargamiento uniforme mejorado permite grados de conformación más altos y con ello o bien una fabricación segura de procedimiento o menos etapas de conformación.

En la tabla 5 están representados distintos valores de medición. Por un lado se realizaron tres mediciones en el

inicio de la banda P342-BA y al final de la banda P342-BE. En la columna "Estado" se indica que la banda se encontraba en el estado T4, o sea recocida en solución y enfriada bruscamente, tras una maduración en frío a temperatura ambiente de 8 días. Las bandas desde el inicio de banda y final de banda se cortaron en dirección longitudinal (L) o sea en dirección de la laminación, transversalmente a la dirección de la laminación (Q) y diagonalmente (D) a la dirección de la laminación y se midieron. Si bien se mostró una reducción de los valores de alargamiento de rotura A_{80mm} hasta parcialmente por debajo del 30 %, sin embargo el alargamiento uniforme A_g se midió en todas las direcciones con más del 25 % y permaneció sorprendentemente constante en comparación con el alargamiento de rotura de las no tratadas con calor.

5

10

Tabla 5

Banda/posición	Estado	Pos.	a_0 (mm)	$R_{p0,2}$ (MPa)	R_m (MPa)	A_g %	A_{80mm} %
P342-BA	T4 (8d RT)	L	1,009	97	209	25,3	28,9
P342-BA	T4 (8d RT)	Q	1,006	90	206	25,5	28,5
P342-BA	T4 (8d RT)	D	1,005	92	207	25,6	29,1
P342-BE	T4 (8d RT)	L	1,002	95	208	25,9	30,1
P342-BE	T4 (8d RT)	Q	1,000	89	204	25,3	28,3
P342-BE	T4 (8d RT)	D	1,000	90	205	25,7	29,8

Con una maduración en caliente posterior pudo conseguirse el estado T6 tras 20 min a 185 °C. Los valores típicos medidos en el estado T6 se encontraban para el límite elástico en más de 140 MPa tras la maduración en caliente o bien más de 165 MPa tras una maduración en caliente y un posterior estiraje en un 2 %. La banda de aluminio fabricada de acuerdo con la invención, que se sometió adicionalmente a un tratamiento con calor, combina por tanto dos propiedades importantes. Puede conformarse muy bien en el estado T4 debido al alto alargamiento uniforme y consigue al mismo tiempo tras una maduración en caliente a 185 °C durante 20 min, la resistencia deseada.

15

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la fabricación de una banda de una aleación de AlMgSi del tipo AA6xxx, en el que se cuele un lingote de laminación de una aleación de AlMgSi del tipo AA6xxx, se somete el lingote de laminación a una
5
homogeneización, se lamina en caliente el lingote de laminación que se ha llevado a la temperatura de laminación en caliente y, a continuación, opcionalmente se lamina en frío hasta obtener el espesor final,
caracterizado por que
la banda laminada en caliente presenta inmediatamente en la salida de la última pasada de laminación en caliente
10 una temperatura de como máximo 130 °C, preferentemente una temperatura de como máximo 100 °C y se enrolla la banda laminada en caliente a esta o a una temperatura más baja.
2. Procedimiento según la reivindicación 1,
caracterizado por que
15 se enfría bruscamente la banda laminada en caliente usando al menos un refrigerador de pletinas y se enfría bruscamente la propia pasada de laminación en caliente, solicitada con una emulsión, hasta la temperatura de salida.
3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2,
caracterizado por que
20 la temperatura de laminación en caliente de la banda laminada en caliente antes del proceso de enfriamiento durante la laminación en caliente, en particular antes de la penúltima pasada de laminación en caliente asciende al menos a 230 °C, preferentemente a por encima de 400 °C.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3,
caracterizado por que
25 el espesor de la banda laminada en caliente acabada asciende a de 3 mm a 12 mm, preferentemente a de 3,5 mm a 8 mm.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4,
caracterizado por que
30 la aleación de aluminio es del tipo de aleación AA6014, AA6016, AA6060, AA6111 o AA6181.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5,
caracterizado por que
35 la banda de aluminio recién laminada se somete a un tratamiento con calor, en el que la banda de aluminio se calienta hasta más de 100 °C y a continuación se enrolla con una temperatura de más de 55 °C, preferentemente más de 85 °C y se almacena.
7. Banda de aluminio que está constituida por una aleación de AlMgSi del tipo de aleación AA6014, AA6016,
40 AA6060, AA6111 o AA6181 fabricada con un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5,
caracterizada por que
la banda de aluminio en el estado T4 presenta un alargamiento de rotura A80 de al menos el 30 % con un límite elástico de Rp0,2 de 80 a 140 MPa.
- 45 8. Banda de aluminio según la reivindicación 7,
caracterizada por que
la banda de aluminio en el estado T4 presenta un alargamiento uniforme Ag de más del 25 %.
9. Banda de aluminio según una de las reivindicaciones 7 u 8,
caracterizada por que
50 la banda de aluminio recocida en solución y enfriada bruscamente presenta tras una maduración en caliente a 205 °C/30 minutos en el estado T6 un límite elástico de Rp0,2 de más de 185 MPa.
10. Banda de aluminio según una de las reivindicaciones 7 a 9,
caracterizada por que
55 la banda de aluminio recocida en solución y enfriada bruscamente presenta tras una maduración en caliente a 205 °C/30 minutos en el estado T6 una diferencia de límite elástico $\Delta R_{p0,2}$ entre los estados T6 y T4 de al menos 80 MPa.
- 60 11. Banda de aluminio de curado rápido que está constituida por una aleación de AlMgSi del tipo de aleación AA6014, AA6016, AA6060, AA6111o AA6181 fabricada con un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6,
caracterizada por que
la banda de aluminio presenta un alargamiento uniforme Ag de más del 25 % con un límite elástico de Rp0,2 de 80 a
65 140 MPa.
12. Banda de aluminio según las reivindicaciones 11 u 8,

