

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 569 945**

51 Int. Cl.:

C22C 21/06 (2006.01)

C22F 1/047 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.08.2013 E 13756053 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.03.2016 EP 2888383**

54 Título: **Banda de AlMg estable frente a la corrosión intercrystalina y altamente conformable**

30 Prioridad:

22.08.2012 EP 12181356
11.07.2013 WO PCT/EP2013/064736

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.05.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

BRINKMAN, HENK-JAN;
ENGLER, OLAF y
HÖRSTER, NATALIE

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 569 945 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 estable frente a la corrosión intercrystalina y altamente conformable

5 La invención se refiere a una banda de aleación de aluminio laminada en frío que está compuesta de una aleación de aluminio AlMg así como a un procedimiento para su fabricación. Además se propondrán también aún correspondientes piezas de construcción fabricadas a partir de las bandas de aleación de aluminio.

10 Las aleaciones de aluminio y magnesio (AlMg) del tipo AA 5xxx se usan en forma de chapas o placas o bandas para la construcción de estructuras soldadas o ensambladas en la construcción naval, automovilística y aeronáutica. Éstas se caracterizan en particular por una alta resistencia, que aumenta con contenido en magnesio creciente. Las aleaciones de AlMg del tipo AA 5xxx con contenidos en Mg superiores al 3 %, en particular superiores al 4 %, tienden de manera creciente a la corrosión intercrystalina, cuando éstas están sometidas a elevadas temperaturas. A temperaturas de 70 - 200 °C se depositan fases de β -Al₅Mg₃ a lo largo de los límites de grano, que se designan como partículas β y en presencia de un medio corrosivo pueden disgregarse de manera selectiva. Esto tiene como consecuencia que en particular no se use la aleación de aluminio del tipo AA 5182 (Al 4,5 % Mg 0,4 % Mn), que presenta muy buenas propiedades de resistencia así como una muy buena conformabilidad, en áreas con carga térmica, siempre que deba contarse con la presencia de un medio corrosivo, por ejemplo agua en forma de humedad. Esto se refiere en particular a las piezas de construcción de un automóvil, que se someten habitualmente a un lacado por inmersión catódica (KTL) y a continuación se secan en un proceso de secado al horno, dado que ya mediante este proceso de secado al horno puede producirse en caso de bandas de aleación de aluminio habituales una sensibilización con respecto a la corrosión intercrystalina. Además, para el uso en el sector del automóvil debe considerarse la conformación en la fabricación de una pieza de construcción así como la posterior carga de funcionamiento de la pieza de construcción.

25 La propensión a la corrosión intercrystalina se somete a prueba habitualmente en un ensayo estándar (ensayo NAMLT) de acuerdo con la norma ASTM G67, en el que las muestras se exponen a un ácido nítrico y se mide la pérdida de masa debido a la corrosión intercrystalina. De acuerdo con la norma ASTM G67 asciende la pérdida de masa en caso de materiales que no son resistentes a la corrosión intercrystalina, a más de 15 mg/cm².

30 Las chapas para el sector del automóvil requieren, tal como por ejemplo en caso de piezas internas de puertas, una muy buena conformabilidad. Los requerimientos se determinan a este respecto esencialmente por la rigidez de la respectiva pieza de construcción, donde la resistencia del material desempeña sólo un papel secundario. Las piezas de construcción recorren con frecuencia procesos de conformación de varias etapas, tal como por ejemplo piezas internas de puertas con zonas de bastidor de ventana integradas.

35 Así, además de las propiedades de corrosión también la conformabilidad de la aleación de aluminio AlMg tiene una alta influencia sobre las posibilidades de uso de estos materiales. Por ejemplo, los materiales conocidos hasta ahora han conducido a que las paredes laterales de un automóvil no pudieran embutirse a profundidad a partir de una única chapa, lo que hacía necesario no sólo una nueva construcción de la pared lateral, sino también etapas de procedimiento adicionales para la facilitación de la pieza de pared lateral de un vehículo.

40 El comportamiento de conformación puede medirse por ejemplo en el ensayo de estirado en combinación mediante una prueba de embutición según Erichsen (norma DIN EN ISO 20482), en la que una probeta se presiona contra la chapa, de modo que se produce una conformación en frío. Durante la conformación en frío se mide la fuerza así como la trayectoria del punzón de la probeta hasta que se produce una reducción de la carga, que tiene como origen la formación de una grieta. Las mediciones de estirado en combinación SZ32 mencionadas en la solicitud se realizaron con un diámetro de cabeza de punzón de 32 mm y un diámetro de matriz de 35,4 mm con ayuda de una lámina de embutición de teflón para la reducción del rozamiento. Otras mediciones de la capacidad de embutición profunda se realizaron mediante el denominado ensayo de embutición de deformación plana, *plane-strain*, con una geometría de Nakajima según la norma DIN EN ISO 12004 con un diámetro de punzón de 100 mm. Para ello se someten muestras con una geometría específica a pruebas de embutición hasta la producción de grietas, entonces se consulta la profundidad en la rotura incipiente como medida para la conformabilidad del material.

55 Por el documento JP 2011-052290 A se conoce una banda de aleación de aluminio para cubiertas de latas, que a pesar de su bajo espesor debe poder cargarse a ser posible. A este respecto, la banda presenta una estructura recristalizada.

60 Además se conoce por el documento EP 2 302 087 A1 una pieza de chasis compuesta de un material compuesto de aluminio, que presenta como capas exteriores capas de aleación de aluminio. Debido a las partes constituyentes de la aleación usadas a este respecto se caracteriza el material compuesto de Al por excelentes valores de resistencia con una alta estabilidad frente a la corrosión con peso reducido.

65 Las soluciones de material compuesto constituidas por aleaciones de aluminio AA5xxx con alto contenido en Mg con capas de aleación de aluminio externas protectoras frente a la corrosión tienen sin embargo el inconveniente de que la fabricación es costosa y además en sitios de unión, en los que el material compuesto de aluminio está unido con

otras piezas, por ejemplo en bordes, orificios y perforaciones se da adicionalmente un elevado riesgo de corrosión.

