

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 700 140**

51 Int. Cl.:

C22C 21/06 (2006.01)

C22F 1/047 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.06.2016 PCT/EP2016/064530**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.12.2016 WO16207274**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.06.2016 E 16732581 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2018 EP 3314031**

54 Título: **Banda de AlMg de alta resistencia y adecuadamente conformable así como procedimiento para su fabricación**

30 Prioridad:

25.06.2015 EP 15173888

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

14.02.2019

73 Titular/es:

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

**Aluminiumstrasse 1
41515 Grevenbroich, DE**

72 Inventor/es:

**ENGLER, OLAF y
BRINKMAN, HENK-JAN**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 700 140 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 AlMg de alta resistencia y adecuadamente conformable así como procedimiento para su fabricación

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de una banda o chapa de aluminio a partir de una aleación de aluminio así como a una banda o chapa de aleación de aluminio y a su uso.

10 En los conceptos de construcción ligera actuales de automóviles, las chapas de aleación de aluminio laminadas desempeñan cada vez más un papel importante, dado que en comparación con soluciones equivalentes de acero pueden presentar un peso menor. En los componentes de vehículo altamente solicitados, la resistencia, es decir, por ejemplo el límite de fluencia $R_{p0,2}$ y la resistencia a la tracción R_m desempeña un papel de gran importancia, dado que con ello se determina el espesor de la chapa de aluminio respectiva para el componente de vehículo y con ello también el peso del componente de vehículo. Los componentes de vehículo, por ejemplo, piezas de denominado "Body-in-White" (carrocería en bruto) (componentes BIW) necesitan con frecuencia geometrías de forma compleja, de modo que también un comportamiento de conformación adecuado para proporcionar las geometrías complejas representa una ventaja adicional, muy importante, para el uso de chapas de aleación de aluminio como componente de vehículo. Si bien el comportamiento de corrosión de las chapas de aleación de aluminio en general es ya muy bueno, no obstante, tanto en las aleaciones de aluminio endurecibles de la clase AA6XXX como en las aleaciones no endurecibles de la clase AA5XXX debe tenerse en cuenta la corrosión intercrystalina, dado que esta puede llevar al fallo de elementos constructivos.

25 Hasta el momento, los componentes de vehículos altamente solicitados se fabricaban preferentemente a partir de chapas de aluminio que se componían de una aleación de Al-Mg-Si endurecible de la clase AA6XXX. Las chapas de aleación de aluminio de esta clase se conforman en el estado recocido en disolución T4 y a continuación se someten a un traslado en caliente para conseguir una resistencia final superior en el estado T6. Esta ruta de fabricación complicada lleva a mayores costes de producción, en particular también debido al coste logístico para el procesamiento de las chapas en el estado T4 y al traslado en caliente de las chapas para alcanzar el estado T6. Hasta el momento, los elementos constructivos de aleaciones de aluminio no endurecibles del tipo AA5XXX se fabricaban mediante conformación de chapas de aleación de aluminio sometidas a recocido blando. A este respecto es desventajoso sin embargo que estas chapas solo muestran en los intervalos de altos grados de conformación un aumento de la resistencia, en particular del límite de fluencia $R_{p0,2}$. Las zonas no conformadas permanecen por el contrario en estado blando. De esto deduce que el potencial de construcción ligera en componentes de vehículo que se componen de aleaciones de aluminio no endurecibles, que pueden fabricarse de manera económicamente favorable, no pudo aprovecharse por completo hasta el momento, dado que debido a las zonas blandas de las piezas moldeadas, los espesores de chapa de los componentes de vehículo deben seleccionarse de manera correspondiente.

35 Las aleaciones de AlMg del tipo AA 5xxx con contenidos de Mg superiores al 3 % en peso, en particular más del 4 % en peso, tienden cada vez más a la corrosión intercrystalina, cuando están expuestas por ejemplo a temperaturas elevadas. A temperaturas de 70-200 °C, las fases de β -Al₃Mg₂ se separan a lo largo de los límites de grano, que se denominan partículas β y en presencia de un medio corrosivo pueden separarse selectivamente. Esto es aplicable también a los elementos constructivos de un automóvil, en particular los elementos constructivos del denominado "Body-in-White" del automóvil, que habitualmente se someten a un lacado por inmersión catódica (KTL) y a continuación a un proceso de secado al horno. Ya mediante este proceso de secado al horno en el caso de bandas de aleación de aluminio habituales, puede provocarse una sensibilización con respecto a la corrosión intercrystalina. Además para el uso en el sector del automóvil debe tenerse en cuenta la conformación durante la fabricación de un elemento constructivo así como la carga de funcionamiento posterior del elemento constructivo.

50 La propensión a la corrosión intercrystalina se examina habitualmente en un ensayo convencional de acuerdo con la norma ASTM G67, en la que las muestras se exponen a un ácido nítrico y se mide la pérdida de masa de la chapa de aluminio. En la presente solicitud, en los ensayos estándares de acuerdo con la norma ASTM G67 mediante un recocido de sensibilización previo a temperaturas de 130 °C durante 17 h, se simula una carga por calor correspondiente de los elementos constructivos en el caso de aplicación. De acuerdo con la norma ASTM G67, la pérdida de masa en el caso de materiales que no son resistentes frente a la corrosión intercrystalina, asciende a más de 15 mg/cm².

55 La fabricación de una chapa de aleación de aluminio sometida a recocido blando, resistente con respecto a la corrosión intercrystalina, para un componente de vehículo, se divulga en la Solicitud de Patente Internacional WO 2014/029583 A1 que se atribuye a la solicitante. Si bien las chapas de aleación de aluminio divulgadas en ese documento presentan una buena resistencia a tracción R_m así como valores excelentes para el alargamiento uniforme A_g con una buena resistencia frente a la corrosión intercrystalina, no obstante los valores para el límite de fluencia $R_{p0,2}$, que representa una medida de la resistencia de la chapa frente a la deformación plástica, son demasiado bajos para conseguir una reducción clara de los espesores de chapa y con ello un ahorro de peso adicional durante la fabricación de componentes de vehículo. Como componentes de vehículo en el sentido de la presente solicitud de patente se entienden chapas conformadas de la estructura interna de un automóvil, también como elementos constructivos del "Body-in-White" (BIW), así como componentes de chasis y piezas de la carrocería de automóvil.