caracterizada por que

la banda de aluminio presenta un alargamiento uniforme Ag de más del 25 % en dirección de la laminación, transversalmente a la dirección de la laminación y/o diagonalmente a la dirección de la laminación.

- 5 13. Banda de aluminio según una de las reivindicaciones 7 a 12,

caracterizada por que

la banda de aluminio presenta un espesor de 0,5 a 12 mm.

- 10 14. Uso de una chapa fabricada a partir de una banda de aluminio según una de las reivindicaciones 7 a 13 como pieza de construcción, pieza de mecanismo de traslación o estructural o bien chapa en la construcción de vehículos, de aviones o de vehículos sobre carriles, en particular como componente, pieza de mecanismo de traslación, chapa exterior o interior en la construcción de vehículos, preferentemente como elemento de construcción de carrocería.

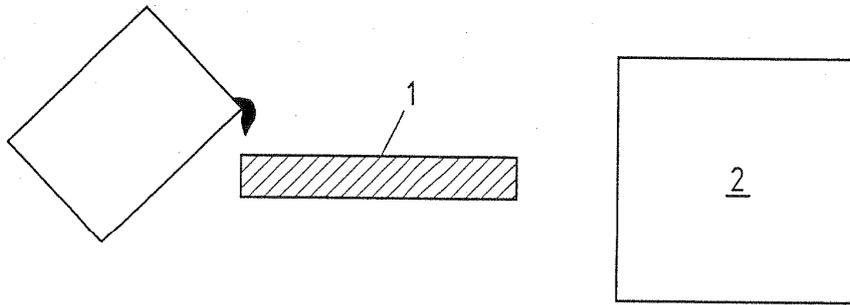


Fig. 1a

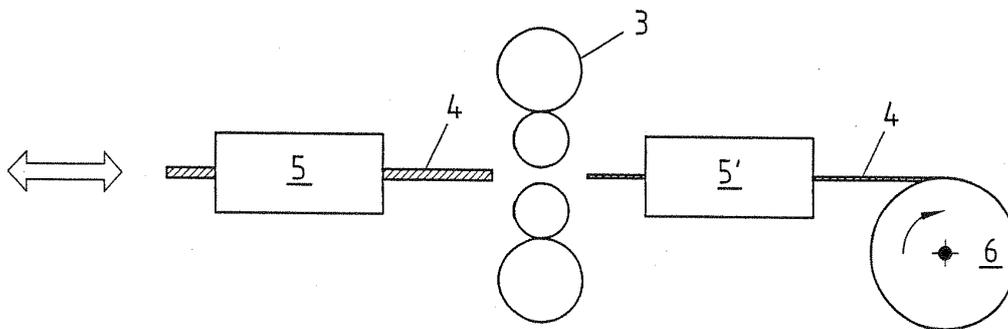


Fig. 1b

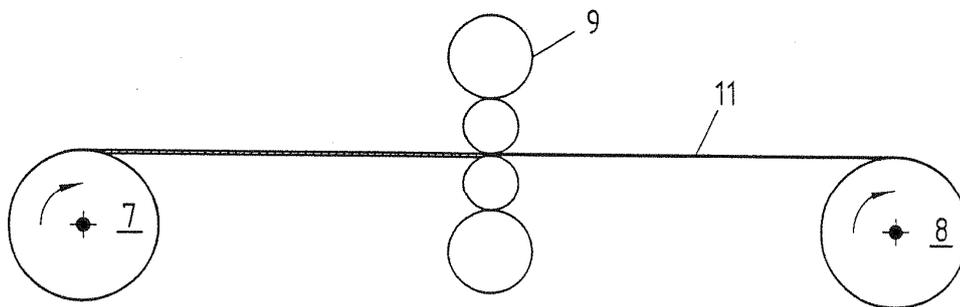


Fig. 1c

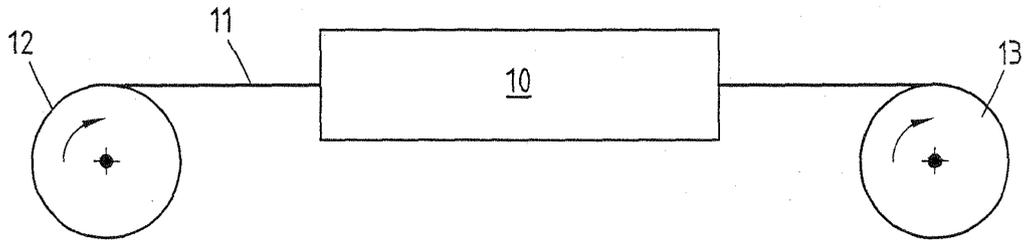


Fig. 1d