Por tanto, la presente invención se ocupa de materiales de aluminio de una sola capa. Partiendo de esto, la presente invención se basa en el objetivo de poner a disposición una banda de aleación de aluminio de una sola capa, que presente una estabilidad suficiente frente a la corrosión intercrystalina y sin embargo pueda conformarse muy bien, de modo que puedan facilitarse también piezas de embutición profunda de gran superficie, por ejemplo piezas internas de puertas de vehículos con suficiente resistencia. Además debe indicarse un procedimiento, con el que pueden fabricarse bandas de aleación de aluminio de una sola capa.

- 5
- 10 Finalmente deben indicarse piezas de construcción fabricadas a partir de las bandas de aleación de aluminio de acuerdo con la invención.

De acuerdo con una primera enseñanza de la presente invención se consigue el objetivo mostrado mediante una banda de aleación de aluminio laminada en frío que está compuesta de una aleación de aluminio AlMg, en la que la aleación de aluminio presenta las siguientes partes constituyentes de aleación:

- 15

	Si	≤	0,2 % en peso,
	Fe	≤	0,35 % en peso,
	Cu	≤	0,15 % en peso,
0,2 % en peso	≤	Mn	≤ 0,35 % en peso,
4,1 % en peso	≤	Mg	≤ 4,5 % en peso,
	Cr	≤	0,1 % en peso,
	Zn	≤	0,25 % en peso,
	Ti	≤	0,1 % en peso,

resto Al e impurezas inevitables individualmente como máximo del 0,05 % en peso, en total como máximo del 0,15 % en peso, en la que la banda de aleación de aluminio presenta una estructura recristalizada, el tamaño de grano promedio de la estructura asciende a entre 15 μm y 30 μm, preferentemente entre 15 μm y 25 μm y el recocido blando final de la banda de aleación de aluminio se ha realizado en un horno de paso continuo.

- 20

Ha resultado que dentro de la especificación de la aleación de aluminio del tipo AA5182 hay un intervalo de aleación especificado, estrechamente limitado, que por un lado presenta una estabilidad suficiente frente a la corrosión intercrystalina y al mismo tiempo considerando determinadas condiciones secundarias, tal como por ejemplo el tamaño de grano promedio y el tipo de recocido blando final, presenta también un excelente comportamiento de conformación. En particular la combinación del tamaño de grano promedio con las partes constituyentes de aleación reivindicadas de la aleación de aluminio de la banda de aleación de aluminio permite conseguir grados de conformación que posibilitan con resistencia suficiente la fabricación de piezas de chapa de aluminio configuradas con gran superficie, embutidas profundamente. En particular se ha mostrado que el uso de un horno de paso continuo en lugar de un recocido en bobina realizado habitualmente en un horno de cámara eleva otra vez la conformabilidad significativamente.

- 25
- 30

De acuerdo con una primera configuración de la banda de aleación de aluminio, la aleación de aluminio presenta adicionalmente una o varias de las siguientes limitaciones de los contenidos en partes constituyentes de aleación:

- 35

0,03 % en peso	Si	≤	0,10 % en peso,
	Cu	≤	0,1%, preferentemente 0,04 % ≤ Cu ≤ 0,08 %
	Cr	≤	0,05 % en peso,
	Zn	≤	0,05 % en peso,
0,01 % en peso	≤	Ti	≤ 0,05 % en peso.

El contenido de aleación limitado para cobre hasta como máximo el 0,1 % en peso conduce a una mejora de la estabilidad frente a la corrosión de la banda de aleación de aluminio. Con un contenido en Cu del 0,04 % en peso al 0,08 % en peso se consigue que el cobre participe en un aumento de la resistencia, sin embargo no obstante la estabilidad frente a la corrosión no disminuye muy fuertemente. Contenidos más altos en silicio, cromo, cinc y titanio de los valores indicados conducen a una peor conformabilidad de la aleación de aluminio. La proporción de silicio existente en la aleación del 0,03 % al 0,1 % en peso conduce en combinación con las proporciones de hierro y de manganeso en las cantidades indicadas en particular a partículas compactas, distribuidas de manera relativamente uniforme de las fase cuaternaria α-Al(Fe,Mn)Si, que aumentan la resistencia de la aleación de aluminio, sin influir negativamente en otras propiedades tales como la conformabilidad o el comportamiento frente a la corrosión.

- 40
- 45

El titanio se añade habitualmente durante la colada continua de la aleación de aluminio como agente de finamiento del grano por ejemplo en forma de barras o hilos de boruro de Ti. Por tanto, la aleación de aluminio presenta en otra forma de realización un contenido en Ti de al menos el 0,01 % en peso.

- 50

Otra mejora del comportamiento frente a la corrosión y de la conformabilidad de la banda de aleación de aluminio puede conseguirse debido a que la aleación de aluminio presenta adicionalmente una o varias de las siguientes

limitaciones de los contenidos en partes constituyentes de aleación:

$$\begin{aligned} \text{Cr} &\leq 0,02 \% \text{ en peso,} \\ \text{Zn} &\leq 0,02 \% \text{ en peso.} \end{aligned}$$

5 Ha resultado que el cromo, en contenidos por debajo del umbral de impureza del 0,05 % en peso influye claramente en la conformabilidad de la banda de aleación de aluminio y con ello puede estar contenido en proporciones lo más bajas posibles en la aleación de aluminio de la banda de aleación de aluminio de acuerdo con la invención. El contenido en cinc se ajusta por debajo del umbral de impureza del 0,05 % en peso para no empeorar el comportamiento frente a la corrosión general de la banda de aleación de aluminio.

10 Además ha resultado que hierro, por debajo de los valores autorizados de acuerdo con la aleación de aluminio del tipo AA5182, en unión con los contenidos en silicio y manganeso, tal como se han descrito anteriormente, presenta un efecto sobre la conformabilidad. El hierro contribuye en combinación con el silicio y el manganeso a la estabilidad frente a la temperatura de la banda de aleación de aluminio, de modo que preferentemente el contenido en Fe de la banda de aleación de aluminio asciende de acuerdo con una siguiente configuración a del 0,1 % en peso al 0,25 %
15 en peso o a del 0,10 % en peso al 0,20 % en peso.

Lo mismo se aplica también para el contenido en Mn de acuerdo con otra configuración de la banda de aleación de aluminio, que debía limitarse preferentemente a del 0,20 % en peso al 0,30 % en peso para conseguir una conformabilidad óptima de la banda de aleación de aluminio.