Por la publicación para información de Solicitud de Patente Alemana DE 10 2009 008 282 A1 es conocida la fabricación de un elemento constructivo de chapa para componentes de automóvil altamente solicitados a partir de aleaciones de aluminio no endurecibles. Se propone conformar chapas de aleación de aluminio solidificadas en frío y sometidas a recocido de ablandamiento en un proceso de conformación en caliente a temperaturas de hasta 250 °C. Indicaciones sobre composiciones de aleación de aluminio específicas o procedimientos de fabricación para chapas de aleación de aluminio no son conocidos por la publicación para información de solicitud de patente alemana mencionada. Además no se divulgan datos sobre propiedades mecánicas específicas de una banda de aleación de aluminio solidificada en frío y sometida a recocido de ablandamiento en la publicación para información de solicitud de patente alemana mencionada. El documento US 2015/159250 A1 divulga otras bandas de aluminio. A partir de esto, es por lo tanto objetivo de la presente invención proporcionar un procedimiento para la fabricación de una banda o chapa de aleación de aluminio a partir de una aleación de aluminio no endurecible, a partir de la que puedan fabricarse piezas moldeadas para componentes de vehículo, en particular de componentes de BIV, y pueden conseguirse ahorros de peso adicionales. Además, la presente invención se basa en el objetivo de proponer una banda o chapa de aleación de aluminio de una aleación de aluminio endurecible, que junto a un potencial de ahorro de peso elevado en el automóvil pueda fabricarse de manera económica. Por último, se propondrán también usos ventajosos de la banda de aleación de aluminio.

De acuerdo con una primera enseñanza de la presente invención, el objetivo mencionado anteriormente lo resuelve un procedimiento para la fabricación de una banda o chapa de aluminio a partir de una aleación de aluminio con los siguientes componentes de la aleación en porcentaje en peso:

$$3,6 \% \leq \text{Mg} \leq 6 \%,$$

$$\text{Si} \leq 0,4 \%,$$

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

$$\text{Cu} \leq 0,15,$$

$$0,1 \% \leq \text{Mn} \leq 0,4 \%,$$

$$\text{Cr} < 0,05 \%,$$

$$\text{Zn} \leq 0,20 \%,$$

$$\text{Ti} \leq 0,20 \%,$$

el resto Al e impurezas inevitables, individualmente como máximo el 0,05 %, en total como máximo el 0,15 %, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:

- colar un lingote de laminación que se compone de la aleación de aluminio mencionada,
- homogeneizar el lingote de laminación a de 480 °C a 550 °C durante al menos 0,5 h,
- laminar en caliente el lingote de laminación a una temperatura de 280 °C a 500 °C para dar una banda laminada en caliente,
- laminar en frío la banda de aleación de aluminio después de laminar en caliente con un grado de reducción por laminación del 10 % al 45 % inmediatamente antes de un último recocido intermedio,
- llevar a cabo al menos un último recocido intermedio de la banda de aleación de aluminio laminada en frío a de 300 °C a 500 °C, de tal manera que la banda de aleación de aluminio laminada en frío presenta una estructura recristalizada después del recocido intermedio,
- laminar en frío la banda de aleación de aluminio sometida a recocido intermedio con un grado de reducción por laminación del 30 % al 60% de espesor final y
- someter a recocido de ablandamiento la banda de aleación de aluminio en la bobina en un espesor final, ascendiendo la temperatura de metal a 190 - 250 °C durante al menos 0,5 h.

En el procesamiento adicional, pueden plegarse chapas a partir de la banda de aleación de aluminio. El contenido de magnesio de la aleación de aluminio que va a usarse de acuerdo con la invención del 3,6 % en peso al 6 % en peso, preferentemente del 4,2 % en peso al 6 % en peso, de manera especialmente preferente del 4,2 % en peso al 5,2 % en peso contribuye a que la aleación de aluminio con buenas propiedades de conformación alcance al mismo tiempo altos valores de resistencia, en particular valores de límite de fluencia $R_{p0,2}$ y valores de resistencia a la tracción R_m . Los efectos de endurecimiento y separación indeseados de Si se reducen mediante una limitación del contenido de Si hasta como máximo el 0,4 % en peso. Para no influir negativamente en las propiedades de la aleación de aluminio, el contenido de Fe se limitará a como máximo el 0,5 % en peso. Esto es válido también para el contenido de cobre que se limitará a como máximo al 0,15 % en peso. Manganeso lleva a un aumento de la resistencia y también a una mejora de la resistencia frente a la corrosión intercrystalina. No obstante, el contenido de manganeso deberá limitarse, dado que de lo contrario se influye negativamente en las propiedades de conformación de las bandas de aleación de aluminio sometidas a recocido de ablandamiento. Además, contenidos de Mn demasiado altos durante el último recocido intermedio llevan a diámetros de grano medios inferiores a 20 μm . Por este motivo, el contenido de Mn

ascenderá a del 0,1 % en peso al 0,4 % en peso. Cromo lleva en sí mismo en las menores cantidades ya a que disminuyan las propiedades de conformación, por ejemplo, el alargamiento uniforme A_g o también la estricción de rotura Z, de modo que se empeoran las propiedades de conformación. Además Cr lleva asimismo a pequeños tamaños de grano después del recocido intermedio. En este sentido el contenido de cromo está limitado a valores inferiores al 0,05 % en peso, preferentemente menos del 0,01 % en peso. Esto mismo es válido en principio también para Zr, que en este caso, dado que por regla general debe añadirse como aleación, no se describe en detalle. Zinc podría repercutir negativamente sobre la resistencia a la corrosión de la banda de aluminio y por lo tanto ha de limitarse a como máximo al 0,2 % en peso. Titanio se agrega habitualmente durante la colada continua a la aleación de aluminio como agente de afino de grano por ejemplo en forma de alambre o barra de boruro de titanio. No obstante, contenidos de Ti demasiado altos repercuten a su vez negativamente sobre las propiedades de conformación, de modo que se desea una limitación del contenido de Ti a como máximo el 0,20 % en peso.