20 Un acuerdo especialmente bueno entre la facilitación de altas resistencias, buena estabilidad frente a la corrosión frente a la corrosión intercrystalina así como propiedades de conformación mejoradas puede conseguirse de acuerdo con otra configuración de la banda de aleación de aluminio con un contenido en Mg del 4,2 % en peso al 4,4 % en peso.

25 Para facilitar las resistencias necesarias para los campos de aplicación, la banda de aleación de aluminio presenta de acuerdo con una siguiente forma de realización un espesor de 0,5 mm a 4 mm. Preferentemente asciende el espesor a de 1 mm a 2,5 mm, dado que en este intervalo se encuentra la mayoría de los campos de aplicación de la banda de aleación de aluminio.

30 Finalmente se posibilitan en particular campos de aplicación en el sector del automóvil para la banda de aleación de aluminio de acuerdo con la invención debido a que la banda de aleación de aluminio en el estado blando presenta un límite de elasticidad $R_{p0,2}$ de al menos 110 MPa y una resistencia a la tracción R_m de al menos 255 MPa. Ha resultado que en particular bandas de aleación de aluminio con correspondientes límites de estiramiento y
35 resistencias a la tracción son especialmente muy adecuadas para la aplicación en el sector del automóvil.

De acuerdo con una segunda enseñanza de la presente invención se soluciona el objetivo mostrado anteriormente mediante un procedimiento para la fabricación de una banda de aleación de aluminio de manera correspondiente a los ejemplos de realización anteriormente descritos debido a que el procedimiento comprende las siguientes etapas de procedimiento:

- colar un lingote laminado, preferentemente en la colada continua DC,
- homogeneizar el lingote laminado a 480 °C - 550 °C durante al menos 0,5 h,
- laminar en caliente el lingote laminado a una temperatura de 280 °C a 500 °C,
- 45 - laminar en frío la banda de aleación de aluminio en espesor final con un grado de laminación del 40 % al 70 % o del 50 % al 60 % y
- recocer blando la banda de aleación de aluminio recién laminada a 300 °C - 500 °C en un horno de paso continuo.

50 Ha resultado que con los parámetros indicados en unión con las partes constituyentes de la aleación de aluminio mencionadas puede fabricarse una banda de aleación de aluminio con tamaños de grano promedio de 15 μm - 30 μm , que presenta estabilidad suficiente frente a la corrosión intercrystalina, facilita resistencias suficientes y además tiene muy buenas propiedades de conformación, de modo que pueden fabricarse piezas de chapa de gran superficie, embutidas a profundidad. La homogeneización del lingote laminado proporciona una estructura homogénea y una distribución homogénea de las partes constituyentes de aleación en el lingote laminado
55 en caliente que va a laminarse. La laminación en caliente a temperaturas de 280 °C - 500 °C permite una recristalización continua durante la laminación en caliente, realizándose la laminación en caliente habitualmente hasta obtener un espesor de 2,8 mm - 8 mm. La etapa de laminación en frío final está limitada a un grado de laminación del 40 % al 70 % o del 50 % al 60 %, para proporcionar en ambos casos durante el recocido blando una
60 recristalización continua de la banda de aleación de aluminio. Cuanto mayor es el grado de laminación de la banda de aleación de aluminio, más bajo se vuelven los tamaños de grano promedio, habiendo resultado que por encima de un grado de laminación del 70 % en el recocido blando final puede producirse un tamaño de grano promedio demasiado bajo. Por debajo de un grado de laminación del 40 % se vuelven en el recocido blando los tamaños de grano promedio de nuevo demasiado grandes, de modo que si bien aumenta la estabilidad frente a la corrosión

intercristalina, sin embargo se reduce la conformabilidad. El recocido blando de la banda de aleación de aluminio recién laminada tiene lugar en un horno de paso continuo que presenta habitualmente velocidades de calentamiento de 1-10 °C/s y con ello a diferencia de los hornos de cámara, en los que se calienta toda una bobina, debido al rápido calentamiento tiene una clara influencia sobre las propiedades posteriores de la estructura de la banda de aleación de aluminio. Pudo determinarse en particular que en un recocido blando en un horno de paso continuo se consigue una conformabilidad mejorada de la banda en comparación con variantes recocidas en un horno de cámara.

Como alternativa, de acuerdo con otra forma de realización del procedimiento, puede fabricarse la banda de aleación de aluminio también con un recocido intermedio. De acuerdo con esta variante alternativa se realizan tras la laminación en caliente como alternativa las siguientes etapas de procedimiento:

- laminar en frío la banda de aleación de aluminio laminada en caliente hasta obtener un espesor intermedio, que se determina de manera que el grado de laminación en frío final en espesor final asciende a del 40 % al 70 % o del 50 % al 60 %
- recocer de manera intermedia la banda de aleación de aluminio a de 300 °C a 500 °C,
- laminar en frío la banda de aleación de aluminio en espesor final con un grado de laminación del 40 % al 70 % o del 50 % al 60 %,
- recocer blando la banda de aleación de aluminio recién laminada a de 300 °C a 500 °C en un horno de paso continuo

El recocido intermedio de la banda de aleación de aluminio puede realizarse tanto en un horno de cámara como en un horno de paso continuo. No pudo determinarse una influencia sobre la conformabilidad. Es decisivo qué grado de laminación se obtiene durante la laminación en frío en espesor final y si el recocido blando de la banda tiene lugar en un horno de paso continuo.

Mediante esto se determinan, independientemente del tipo de recocido intermedio, la conformabilidad y la estabilidad frente a la corrosión en unión con la composición de aleación.

Para impedir otra modificación del estado de la estructura en el estado enrollado tras el recocido blando, se enfría la banda de aleación de aluminio de acuerdo con otra configuración del procedimiento tras el recocido blando hasta una temperatura de como máximo 100 °C, preferentemente hasta como máximo 70 °C y a continuación se enrolla.

Tal como se ha expuesto ya anteriormente puede realizarse el recocido intermedio de acuerdo con otra configuración del procedimiento en un horno discontinuo o en un horno de paso continuo.

Si la banda de aleación de aluminio se lamina en frío hasta obtener un espesor final de 0,5 mm - 4 mm, preferentemente hasta obtener un espesor final de 1 mm - 2,5 mm, están a disposición de los campos de aplicación típicos en particular en la construcción de vehículos chapas que pueden conformarse muy bien, que pueden embutirse a profundidad ampliamente y al mismo tiempo facilitan altas resistencias unidas con estabilidad frente a la corrosión suficiente frente a la corrosión intercristalina.

Preferentemente se realiza el recocido blando en un horno de paso continuo a una temperatura de metal de 350 °C - 550 °C, preferentemente a de 400 °C - 450 °C durante 10 s - 5 min, preferentemente 20 s - 1 min. Mediante esto se consigue que la banda fría se recristalice suficientemente y se consigan las correspondientes propiedades en relación a la conformabilidad muy buena y el tamaño de grano promedio con alta seguridad de procedimiento y rentabilidad.

Finalmente se soluciona el objetivo mostrado anteriormente mediante una pieza de construcción para un vehículo, que está compuesta de la banda de aleación de aluminio de acuerdo con la invención. Las piezas de construcción se caracterizan por que éstas, tal como se ha expuesto ya, pueden embutirse a profundidad ampliamente y así pueden ponerse a disposición por ejemplo piezas de construcción de gran superficie para la construcción de vehículos. Además presentan éstas debido a las resistencias facilitadas también la necesaria rigidez así como la estabilidad frente a la corrosión, que son necesarias para el uso en la construcción de vehículos.

Es concebible por ejemplo que la pieza de construcción sea, de acuerdo con otra configuración, una pieza de construcción de carrocería o una pieza de construcción adosada de carrocería de un vehículo, que además de altos requerimientos de resistencia está cargada también con temperatura. Preferentemente se fabrican las "piezas de carrocería en blanco, *body-in-white*", por ejemplo un pieza interna de puerta o una pieza interna del portón trasero, a partir de la banda de aleación de aluminio de acuerdo con la invención.

A continuación se explicará de manera más detallada la invención por medio de los ejemplos de realización en unión con el dibujo. El dibujo muestra en

la figura 1 un diagrama de flujo esquemático de un ejemplo de realización del procedimiento de preparación de la banda de aleación de aluminio,

- la figura 2a en una vista superior la geometría de la muestra para la medición de embutición de deformación plana, *plane-strain*, de acuerdo con la norma DIN EN ISO 12004,
- 5 la figura 2b en una vista en corte la estructura de ensayo esquemática de la medición de embutición de deformación plana, *plane-strain*, de acuerdo con la norma DIN EN ISO 12004,
- la figura 3 en una vista en corte la disposición de ensayo para la medición de embutición SZ32 en el ensayo de embutición de Erichsen según la norma DIN EN ISO 20482 y
- 10 la figura 4 un ejemplo de realización típico de una pieza de chapa embutida a profundidad, de gran superficie de acuerdo con la presente invención.

La figura 1 muestra el desarrollo de ejemplos de realización para la fabricación de bandas de aluminio. El diagrama de flujo de la figura 1 muestra esquemáticamente las distintas etapas de procedimiento del proceso de fabricación de la banda de aleación de aluminio de acuerdo con la invención.

En la etapa 1 se funde un lingote laminado de una aleación de aluminio AlMg con las siguientes partes constituyentes de aleación, por ejemplo en la colada continua DC:

	Si	≤	0,2 % en peso,
	Fe	≤	0,35 % en peso,
	Cu	≤	0,15 % en peso,
0,2 % en peso	≤	Mn	≤ 0,35 % en peso,
4,1 % en peso	≤	Mg	≤ 4,5 % en peso,
	Cr	≤	0,1 % en peso,
	Zn	≤	0,25 % en peso,
	Ti	≤	0,1 % en peso,

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

A continuación se somete el lingote laminado en la etapa de procedimiento 2 a una homogeneización, que puede realizarse en una o varias etapas. En una homogeneización se consiguen temperaturas del lingote laminado de 480 °C a 550 °C durante al menos 0,5 h. En la etapa de procedimiento 3 se lamina en caliente entonces el lingote laminado, consiguiéndose temperaturas típicas de 280 °C a 500 °C. Los espesores finales de la banda caliente ascienden por ejemplo a de 2,8 a 8 mm. El espesor final de la banda caliente puede seleccionarse de modo que tras la laminación en caliente se realiza únicamente una etapa de laminación en frío 4, en la que la banda caliente con un grado de laminación del 40 % al 70 %, preferentemente del 50 % al 60 % se reduce en su espesor hasta obtener el espesor final.

A continuación se somete la banda de aleación de aluminio laminada en frío en espesor final a un recocido blando. El recocido blando se realiza de acuerdo con la invención en un horno de paso continuo. En los ejemplos de realización representados en la tabla 1 se usó la segunda vía con un recocido intermedio. Para ello se alimentó la banda caliente tras la laminación en caliente de acuerdo con la etapa de procedimiento 3 a una laminación en frío 4a, que lamina en frío la banda de aleación de aluminio hasta obtener un espesor intermedio, que se determina de manera que el grado de laminación en frío final en espesor final ascienda a del 40 % al 70 % o del 50 % al 60 %. En caso de un recocido intermedio siguiente se recristaliza preferentemente de manera continua la banda de aleación de aluminio. El recocido intermedio se realizó en los ejemplos de realización o bien en un horno de paso continuo a de 400 °C a 450 °C o en un horno de cámara a de 330 °C a 380 °C.

El recocido intermedio está representado en la figura 1 con la etapa de procedimiento 4b. En la etapa de procedimiento 4c de acuerdo con la figura 1 se alimenta la banda de aleación de aluminio recocida de manera intermedia finalmente a una laminación en frío en espesor final, ascendiendo el grado de laminación en la etapa de procedimiento 4c a entre el 40 % y el 70 %, preferentemente a entre el 50 % y el 60 %. A continuación se transfiere la banda de aleación de aluminio de nuevo al estado blando mediante un recocido blando, realizándose el recocido blando de acuerdo con la invención en el horno de paso continuo a de 400 °C a 450 °C. Los recocidos de los ejemplos comparativos en la tabla 4 se realizaron en un horno de cámara (KO) a de 330 °C a 380 °C. En los distintos ensayos se ajustaron además de las distintas aleaciones de aluminio también distintos grados de laminación tras el recocido intermedio. Los valores para el grado de laminación tras el recocido intermedio están indicados igualmente en la tabla 1 y 4. Además se determinó el diámetro de grano promedio de la banda de aleación de aluminio recocida blando. Para ello se anodizaron cortes longitudinales de acuerdo con el método de Barker y a continuación se midieron en un microscopio de acuerdo con la norma ASTM E1382 y se determinó el tamaño de grano promedio mediante el diámetro de grano promedio.