Mediante la colada y homogeneización del lingote de laminación a de 480 °C a 550 °C durante al menos 0,5 horas, puede proporcionarse un lingote de laminación para la laminación en caliente, que presenta una distribución muy homogénea de los componentes de aleación. Al final de la laminación en caliente se proporciona una banda laminada en caliente recristalizada homogénea mediante laminación en caliente en un intervalo de temperatura de 280 °C a 500 °C. Antes del último recocido intermedio, el grado de reducción por laminación durante la laminación en frío de la banda de aleación de aluminio de acuerdo con la invención asciende solamente a del 10 % al 45 %, dado que el grado de reducción por laminación antes del último recocido intermedio influye de manera decisiva en la generación de la estructura de grano durante la recristalización durante el recocido intermedio. Si el grado de reducción por laminación es demasiado grande, durante la recristalización durante el último recocido intermedio a una temperatura de 300 °C a 500 °C, se genera una estructura relativamente fina con diámetros de grano medios, es decir un tamaño de grano medio, inferior a 20 μm . Sin embargo, los diámetros de grano reducidos repercuten negativamente sobre el comportamiento de corrosión de la banda de aleación de aluminio. En el caso de bajos grados de reducción por laminación del 10 % al 45 % durante la laminación en frío antes del recocido intermedio, durante el último recocido intermedio en la composición de acuerdo con la invención, se generan diámetros de grano medio superiores a 20 μm , que influyen positivamente en la resistencia a la corrosión de la banda de aleación de aluminio. El recocido intermedio como tal permite la provisión de una estructura recristalizada para la última etapa de laminación en frío, que se lleva a cabo con un grado de reducción por laminación del 30 % al 50 % de espesor final. El grado de reducción por laminación final permite, en contraposición a variantes sometidas a recocido blando, aumentar de manera continua el límite de fluencia de la banda de aleación de aluminio que va a fabricarse mediante solidificación en frío a la aplicación deseada, por ejemplo hasta un límite de fluencia superior a 190 MPa después del recocido final que le sigue. El recocido de ablandamiento final de la banda de aleación de aluminio en la bobina a temperaturas de metal de 190 °C a 250 °C durante al menos 0,5 horas lleva a que las propiedades de conformación, en particular el alargamiento uniforme A_g así como la estricción de rotura Z se mejoren mediante el proceso de recuperación en la estructura de la banda de aleación de aluminio. El límite de fluencia $R_{p0,2}$ superior con respecto al estado blando, se mantiene en su mayor parte en la mayoría de los casos. Con el procedimiento de fabricación puede proporcionarse por lo tanto una banda de aleación de aluminio que por un lado puede conformarse adecuadamente, por ejemplo, para dar un componente de vehículo, y por otro lado, también en las zonas no conformadas proporciona altos límites de fluencia. La banda de aleación de aluminio fabricada es al mismo tiempo también resistente frente a la corrosión intercrystalina y debido a la ruta de fabricación sencilla es más económica que las bandas de aleación de AA6XXX usadas hasta el momento.

Si, de acuerdo con una primera configuración del procedimiento de acuerdo con la invención, durante la laminación en frío antes del último recocido intermedio se limita el grado de reducción por laminación a del 20 % al 30 % en peso, se proporcionan después del último recocido intermedio mayores diámetros de grano en la banda de aleación de aluminio y con ello se mejora la resistencia contra la corrosión intercrystalina en la banda de aleación de aluminio sometida a recocido de ablandamiento.

Si el grado de reducción por laminación de acuerdo con una siguiente configuración del procedimiento durante la laminación en frío en un espesor final después del último recocido intermedio asciende a del 40 % al 60 %, el límite de fluencia $R_{p0,2}$ puede ajustarse a valores por encima de 200 MPa, sin que se influya negativamente en las propiedades de conformación, por ejemplo el alargamiento uniforme A_g o la estricción de rotura Z.

Tal como ya se expone anteriormente, el procedimiento de acuerdo con la invención permite la provisión de bandas y chapas de aleación de aluminio para la conformación para dar componentes de vehículo, por ejemplo componentes de Body-in-White (BIW). Si la banda de aleación de aluminio de acuerdo con una configuración adicional del procedimiento se lamina en frío hasta un espesor de 0,5 mm a 5,0 mm, preferentemente hasta de 1,0 mm a 3,0 mm de espesor final, pueden fabricarse piezas moldeadas a partir de una aleación de aluminio no endurecible para componentes de vehículo, que pueden realizar de manera económica potenciales de ahorro de peso en la construcción de automóviles.

De acuerdo con otra configuración del procedimiento, la temperatura durante el recocido de ablandamiento de la banda de aleación de aluminio asciende a 220 °C a 240 °C. Mediante la elección de la temperatura superior durante el recocido de ablandamiento, se proporciona mediante procesos de recuperación la capacidad de conformación de la banda de aleación de aluminio con un aumento del alargamiento uniforme A_g y de la estricción de rotura Z de manera segura para el proceso.

Además las altas temperaturas de recocido de ablandamiento de 220 °C a 240 °C, llevan a una estabilidad a largo

ES 2 700 140 T3

plazo mejorada de elementos constructivos fabricados a partir de la banda de aleación de aluminio de acuerdo con la invención con una posible carga térmica en funcionamiento. De acuerdo con una segunda enseñanza de la presente invención, el objetivo expuesto anteriormente se consigue mediante una banda o chapa de aleación de aluminio laminada en frío y sometida a recocido de ablandamiento, que se ha fabricado con el procedimiento de acuerdo con la invención, que se compone de una aleación de aluminio con los siguientes componentes de aleación:

$$3,6 \% \leq \text{Mg} \leq 6 \%,$$

$$\text{Si} \leq 0,4 \%,$$

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

$$\text{Cu} \leq 0,15,$$

$$0,1 \% \leq \text{Mn} \leq 0,4 \%,$$

$$\text{Cr} < 0,05 \%,$$

$$\text{Zn} \leq 0,20 \%,$$

$$\text{Ti} \leq 0,20 \%,$$

el resto Al e impurezas inevitables, individualmente como máximo el 0,05 %, en total como máximo el 0,15 %, donde la banda de aleación de aluminio presenta

un límite de fluencia $R_{p0,2}$ superior a 190 MPa, un alargamiento uniforme A_g de al menos el 14 %, una estricción de rotura Z superior al 50 % y

en el ensayo de corrosión de acuerdo con la norma ASTM G67 después de un recocido de sensibilización previo durante 17 h a 130 °C presenta una pérdida de masa inferior a 15 mg/cm².

Se ha comprobado que la provisión de una banda o chapa de aleación de aluminio con la composición de aleación de aluminio mencionada anteriormente con un límite de fluencia superior a 190 MPa, con un alargamiento uniforme A_g de al menos el 14 % así como una estricción de rotura Z superior al 50 %, con una resistencia simultánea en el ensayo de corrosión de acuerdo con la norma ASTM G67 con una pérdida de masa inferior a 15 mg/cm² después de un recocido de sensibilización previo durante 17 h a 130 °C para bandas de aleación de aluminio no endurecibles abren posibilidades de aplicación adicionales que hasta el momento estaban reservadas para bandas de aleación de aluminio de materiales endurecibles, en particular de aleaciones de aluminio del tipo AA6xxx. Se espera que en el caso de la composición de aleación de aluminio dada se consigan límites de fluencia $R_{p0,2}$ superiores a de 190 MPa a 300 MPa, con un alargamiento uniforme del 14 % al 18 % y una estricción de rotura Z superior al 50 % al 70 % con una resistencia a la corrosión predeterminada. Los ejemplos de realización expuestos más adelante muestran bandas o chapas de aleación de aluminio de acuerdo con la invención con límites de fluencia $R_{p0,2}$ superiores a 190 MPa y hasta 270 MPa manteniendo un buen comportamiento de conformación debido a un alargamiento uniforme de A_g hasta el 16,6 % y una estricción de rotura Z de hasta el 62 % con una resistencia existente contra la corrosión intercrystalina. Según lo esperado, a este respecto los valores de límite de fluencia se comportan al contrario que los valores conseguidos del alargamiento uniforme A_g y de la estricción de rotura Z. Estas bandas de aleación de aluminio específicas abren con ello otras posibilidades de aplicación y en particular proporcionan la posibilidad de bandas y chapas de aleación de aluminio que pueden fabricarse de manera económica para la fabricación de componentes de vehículo, en particular componentes de BIW.

Si, de acuerdo con otra configuración de la banda de aleación de aluminio de acuerdo con la invención, el contenido de Mg de la banda o chapa de aleación de aluminio asciende a del 4,2 % en peso al 6 % en peso, preferentemente del 4,2 % en peso al 5,2 % en peso, puede proporcionarse una banda o chapa de aleación de aluminio con límites de fluencia máximos después de la última laminación en frío.

Si el contenido de manganeso, de acuerdo con otra configuración de la banda o chapa de aleación de aluminio, se limita a del 0,1 % en peso al 0,3 % en peso, entonces a pesar de la influencia positiva del manganeso sobre la resistencia y la resistencia a la corrosión de la banda o chapa de aleación de aluminio, pueden conseguirse al mismo tiempo buenas propiedades de conformación, es decir, altos valores de alargamiento uniforme A_g y la estricción de rotura Z con alta seguridad de proceso. Además en el caso de estos contenidos en Mn, durante el último recocido intermedio, pueden ajustarse diámetros de grano medio superiores a 20 μm de manera segura para el proceso, que influyen positivamente en la resistencia a la corrosión de la banda o chapa de aleación de aluminio.

Tal como se expone asimismo anteriormente, el contenido de cromo influye negativamente en las propiedades de la aleación de aluminio en sí en concentraciones muy bajas con respecto al comportamiento de conformación y limita el tamaño de grano después del último recocido intermedio, de modo que de acuerdo con otra configuración de la banda o chapa de aleación de aluminio, el contenido de cromo se limita a menos del 0,01 % en peso. Esto es válido de

ES 2 700 140 T3

manera análoga también para circonio así como escandio, que si están presentes, lo están solo en trazas en la aleación de aluminio.

5 Si de acuerdo con otra configuración, la banda o chapa de aleación de aluminio presenta una o varias de las siguientes limitaciones de los porcentajes de los componentes de aleación:

Si $\leq 0,2$ % en peso,

10 Fe $\leq 0,35$ % en peso

o

Zn $\leq 0,01$ % en peso,

15 pueden descartarse influencias negativas de los componentes de aleación mencionados sobre las propiedades de la banda o chapa de aleación de aluminio.

De acuerdo con otra configuración de la banda o chapa de aleación de aluminio de acuerdo con la invención, la banda de aleación de aluminio presenta una o varias de las siguientes propiedades:

20 - un límite de fluencia $R_{p0,2}$ superior a 200 MPa,
- un alargamiento uniforme A_g de al menos el 15 % ,
- una estricción de rotura Z de al menos el 55 % o
25 - en el ensayo de corrosión de acuerdo con la norma ASTM G67 después de un recocido de sensibilización previo durante 17 h a 130 °C una pérdida de masa inferior a 10 mg/cm². La banda de aleación de aluminio puede fabricarse mediante el ajuste de las propiedades específicas límite de fluencia, alargamiento uniforme, estricción de rotura y comportamiento en el ensayo de corrosión adicionalmente de manera adaptada a los campos de aplicación diferentes. Por ejemplo, un límite de fluencia superior a 200 MPa mayor puede permitir una reducción de los espesores finales de la banda de aleación de aluminio y con ello una reducción adicional del peso de la pieza moldeada fabricada a partir de la misma, por ejemplo, de un componente de vehículo. El aumento del alargamiento uniforme hasta el menos el 15 % o el aumento de la estricción de rotura Z hasta al menos el 55 % lleva a que la banda o chapa de aleación de aluminio de acuerdo con la invención pueda emplearse en procedimientos de conformación más complejos y por ejemplo puedan fabricarse piezas moldeadas de forma compleja con menos etapas de conformación. La mejora de la resistencia a la corrosión contra la corrosión intercrystalina en el ensayo de corrosión de acuerdo con la norma ASTM G67 lleva a su vez a una seguridad elevada contra el fallo debido a la corrosión intercrystalina de una pieza moldeada fabricada a partir de la banda de aleación de aluminio.

40 Si la banda o chapa de aleación de aluminio de acuerdo con otra configuración presenta un espesor de 0,5 a 5,0 mm, preferentemente de 1,0 a 3,0 mm, pueden fabricarse piezas moldeadas a partir de la banda de aleación de aluminio, que presentan propiedades similares a las piezas moldeadas a partir de aleaciones de aluminio endurecibles del tipo AA6XXX.

45 En particular en los intervalos de espesor de 1,0 mm a 3,0 mm, la banda o chapa de aleación de aluminio de acuerdo con la presente configuración permite un campo de aplicación claramente ampliado debido a los límites de fluencia fuertemente mejorados en comparación con las variantes sometidas a recocido blando, usadas hasta el momento.

50 Por último, el objetivo expuesto anteriormente se consigue también mediante el uso de una banda o chapa de aleación de aluminio de acuerdo con la invención para la fabricación de piezas estructurales o componentes de vehículo, en particular componentes de BIW de un automóvil, dado que las bandas de aleación de aluminio de acuerdo con la invención permiten la fabricación de piezas moldeadas para el uso correspondiente, que pueden recorrer grados de conformación muy altos, pero al mismo tiempo proporcionan altos límites de fluencia para la reducción del espesor de material de la banda o chapa de aleación de aluminio y no obstante presentan un comportamiento de corrosión muy adecuado en el ensayo de corrosión de acuerdo con la norma ASTM G67.

55 Además, la invención se explicará en detalle por medio de ejemplos de realización en relación con el dibujo. El dibujo muestra en

60 La Figura 1 en una representación esquemática, las etapas de procedimiento de un ejemplo de realización del procedimiento para la fabricación de una banda de aleación de aluminio y

Las Figuras 2a) y 2b) en una representación esquemática en perspectiva, los ejemplos de realización de un uso ventajoso de la banda de aleación de aluminio.