En las bandas de aleación de aluminio fabricadas de manera correspondiente se determinaron parámetros mecánicos, en particular el límite de elasticidad $R_{p0,2}$, resistencia a la tracción R_m , el alargamiento uniforme A_g y el

alargamiento A_{80mm} , tabla 2, 5. Junto a los parámetros mecánicos medidos de acuerdo con la norma EN 10002-1 o ISO 6892 de las bandas de aleación de aluminio están indicados además los tamaños de grano promedio según la norma ASTM E1382 en μm . Además se midió la estabilidad frente a la corrosión frente a la corrosión intercrystalina de acuerdo con la norma ASTM G67, y concretamente sin tratamiento de calor adicional en el estado de partida (partida 0 h). Para simular el uso en el vehículo, se sometieron las bandas de aleación de aluminio antes del ensayo de corrosión además a distintos tratamientos térmicos. Un primer tratamiento térmico estaba constituido por un almacenamiento de las bandas de aluminio durante 20 minutos a 185 °C, para reproducir el ciclo KTL (lacado por inmersión catódico).

En otra serie de medición se almacenaron las bandas de aleación de aluminio adicionalmente durante 200 horas o 500 horas a 80 °C y a continuación se sometieron al ensayo de corrosión. Dado que las conformaciones de las bandas o las chapas de aleación de aluminio pueden influir adicionalmente en la estabilidad frente a la corrosión, se estiraron las bandas de aleación de aluminio en otro ensayo en aproximadamente el 15 %, se sometieron a un tratamiento térmico o a un almacenamiento a temperatura elevada y entonces se sometieron a un ensayo para determinar la corrosión intercrystalina de acuerdo con la norma ASTM G67, en el que se midió la pérdida de masa.

En la tabla 1 están indicados los contenidos de aleación de en total cuatro aleaciones de aluminio distintas, que se encuentran dentro de la especificación de la aleación de aluminio del tipo AA5182. La aleación de referencia representa el material usado hasta ahora y está mencionado en comparación con las variantes 1, 2 y 3. Adicionalmente se encuentra en la tabla 1 una indicación sobre el tipo de recocido final, el grado de laminación final y el tamaño de grano promedio medido (diámetro de grano) en μm . Las variantes 1 y 2 se diferencian a este respecto únicamente en el grado de laminación final, que conduce a la formación de otro tamaño de grano. Así se diferencia la variante 2 de la variante 1, al margen de las partes constituyentes de aleación casi idénticas, esencialmente por un grado de laminación final del 57 % en idénticas condiciones de horno de paso continuo de la banda. El resultado fue que la variante 2 presentaba un tamaño de grano promedio de 18 μm en comparación con 33 μm de la variante 1. Las bandas en la tabla 1 se llevaron en el horno de paso continuo de la banda durante 20 s - 1 min hasta una temperatura de 400 °C - 450 °C, finalmente se enfriaron y se enrollaron con menos de 100 °C. Las muestras extraídas se midieron entonces tal como se indica en la tabla 2 de acuerdo con las correspondientes normas DIN EN ISO.

Por medio de la tabla 2 se manifiesta que la variante 1 en relación con el límite de elasticidad no alcanza con seguridad el valor de 110 MPa y en la medición diagonal, caracterizada con el símbolo D, presenta un valor por debajo de 110 MPa. La medición en la dirección de laminación L y transversalmente a la dirección de laminación Q mostraron por el contrario que la variante 1 alcanzaba justamente un límite de elasticidad $R_{p0,2}$ de 110 MPa. La referencia así como las variantes 2 y 3 se encontraban claramente por encima de este valor límite inferior para el límite de elasticidad. El ejemplo de realización de acuerdo con la invención variante 2 alcanzaba con seguridad valores de límite de elasticidad de al menos 110 MPa en todas las direcciones de tracción. Claramente ha de distinguirse que la variante 3 con el contenido en Mg más alto del 4,95 % en peso alcanza los valores más altos de límite de elasticidad y de resistencia a la tracción. Además ha de distinguirse que el distinto grado de laminación entre las variantes 1 y 2 no sólo influye claramente al tamaño de grano, sino que en particular eleva el límite de elasticidad hasta un valor claramente superior a 110 MPa.

En particular presenta la aleación de acuerdo con la invención variante 2 una anisotropía más baja en comparación con la referencia, que se refleja en valores bajos de la anisotropía planar Δr . A este respecto se define la anisotropía planar Δr como $\frac{1}{2} \cdot (r_L + r_Q - 2r_D)$, donde r_L , r_Q y r_D corresponden a los valores r en dirección longitudinal, transversal o diagonal. A este respecto no se diferencia esencialmente el valor r promedio \bar{r} , calculado a partir de $\frac{1}{4} \cdot (r_L + r_Q + 2r_D)$, del valor r del material de referencia.

En la tabla 3 están representados ahora los valores de medición, que se registraron en relación a la estabilidad frente a la corrosión intercrystalina. Se mostró que la variante 2 de acuerdo con la invención en comparación con los valores de medición de la referencia presenta en particular en relación a la carga a largo plazo valores comparables tanto en el estado estirado como en el estado no estirado. En este caso son la variante 2 y la referencia casi idénticas. La variante 3, que si bien presenta los mayores valores de límite de elasticidad y valores de resistencia a la tracción, mostró en el ensayo de corrosión sin embargo que el contenido en Mg demasiado grande tiene como consecuencia una pérdida de masa demasiado grande en particular en el ensayo a largo plazo, que además de un ciclo de temperatura corto de 20 min a 185 °C ha recorrido adicionalmente una carga a largo plazo de 200 h a 80 °C.

En relación a los valores de medición en la tabla 3 con respecto a la conformabilidad se mostró que en particular la variante 2 en las propiedades de estirado en combinación en el ensayo de embutición SZ32 así como en el ensayo de embutición de deformación plana, *plane-strain*, era superior a la aleación de referencia. El comportamiento de conformación claramente mejorado de la banda de aleación de aluminio de acuerdo con la variante 2 en comparación con la banda de aleación de aluminio de referencia muestra que incluso con contenido en Mg reducido pueden conseguirse valores de límite de elasticidad y valores de resistencia a la tracción equivalentes con la aleación de referencia, sin grandes pérdidas en relación a la estabilidad frente a la corrosión intercrystalina. Esto mostró en particular la medición de pérdida de masa realizada de acuerdo con la norma ASTM G67 en el ensayo

NAML. Significativamente pudo determinarse con la variante 2 una mejora del comportamiento de embutición profunda en el ensayo de embutición según Erichsen en un 7 % así como en el ensayo de embutición de deformación plana, *plane-strain*, en aproximadamente un 10 %, que muestra el potencial de conformación adicional de las bandas de aleación de aluminio de acuerdo con la invención. Este potencial de conformación adicional puede usarse para fabricar piezas moldeadas de chapa embutidas a profundidad, de gran superficie, por ejemplo piezas interiores de puertas de un automóvil.

A continuación se explicará brevemente la disposición de ensayo para el ensayo “embutición SZ32” según la norma DIN EN ISO 20482 así como el ensayo de embutición de deformación plana, *plane-strain*, de acuerdo con la geometría de Nakajima según la norma DIN EN ISO 12004.

En la figura 2a está representada la geometría de la muestra 1. A partir de un corte de chapa circular se corta la muestra entallada 1 de manera que el alma 4 tiene una anchura de 100 mm y los radios 2 en las entalladuras ascienden a 20 mm. Con la medida 3, que asciende a 100 mm, está representado el diámetro del punzón. La figura 2b muestra ahora la muestra 1 fijada entre dos pisadores 5, 6. La muestra 1, que se colocó sobre un alojamiento 8 y a través de los pisadores 5, 6 se presionó contra el soporte, se ha estirado con un punzón 7, que presenta una punta en forma de semiesfera con un radio de 100 mm, en dirección de la flecha. Los pisadores tienen adicionalmente radios de entrada de 5 o 10 mm en su lado que se dirige al soporte 8. La fuerza con la que se realiza el ensayo de embutición, se mide durante la conformación y una reducción de la carga repentina, que señala la formación de una grieta, conduce a la medición de la correspondiente profundidad del punzón de embutir.

Una estructura similar muestra el ensayo de embutición “embutición SZ32” según Erichsen, no usándose sin embargo ninguna muestra entallada. En este caso se sujeta únicamente una muestra 9 entre un pisador 10 y un alojamiento 11 y se estira con un punzón 12, hasta que puede medirse igualmente una reducción de la carga en la fuerza de estiraje. A continuación se mide de nuevo la posición correspondiente del punzón. La abertura de la matriz en la figura 3 ascendía a 35,4 mm, el diámetro de la cabeza del punzón a 32 mm, es decir el radio del punzón ascendía a 16 mm. Adicionalmente se usó una lámina de embutición de teflón para reducir el rozamiento en el ensayo de embutición SZ32.

En las tablas 4 y 5 se prepararon ahora otros ejemplos de realización y ejemplos comparativos y se midieron en relación a sus propiedades mecánicas así como en relación a la estabilidad frente a la corrosión intercrystalina. Se mostró que la combinación del uso del horno de paso continuo en unión con un tamaño de grano seleccionado de manera específica de 15 μm - 30 μm , preferentemente de 15 μm - 25 μm conduce a un buen compromiso entre la estabilidad frente a la corrosión y los valores de medición mecánicos. Así, por ejemplo, los ejemplos de realización de acuerdo con la invención n.º 3, 4, 7 y 11 están provistos de una estabilidad suficiente frente a la corrosión intercrystalina y presentan además los valores de medición mecánicos $R_{p0,2}$ y R_m necesarios para el uso en el sector del automóvil, de modo que éstos son adecuados de manera ideal para la facilitación de piezas de construcción embutidas a profundidad, de gran superficie.

En la figura 4 está representada por ejemplo una correspondiente pieza “*body-in-white*” en forma de una pieza interna de puerta, que puede fabricarse usando la banda de aleación de aluminio de la presente invención a partir de una única chapa embutida a profundidad. El espesor de chapa asciende a este respecto preferentemente a 1,0 - 2,5 mm. Además son concebibles otras piezas de un vehículo en el modo de construcción de cuenco de chapa, tal como las piezas internas del portón trasero, capó, así como piezas de construcción en la estructura del vehículo, que tienen altos requerimientos de conformabilidad y de corrosión intercrystalina.

Tabla 1

Material [% en peso]	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Impurezas	Recocido final	Grado de laminación final (laminación en frío) %	tamaño de grano [μm]
mín.				0,20	4,0				individualmente como máximo 0,05 en total como máximo 0,15			
AA5182 máx.	0,20	0,35	0,15	0,50	5,0	0,10	0,25	0,10				
Referencia	0,07	0,24	0,036	0,3	4,57	0,005	0,007	0,016	0,05 0,15	BDLO	46	15
Var. 1	0,06	0,16	0,004	0,27	4,37	0,008	0,002	0,013	0,05 0,15	BDLO	21	33
Var. 2	0,06	0,16	0,004	0,27	4,38	0,008	0,003	0,013	0,05 0,15	BDLO	57	18
Var. 3	0,05	0,17	0,023	0,26	4,95	0,008	0,003	0,026	0,05 0,15	BDLO	57	17