65 La Figura 1 muestra en primer lugar en una representación esquemática las etapas de procedimiento de un ejemplo de realización para la fabricación de una banda de aluminio sobre una aleación de aluminio de acuerdo con la presente

ES 2 700 140 T3

invención. En primer lugar en la etapa 1 se cuela un lingote de laminación que se compone de una aleación de aluminio con los siguientes contenidos de aleación:

3,6 % en peso \leq Mg \leq 6 % en peso,

Si \leq 0,4 % en peso,

Fe \leq 0,5 % en peso,

Cu \leq 0,15 % en peso,

0,1 % en peso \leq Mn \leq 0,4 % en peso,

Cr $<$ 0,05 % en peso,

Zn \leq 0,20 % en peso,

Ti \leq 0,20 % en peso,

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

A una temperatura de 480 °C a 550 °C se homogeneiza el lingote de laminación durante una duración de al menos 0,5 h de acuerdo con la etapa 2. A continuación tiene lugar la laminación en caliente del lingote de laminación en la etapa 3 a una temperatura de 280 °C a 500 °C para dar una banda laminada en caliente. Antes de último recocido intermedio de acuerdo con la etapa 5, tiene lugar una laminación en frío de la banda de aleación de aluminio con un grado de reducción por laminación del 10 % al 45 % de acuerdo con la etapa 4. La limitación del grado de reducción por laminación hasta el 10 % al 45 % provoca que durante el recocido intermedio posterior de acuerdo con la etapa 5 pueda conseguirse mediante recristalización un tamaño de grano medio superior a 20 μ m. La realización del último recocido intermedio de la banda de aleación de aluminio laminada en frío a de 300 °C a 500 °C proporciona para la etapa de laminación en frío final 6 una estructura recristalizada con tamaños de grano superiores a 20 μ m. Las etapas 4 y 5 pueden repetirse dado el caso, para conseguir según sea necesario espesores de chapa más delgados en un espesor final. Mediante la laminación en frío de acuerdo con la etapa 6, en el caso de un grado de reducción por laminación del 30 % al 60 % de espesor final en la estructura recristalizada se introduce solidificación en frío, que lleva a un aumento del límite de fluencia $R_{p0,2}$. Mediante un recocido de ablandamiento de acuerdo con la etapa 7 se somete a una recuperación la estructura laminada en frío, de modo que en particular el alargamiento uniforme A_g y la estricción de rotura Z adoptan de nuevo valores superiores y se ajusta un comportamiento de conformación adecuado. El aumento conseguido en la última laminación en frío del límite de fluencia $R_{p0,2}$ se mantiene debido a la elección de la temperatura después del recocido de ablandamiento al menos en parte, de modo que puede proporcionarse una banda de aleación de aluminio con un límite de fluencia superior a 190 MPa. En el caso de valores de alargamiento para el alargamiento uniforme A_g superiores al 14 % y valores para la estricción de rotura Z superiores al 50 %, la banda de aleación de aluminio fabricada y las chapas fabricadas a partir de la misma pueden someterse también a procedimientos de conformación complejos.

En la etapa 8 adicional representada en la Figura 1, se recortan chapas a partir de la banda de aleación de aluminio, que a continuación en procedimientos de conformación se conforman dando piezas moldeadas, dando componentes de vehículo del "Body-in-White" de un automóvil, denominados componentes BIW. Los componentes BIW presentan con frecuencia geometrías complejas y requieren por lo tanto una alta capacidad de conformación de las bandas o chapas, a partir de las que se fabrican. Para conseguir reducciones de peso significativas, los componentes de BIW a partir de una aleación de aluminio necesitan también espesores de chapa correspondientemente bajos, lo que requiere altas resistencias y límites de fluencia de las bandas o chapas de aleación de aluminio usadas. Las bandas de aleación de aluminio de acuerdo con la invención y las chapas fabricadas a partir de las mismas cumplen este requisito al igual que la resistencia a la corrosión necesaria, tal como muestran los ensayos. Si se fabrican componentes de vehículo, en particular componentes de BIW por lo tanto a partir de una banda de aleación de aluminio de acuerdo con la invención, estos pueden proporcionarse de manera más económica que los componentes hasta el momento de materiales de AA6XXX.

Las Figuras 2a) y 2b) muestran esquemáticamente zonas de uso de la banda de aleación de aluminio fabricada de acuerdo con la invención en forma de las más diversas chapas de una estructura de vehículo de acuerdo con la Figura 2a) o por ejemplo de una pieza interior representada esquemáticamente de una puerta de vehículo de acuerdo con la Figura 2b). Debido al comportamiento de corrosión adecuado de las bandas de aleación de aluminio de acuerdo con la invención se abren posibilidades de aplicación adicionales para las bandas y chapas de aleación de aluminio no endurecibles, es decir de naturaleza dura, de acuerdo con la invención, en el automóvil.

A partir de distintas composiciones de aleación de aluminio se colaron lingotes de laminación, se sometieron a una homogeneización a de 480 °C a 550 °C durante al menos 0,5 h, a de 280 °C a 500 °C para dar bandas laminadas en

ES 2 700 140 T3

caliente, y a continuación se sometieron a condiciones variables durante la laminación en frío antes y después de un último recocido intermedio. La Tabla 1 muestra en conjunto siete composiciones de aleación distintas. En los doce ensayos se usaron, junto con las siete aleaciones distintas, diferentes parámetros para la laminación en frío antes y después del último recocido intermedio. Hasta el acabado de las bandas laminadas en caliente no se diferencian las bandas de ensayo fabricadas, aparte de diferentes espesores de banda laminada en caliente y diferentes aleaciones de aluminio.

Tabla 1

N.º de ensayo		Componentes de aleación [% en peso]							
		Si	Fe	Cu	Mg	Mn	Cr	Zn	Ti
1	Comp.	0,136	0,318	0,031	<u>2,9</u>	0,80	<u>0,068</u>	0,011	0,013
2	Comp.	0,210	0,320	0,028	4,1	<u>0,41</u>	<u>0,120</u>	0,007	0,011
3	Comp.	0,031	0,130	0,002	4,2	0,25	0,001	0,004	0,021
4	Inv.	0,031	0,130	0,002	4,2	0,25	0,001	0,004	0,021
5	Inv.	0,031	0,130	0,002	4,2	0,25	0,001	0,004	0,021
6	Comp.	0,031	0,130	0,002	4,2	0,25	0,001	0,004	0,021
7	Inv.	0,073	0,190	0,004	4,4	0,29	0,004	0,005	0,015
8	Inv.	0,031	0,130	0,002	4,2	0,25	0,001	0,004	0,021
9	Comp.	0,140	0,290	0,060	4,7	<u>0,58</u>	<u>0,090</u>	0,009	0,019
10	Inv.	0,050	0,170	0,023	4,9	0,26	0,008	0,003	0,026
11	Inv.	0,062	0,190	0,120	5,2	0,25	0,005	0,004	0,013
12	Inv.	0,062	0,190	0,120	5,2	0,25	0,005	0,004	0,013

10 En la Tabla 1 no están indicadas otras impurezas que en los ejemplos de realización ascendieron a menos del 0,01 % en peso. El contenido residual se componía de aluminio.