Tabla 2

Muestra	Pos.	$R_{p0,2}$ N/mm ²	R_m N/mm ²	A_g %	A_g (unif.) %	A_{80mm} %	A_{80mm} (manual) %	valor Z	valor n	valor r	Δr	r	
Referencia	L	137	284	21,3	20,7	24,5	25,2	69	0,316	0,827	0,197	0,754	
	D	133	276	22,2	21,4	25,2	25,8	72	0,306	0,704			
	Q	133	277	21,9	21,6	25,5	26,3	71	0,305	0,779			
Var.1	L	110	262	21,2	21,9	25,9	26,4	71	0,335	0,668	-0,363	0,779	
	D	107	256	24,7	23,0	27,7	28,7	72	0,338	0,870			
	Q	111	259	22,0	21,2	24,6	25,7	65	0,332	0,708			
Var.2	L	128	266	23,2	22,7	26,8	27,7	67	0,332	0,724	0,035	0,693	
	D	127	261	23,1	22,2	26,2	27,0	67	0,332	0,685			
	Q	128	262	23,9	22,5	26,5	27,6	66	0,333	0,681			
Var.3	L	141	290	24,1	23,5	28,4	29,1	70	0,335	0,697	-0,12	0,710	
	D	140	286	22,6	23,4	27,0	27,8	68	0,336	0,740			
	Q	141	286	22,6	23,3	27,1	27,7	65	0,335	0,663			
DIN EN ISO 6892-1:2009								DIN EN ISO 10275:2009					DIN EN ISO 10113:2009

Tabla 3

Variante	Pérdidas de masa por CI						Conformabilidad	
	no térmicamente tratado	20 min 185 °C	20 min 185 °C más 200 h 80 °C	17 h 130 °C	estirado del 15 % 20 min 185 °C	estirado del 15 % 20 min 185 °C más 200 h 80 °C	embutición SZ32 [mm]	embutición <i>plane- strain</i> [mm]
Valor límite	2,0	4,0	35,0	50,0	15,0	45,0		
Referencia	1,2	2,1	29,8	48,8	10,4	42,1	14,2	27,9
Var. 1 (comparación)	1,2	1,7	10,4	21,3	4,4	12,9	14,5	30,3
Var. 2 (invención)	1,2	2,4	33,7	42,2	13,5	40,1	14,6	30,7
Var. 3(comparación)	1,3	5,3	41,7	55,0	30,4	53,5	14,6	31,6

Tabla 4

N.º	Aleación	Grado de laminación final [%]	Recocido final	tamaño de grano [µm]	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
1	III	46	KO	16	0,07	0,24	0,040	0,30	4,50	0,005	0,007	0,016
3	II	57	BDLO	18	0,06	0,16	0,004	0,27	4,35	0,008	0,002	0,013
4	I	45	BDLO	18	0,03	0,13	0,002	0,25	4,15	0,001	0,004	0,021
6	I	45	KO	21	0,03	0,13	0,002	0,25	4,15	0,001	0,004	0,021
7	III	30	BDLO	22	0,07	0,24	0,040	0,30	4,50	0,005	0,007	0,016
11	III	25	BDLO	27	0,07	0,24	0,040	0,30	4,50	0,005	0,007	0,016
13	I	32	BDLO	29	0,03	0,13	0,002	0,25	4,15	0,001	0,004	0,021
15	III	30	KO	30	0,07	0,24	0,040	0,30	4,50	0,005	0,007	0,016
16	I	25	BDLO	31	0,03	0,13	0,002	0,25	4,15	0,001	0,004	0,021
18	II	21	BDLO	33	0,06	0,16	0,004	0,27	4,35	0,008	0,002	0,013
20	I	20	BDLO	34	0,03	0,13	0,002	0,25	4,15	0,001	0,004	0,021

Tabla 5

N.º	Pérdidas de masa por Cl, no estirado**				Pérdidas de masa por Cl, estirado al 15 %**		Parámetros mecánicos, estado blando				Resultado	
	Partida [0 h)	20 min 185 °C	20 min 185 °C + 200 h 80 °C	20 min 185 °C + 500 h/80 °C	20 min, 185 °C	20 min 185 °C + 200 h 80 °C	R _{p0,2}	R _m	A _g	A _{80mm}		
1	III	15,4	16,6	25,7	26,9	18,8	33,6	135	279	20,7	25,2	comparación
3	II	1,2	2,4	33,7	36,7	13,5	40,1	128	262	23,9	26,5	invención
4	I	1,3	1,9	17,8	22,2	1,6	20,1	117	258	22,8	25,3	invención
6	I	8,2	10,8	18,6	22,1	9,6	20,7	106	250	23,8	26,7	comparación
7	III	1,1	1,7	18,0	24,5	3,3	25,1	119	276	20,3	24,9	invención
11	III	1,1	1,6	14,3	17,7	2,8	19,8	116	275	20,2	24,4	invención
13	I	1,1	1,2	13,3	16,7	2,1	17,4	104	251	22,2	24,8	comparación
15	III	2,8	3,0	7,9	10,9	6,4	18,0	125	281	19,5	23,6	comparación
16	I	1,1	1,3	10,8	13,1	1,9	14,2	103	252	21,6	26,1	comparación
18	II	1,2	1,7	10,4	12,5	4,4	12,9	109	259	22,0	24,6	comparación
20	I	1,1	1,2	8,3	11,1	1,7	12,4	101	251	20,8	25,1	comparación

REIVINDICACIONES

1. Banda de aleación de aluminio laminada en frío que está compuesta por una aleación de aluminio AIMg, **caracterizada por que**

5 la aleación de aluminio presenta las siguientes partes constituyentes de aleación:

	Si	≤	0,2 % en peso,
	Fe	≤	0,35 % en peso,
	Cu	≤	0,15 % en peso,
0,2 % en peso	≤	Mn	≤ 0,35 % en peso,
4,1 % en peso	≤	Mg	≤ 4,5 % en peso,
	Cr	≤	0,1 % en peso,
	Zn	≤	0,25 % en peso,
	Ti	≤	0,1 % en peso,

10 resto Al e impurezas inevitables individualmente como máximo del 0,05 % en peso, en total como máximo del 0,15 % en peso, presentando la banda de aleación de aluminio una estructura recristalizada, el tamaño de grano de la estructura asciende a entre 15 μm y 25 μm y el recocido blando final de la banda de aleación de aluminio se ha realizado en un horno de paso continuo.

2. Banda de aleación de aluminio según la reivindicación 1, **caracterizada por que**

15 la aleación de aluminio presenta adicionalmente una o varias de las siguientes limitaciones de los contenidos en partes constituyentes de aleación:

0,03 % en peso	≤	Si	≤	0,10 % en peso,
		Cu	≤	0,1%,
		Cr	≤	0,05 % en peso,
		Zn	≤	0,05 % en peso,
0,01 % en peso	≤	Ti	≤	0,05 % en peso.