Asimismo, en la Tabla 1 están indicados subrayados los componentes de aleación, que se encuentran fuera del intervalo previsto de acuerdo con la invención. Los ensayos 1, 2 y 9 comprendían aleaciones de aleación cuyos contenidos de Mg, Mn o Cr se encuentran fuera del intervalo de acuerdo con la invención. En el ejemplo comparativo n.º 1, el contenido de Mg es demasiado pequeño y los contenidos de Mn y Cr son demasiado grandes. El ejemplo comparativo n.º 2 comprende también valores demasiado altos para Cr y valores ligeramente elevados para Mn. El ejemplo comparativo n.º 9 tiene a su vez valores claramente grandes para Mn y Cr.

20 Las bandas laminadas en caliente proporcionadas a partir de distintas aleaciones de aluminio se laminaron en frío a continuación de acuerdo con las especificaciones en la Tabla 2 en la laminación en frío antes del último recocido intermedio así como después del recocido intermedio. La temperatura de recocido de ablandamiento ascendió en todos los ensayos a 240 °C. El recocido de ablandamiento tuvo lugar en la bobina, manteniéndose la temperatura de metal de la temperatura de recocido de ablandamiento durante una duración de al menos 0,5 h. En la Tabla 2 están indicados además también los espesores finales a_0 , que se encuentran aproximadamente entre 0,7 mm y 1,7 mm.

En la Tabla 2 están subrayados los grados de reducción por laminación que se encuentran fuera del intervalo de acuerdo con la invención. Los ejemplos comparativos n.º 1 y 6 presentan grados de reducción por laminación demasiado altos antes del recocido intermedio, mientras que el ejemplo comparativo n.º 3 presenta un grado de reducción por laminación final demasiado bajo después del recocido intermedio.

En todos los ensayos se midió después del recocido intermedio el tamaño de partícula medio, es decir, el diámetro de grano medio. Para ello se extrajeron muestras de las bandas y se anodizaron pastas mecánicas desfibradas en sentido longitudinal de acuerdo con el método de Barker. Bajo el microscopio se midieron las muestras de acuerdo con la norma ASTM E1382 y el tamaño de grano medio se determinó mediante el diámetro de grano medio.

Después de la fabricación de las bandas se extrajeron muestras y parámetros mecánicos tales como el límite de fluencia $R_{p0,2}$, la resistencia a la tracción R_m , el alargamiento uniforme A_g , el alargamiento de rotura A_{80mm} así como la estricción de rotura Z de acuerdo con la norma EN 10002-1 o ISO 6892. Todos los valores están introducidos en la Tabla 3 junto al parámetro medio determinado o el diámetro de grano medio. Adicionalmente, Tabla 3 muestra también los valores de la pérdida de masa en un ensayo de corrosión de acuerdo con la norma ASTM G67 (NAMLT), en el que las muestras se sometieron previamente a una carga de temperatura simulada durante 17 h a 130 °C.

Tabla 2

ES 2 700 140 T3

N.º de ensayo	Tipo	Grado de reducción por laminación antes del último recocido intermedio [%]	Grado de reducción por laminación final [%]	Temperatura de recocido de ablandamiento [°C]	Espesor final a ₀ [mm]
1	Comp.	<u>58</u>	40	240	1,488
2	Comp.	25	50	240	1,700
3	Comp.	25	<u>20</u>	240	1,480
4	Inv.	24	31	240	1,324
5	Inv.	24	40	240	1,482
6	Comp.	<u>61</u>	40	240	1,489
7	Inv.	25	50	240	1,231
8	Inv.	24	60	240	0,773
9	Comp.	25	50	240	1,337
10	Inv.	43	60	240	1,398
11	Inv.	26	50	240	1,502
12	Inv.	26	60	240	1,211

A su vez, los parámetros mecánicos, que se encuentran fuera de los valores reivindicados para la banda de aleación de aluminio de acuerdo con la invención, están representados subrayados.

5

Tabla 3

N.º de ensayo	Tipo	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A _g [%]	A _{80mm} [%]	Z [%]	IK (17h / 130°C) [mg/cm ²]	Tamaño de grano después del recocido intermedio [µm]
1	Comp.	227	297	<u>10,6</u>	<u>11,5</u>	<u>49</u>	1,1	10
2	Comp.	244	331	14,6	16,1	<u>45</u>	4,1	15
3	Comp.	<u>159</u>	266	18,8	23,8	71	8,6	29
4	Inv.	191	291	15,1	18,1	59	6,8	31
5	Inv.	201	298	15,0	18,0	58	6,6	31
6	Comp.	210	304	15,7	18,6	52	<u>18,6</u>	<u>13</u>
7	Inv.	217	311	15,5	18,2	62	2,5	33
8	Inv.	211	307	16,2	18,4	56	5,8	31
9	Comp.	257	349	12,8	14,3	<u>39</u>	4,2	<u>13</u>
10	Inv.	238	342	16,6	19,2	56	12,6	21
11	Inv.	258	353	15,3	16,5	53	6,3	27
12	Inv.	270	359	15,6	17,8	55	5,6	27

Los ejemplos comparativos 1 y 2 muestran claramente la influencia de la composición de aleación sobre los resultados con respecto a la conformabilidad. En el ejemplo comparativo n.º 1, que presenta un contenido de Mn claramente elevado, por ejemplo el alargamiento uniforme A_g disminuye hasta el 10,6 %. También el contenido de Mg demasiado bajo del ejemplo comparativo n.º 1 contrarresta grandes valores de dilatación.

10

El ejemplo comparativo n.º 2 con un contenido de Cr elevado con un contenido de Mn ligeramente excesivo muestra por el contrario valores de estricción de rotura Z que se encuentran por debajo del 50 %, lo que puede atribuirse a un comportamiento de conformación empeorado. La estricción de rotura Z representa en concreto precisamente la propiedad del material de proporcionar, en el caso de grandes conformaciones a través de una reducción de sección transversal, material para la conformación sin rotura. Debido a los mayores contenidos de Mn o contenidos de Cr, el tamaño de grano medio de 10 o 15 µm no tiene ninguna influencia negativa sobre las propiedades de corrosión de estas muestras.

15

Si se compara el ejemplo comparativo n.º 3 con el ejemplo de realización de acuerdo con la invención n.º 4 queda claro que a través del ajuste del grado de reducción por laminación durante la laminación final después del recocido intermedio, puede ajustarse el límite de fluencia R_{p0,2}. Los ejemplos de realización n.º 4, 5 y 8 muestran que a través de grados de reducción por laminación finales después del recocido intermedio del 31 % al 60 %, puede elevarse el límite de fluencia R_{p0,2} hasta valores hasta 211 MPa, sin arrastrar pérdidas significativas en el intervalo de los parámetros importantes para la conformación tales como el alargamiento uniforme A_g o Z.

20

25

- 5 Si se acepta el ejemplo comparativo n.º 6, que presenta una aleación de aluminio idéntica a la de los Ejemplos 3, 4, 5 y 8, puede reconocerse muy claramente la influencia del ajuste de los diámetros de grano medios mediante limitación del grado de reducción por laminación durante la laminación en frío antes del último recocido intermedio. En el caso de un grado de reducción por laminación del 61 % durante la laminación en frío antes del último recocido intermedio, se genera mediante el recocido intermedio un grano relativamente fino con un diámetro medio o un tamaño de grano medio de 13 μm , que influye negativamente en las propiedades de corrosión. El ejemplo comparativo n.º 6 se clasifica como no resistente contra la corrosión intercrystalina.
- 10 Los ejemplos de realización de acuerdo con la invención muestran que el límite de fluencia $R_{p0,2}$ se aumentan hasta valores hasta 270 MPa mediante el uso de grados de reducción por laminación durante la laminación en frío final del 40 % al 60 %. En este caso, en particular el mayor contenido de Mg de hasta el 5,2 % en peso en el ejemplo de realización n.º 12 contribuye al aumento claro del límite de fluencia $R_{p0,2}$.
- 15 Una comparación de los ejemplos de realización de acuerdo con la invención n.º 9, 10 y 11 muestra que la resistencia a la corrosión depende fuertemente de la elección del grado de reducción por laminación antes del último recocido intermedio y con ello del diámetro de grano medio o del parámetro medio. En los ejemplos de realización n.º 10 y 11, el contenido de Mg es elevado con respecto al ejemplo de realización n.º 9, lo que podría llevar en principio a una resistencia a la corrosión peor frente a la corrosión intercrystalina. Sorprendentemente, la resistencia a la corrosión de estos ejemplos de realización es sin embargo claramente mejor con respecto al ejemplo n.º 9 dotado de un diámetro de grano menor y que presenta un contenido de Mg menor. En este caso queda claro que el modo de proceder preferido a través de las limitaciones de acuerdo con la invención del grado de laminación en frío antes del último recocido intermedio tiene una clara influencia sobre el producto final de la banda sometida a recocido de ablandamiento.
- 20
- 25 Como resultado, los ejemplos de realización de acuerdo con la invención muestran que puede proporcionarse una banda de aleación de aluminio que presenta valores de límite de fluencia, valores de dilatación y una resistencia a la corrosión contra la corrosión intercrystalina que es especialmente muy adecuada para el uso en componentes de vehículos altamente solicitados especialmente y debido al uso de una aleación de aluminio no endurecible puede fabricarse de manera económica.
- 30

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la fabricación de una banda o una chapa de aluminio a partir de una aleación de aluminio con los siguientes componentes de aleación en % en peso:

- 5
- 3,6 % ≤ Mg ≤ 6 %,
Si ≤ 0,4 %,
Fe ≤ 0,5 %,
Cu ≤ 0,15,
- 10
- 0,1 % ≤ Mn ≤ 0,4 %,
Cr < 0,05 %,
Zn ≤ 0,20 %,
Ti ≤ 0,20 %,

15 el resto Al e impurezas inevitables, individualmente como máximo el 0,05 %, en total como máximo el 0,15%, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:

- colar un lingote de laminación que se compone de la aleación de aluminio mencionada,
- homogeneizar el lingote de laminación a de 480 °C a 550 °C durante al menos 0,5 h,
- 20 - laminar en caliente el lingote de laminación a una temperatura de 280 °C a 500 °C para dar una banda laminada en caliente,
- laminar en frío la banda de aleación de aluminio después de laminar en caliente con un grado de reducción por laminación del 10 % al 45 % antes de un último recocido intermedio,
- llevar a cabo al menos un último recocido intermedio de la banda de aleación de aluminio laminada en frío a de 300 °C a 500 °C, de tal manera que la banda de aleación de aluminio laminada en frío presenta una estructura
- 25 recristalizada después del recocido intermedio,
- laminar en frío la banda de aleación de aluminio sometida a recocido intermedio con un grado de reducción por laminación del 30 % al 60% de espesor final y
- someter a recocido de ablandamiento la banda de aleación de aluminio en la bobina en un espesor final,
- 30 ascendiendo la temperatura de metal a 190 - 250 °C durante al menos 0,5 h.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el grado de reducción por laminación durante la laminación en frío antes del último recocido intermedio asciende a del 20 % al 30%.

35 3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** el grado de reducción por laminación durante la laminación en frío en un espesor final después del último recocido intermedio asciende a del 40 % al 60%.

40 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** la banda de aleación de aluminio se lamina en frío hasta un espesor final de 0,5 mm a 5,0 mm, preferentemente de 1,0 a 3,0 mm.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** la temperatura durante el recocido de ablandamiento asciende a de 220 a 240 °C.

45 6. Banda o chapa de aleación de aluminio laminada en frío y sometidas a recocido de ablandamiento, fabricadas con un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, que se componen de una aleación de aluminio con los siguientes componentes de aleación:

- 50
- 3,6 % ≤ Mg ≤ 6 %,
Si ≤ 0,4 %,
Fe ≤ 0,5 %,
Cu ≤ 0,15,
- 55
- 0,1 % ≤ Mn ≤ 0,4 %,
Cr < 0,05 %,
Zn ≤ 0,20 %,
Ti ≤ 0,20 %,

60 el resto Al e impurezas inevitables, individualmente como máximo el 0,05 %, en total como máximo el 0,15%, presentando la banda de aleación de aluminio un límite de fluencia $R_{p0,2}$ superior a 190 MPa, un alargamiento uniforme A_g de al menos el 14 %, una estricción de rotura Z superior al 50% así como en el ensayo de corrosión de acuerdo con la norma ASTM G67 después de un recocido de sensibilización previo durante 17 h a 130°C presenta una pérdida de masa inferior a 15 mg/cm².

7. Banda, o chapa, de aleación de aluminio según la reivindicación 6, **caracterizada por que** el contenido de Mg de la banda de aleación de aluminio asciende a del 4,2 % en peso al 6 % en peso, preferentemente del 4,2 % en peso al 5,2 % en peso.