3. Banda de aleación de aluminio según las reivindicaciones 1 o 2,

20 **caracterizada por que**

la aleación de aluminio presenta adicionalmente una o varias de las siguientes limitaciones de los contenidos en partes constituyentes de aleación:

Cr	≤	0,02 % en peso,
Zn	≤	0,02 % en peso.

4. Banda de aleación de aluminio según una de las reivindicaciones 1 a 3,

25 **caracterizada por que**

el contenido en Fe asciende a del 0,10 % en peso al 0,25 % en peso o del 0,10 % en peso al 0,2 % en peso.

5. Banda de aleación de aluminio según una de las reivindicaciones 1 a 4,

30 **caracterizada por que**

el contenido en Mn asciende a del 0,20 % en peso al 0,30 % en peso.

6. Banda de aleación de aluminio según una de las reivindicaciones 1 a 5,

35 **caracterizada por que**

el contenido en Mg asciende a del 4,2 % en peso al 4,4 % en peso.

7. Banda de aleación de aluminio según una de las reivindicaciones 1 a 6,

40 **caracterizada por que**

la banda de aleación de aluminio presenta un espesor de 0,5 mm a 4 mm.

8. Banda de aleación de aluminio según una de las reivindicaciones 1 a 7,

45 **caracterizada por que**

la banda de aleación de aluminio presenta en el estado blando un límite de elasticidad $R_{p0,2}$ de al menos 110 MPa y una resistencia a la tracción R_m de al menos 255 MPa.

9. Procedimiento para la fabricación de una banda de aleación de aluminio según una de las reivindicaciones 1 a 8 que comprende las siguientes etapas de procedimiento:

- colar un lingote laminado,
- 50 - homogeneizar el lingote laminado a de 480 °C a 550 °C durante al menos 0,5 h,
- laminar en caliente el lingote laminado a una temperatura de 280 °C a 500 °C,

- laminar en frío la banda de aleación de aluminio en espesor final con un grado de laminación del 40 % al 70 % o del 50 % al 60 % y
- recocer blando la banda de aleación de aluminio recién laminada a de 300 °C a 500 °C en un horno de paso continuo.

5 10. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que tras la laminación en caliente se realizan como alternativa las siguientes etapas de procedimiento:

- laminar en frío la banda de aleación de aluminio laminada en caliente hasta obtener un espesor intermedio, que se determina de manera que el grado de laminación en frío final en espesor final asciende a del 40 % al 70 % o del 50 % al 60 %,
- recocer de manera intermedia la banda de aleación de aluminio a de 300 °C a 500 °C,
- laminar en frío la banda de aleación de aluminio en espesor final con un grado de laminación del 40 % al 70 % o del 50 % al 60 %,
- recocer blando la banda de aleación de aluminio recién laminada a de 300 °C a 500 °C en un horno de paso continuo.

20 11. Procedimiento según las reivindicaciones 9 o 10,
caracterizado por que
la banda de aleación de aluminio tras el recocido blando se enfría hasta una temperatura de como máximo 100 °C y se enrolla.

25 12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 10 u 11,
caracterizado por que
el recocido intermedio se realiza en un horno discontinuo o en un horno de paso continuo.

30 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 12,
caracterizado por que
la banda de aleación de aluminio se lamina en frío hasta obtener un espesor final de 0,5 mm a 4 mm.

35 14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 13,
caracterizado por que
el recocido blando se realiza en el horno de paso continuo a una temperatura de metal de 350 °C a 550 °C durante de 10 s a 5 min.

40 15. Pieza de construcción para un vehículo que está compuesta de una banda de aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8.

40 16. Pieza de construcción según la reivindicación 15,
caracterizada por que
la pieza de construcción es una pieza de carrocería o una pieza de construcción adosada de carrocería de un vehículo.

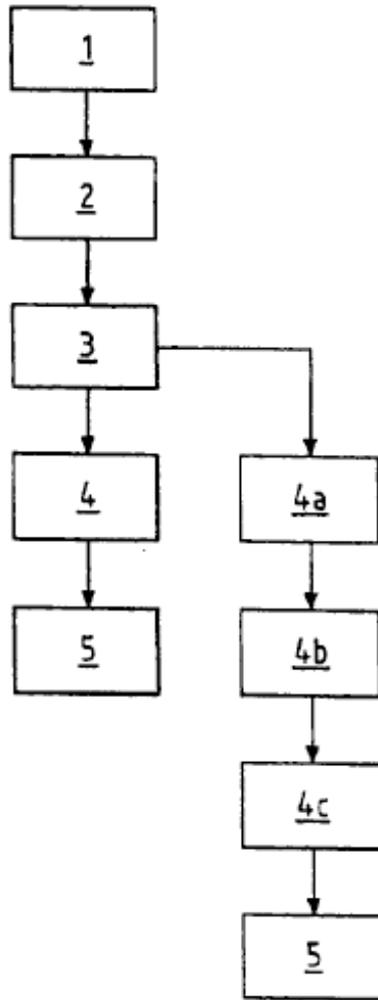


Fig.1

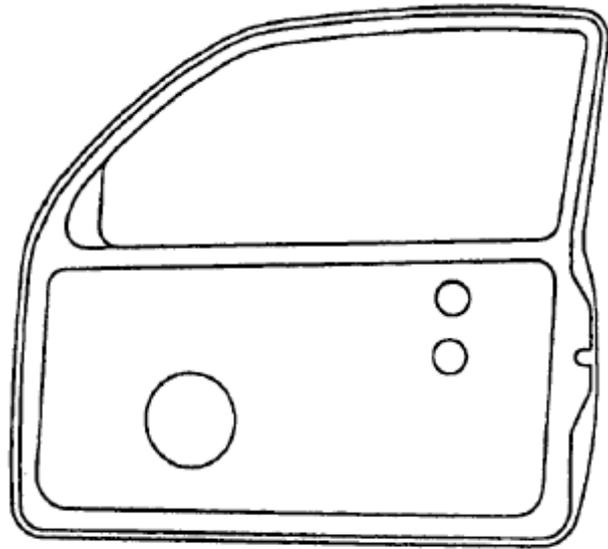


Fig.4