ES 2 700 140 T3

8. Banda, o chapa, de aleación de aluminio según las reivindicaciones 6 o 7, **caracterizada por que** el contenido de Mn de la banda de aleación de aluminio asciende a del 0,1 % en peso al 0,3 % en peso.
- 5 9. Banda, o chapa, de aleación de aluminio según una de las reivindicaciones 6 a 8, **caracterizada por que** el contenido de Cr de la banda de aleación de aluminio asciende a menos del 0,01 % en peso.
- 10 10. Banda, o chapa, de aleación de aluminio según una de las reivindicaciones 6 a 9, **caracterizada por que** la banda de aleación de aluminio presenta una o varias de las siguientes limitaciones de los porcentajes de los componentes de aleación en % en peso:
- 10
- $\text{Si} \leq 0,2 \%$,
 $\text{Fe} \leq 0,35 \%$,
- 15 o
- $\text{Zn} \leq 0,01 \%$.
- 20 11. Banda, o chapa, de aleación de aluminio según las reivindicaciones 6 a 10, **caracterizada por que** la banda de aleación de aluminio presenta una o varias de las siguientes propiedades:
- 20
- un límite de fluencia $R_{p0,2}$ superior a 200 MPa,
un alargamiento uniforme A_g de al menos el 15 %,
una estricción de rotura Z de al menos el 55 % o en el ensayo de corrosión de acuerdo con la norma ASTM G67
25 después de un recocido de sensibilización previo durante 17 h a 130 °C presenta una pérdida de masa inferior a 10 mg/cm².
- 30 12. Banda, o chapa, de aleación de aluminio según una de las reivindicaciones 6 a 11, **caracterizada por que** la banda de aleación de aluminio presenta un espesor de 0,5 a 5,0 mm, preferentemente de 1,0 a 3,0 mm.
- 30 13. Uso de una banda o de una chapa de aleación de aluminio según una de las reivindicaciones 6 a 12 para la fabricación de piezas estructurales o componentes de chasis de un automóvil.

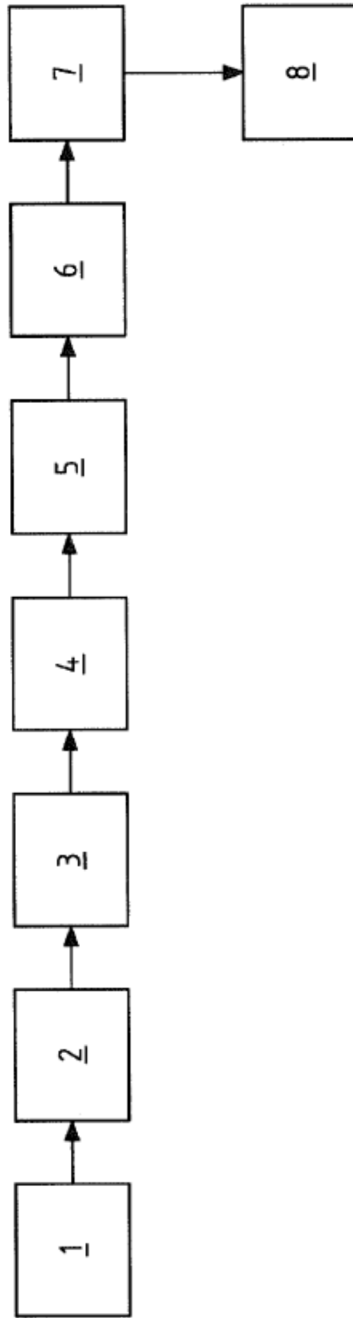


Fig.1

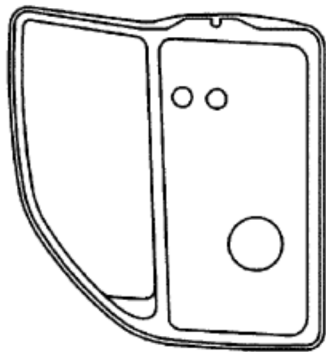


Fig.2b

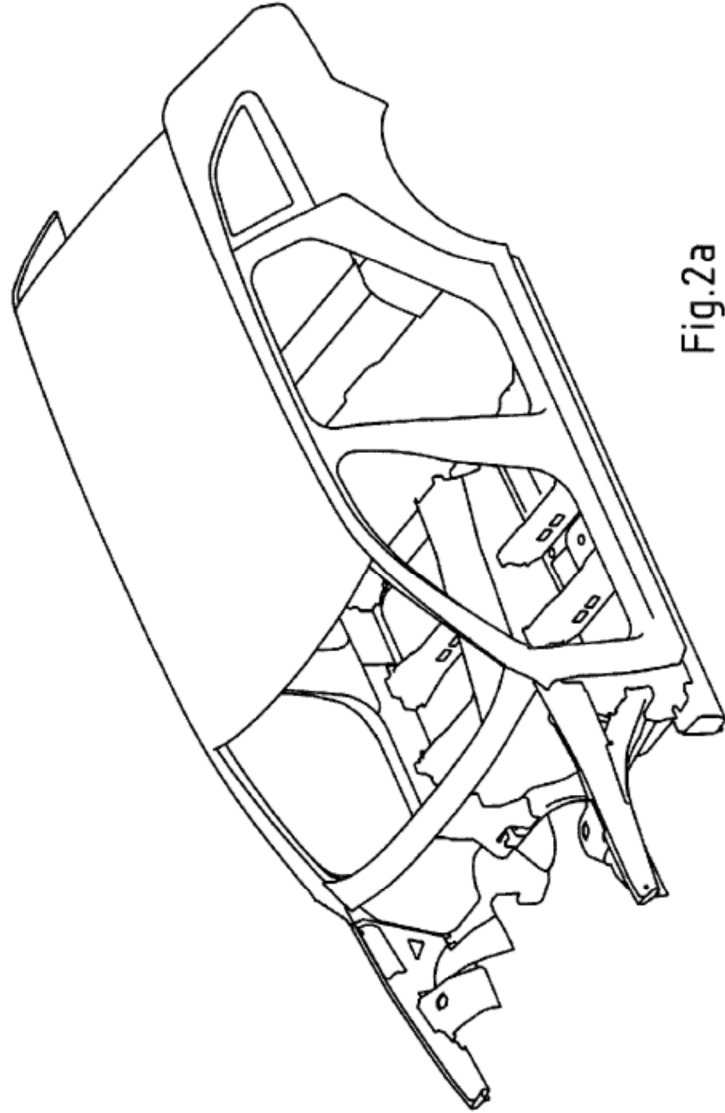


Fig.2a