



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 316 738**

51 Int. Cl.:
C22C 21/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03712292 .6**

96 Fecha de presentación : **03.02.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1472380**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.11.2004**

54 Título: **Chapa de aleación Al-Si-Mg para piel de carrocería automóvil.**

30 Prioridad: **05.02.2002 FR 02 01346**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2009

73 Titular/es: **ALCAN RHENALU**
17 place des Reflets, La Défense 2
92400 Courbevoie, FR

72 Inventor/es: **Hoffmann, Jean-Luc;**
Shahani, Ravi y
Rebuffet, Olivier

74 Agente: **Mir Plaja, Mireia**

ES 2 316 738 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).

ES 2 316 738 T3

DESCRIPCIÓN

Chapa de aleación Al-Si-Mg para piel de carrocería automóvil.

5 **Ámbito de la invención**

La invención se refiere al ámbito de las chapas de aleación Al-Si-Mg, más particularmente de aleación de tipo 6016 según la denominación de la Aluminum Association, destinadas a la fabricación por embutición de piezas de piel de carrocería de coches tales como aletas, puertas, puertas de maleteros, capós o techos.

10 **Estado de la técnica**

El aluminio se utiliza de forma creciente en la construcción automóvil para reducir el peso de los vehículos y reducir pues el consumo de carburante así como las emisiones de contaminantes y de gas de efecto invernadero. Las chapas se utilizan en particular para la fabricación de piezas de piel de carrocería, en particular los abrientes. Este tipo de aplicación requiere un conjunto de propiedades a veces antagonistas tales como:

- una alta formabilidad para las operaciones de embutición y engaste,
- un límite de elasticidad controlado en estado de entrega de la chapa para controlar el retroceso elástico,
- una alta resistencia mecánica después del cocido de las pinturas para obtener una buena resistencia a la indentación y minimizar a la vez el peso de la pieza,
- una buena resistencia a la corrosión, en particular la corrosión filiforme, de la pieza pintada,
- una buena calidad de superficie después de la conformación y pintura,
- un buen comportamiento en los distintos procedimientos de acoplamiento utilizados erg carrocería auto-móvil tales como la soldadura por puntos, la soldadura por láser, el encolado, el clinchado o el remache,
- una compatibilidad con las exigencias de reciclaje de residuos de fabricación o de vehículos reciclados,
- un coste asequible para una producción en gran serie.

Estas exigencias llevaron a elegir las aleaciones Al-Mg-Si, es decir las aleaciones de la serie 6000. En Europa las aleaciones 6016 y 6016A, con espesores del orden de 1 a 1,2 mm, son las que más suelen utilizarse para esta aplicación, porque conducen a un mayor compromiso entre las distintas propiedades requeridas, mientras garantizan particularmente una mayor formabilidad, en particular para el engaste, y una mayor resistencia a la corrosión filiforme que las aleaciones con mayor proporción de cobre tales como la 6111 ampliamente utilizada en los Estados Unidos. Se describen aleaciones de tipo 6016 en particular en las patentes FR 2360684 de Alusuisse y EP 0259232 de la solicitante, mientras que se describen aleaciones de tipo 6111 en la patente US 4 614 552 de Alcan International Ltd. También se conocen aleaciones con baja proporción de hierro (< 0,2%) tales como las que se describen en las patentes US 5 525 169 y US 5 919 323 de Alcoa, y se registró una aleación de este tipo como 6022. En el cuadro 1 se indican las composiciones (% en peso de los principales elementos) de las aleaciones 6016, 6016A, 6022 y 6111 registradas en la Aluminum Association:

50 CUADRO 1

Aleación	Si	Fe	Mg	Cu	Mn
6016	1,0-1,5	< 0,5	0,25-0,6	< 0,2	< 0,2
6016A	0,9-1,5	< 0,5	0,2-0,6	< 0,25	< 0,2
6022	0,8-1,5	0,05-0,2	0,45-0,7	0,01-0,11	0,02-0,10
6111	0,5-1,0	< 0,4	0,5-1,0	0,5-0,9	< 0,4

65 Sin embargo la resistencia mecánica de la 6016 después del cocido de las pinturas, por lo tanto la resistencia a la indentación, sigue claramente inferior a la de la 6111, y eso aún más cuando la temperatura de cocido tiende a decrecer, de suerte que el endurecimiento por revenido es menos eficaz. Por eso es que en la automoción se necesita una resistencia mecánica más alta después de la pintura.

ES 2 316 738 T3

Con este fin la solicitante desarrolló nuevas variantes de la 6016, en particular una variante "DR120" que lleva a un límite de elasticidad en estado T4 del orden de los 120 MPa. Estos desarrollos fueron objeto de publicaciones, en particular de los artículos de R. Shahani *et al.* "Optimised 6xxx aluminium alloy sheet for autobody outer panels" Automotive Alloys 1999, Proceedings of the TMS Annual Meeting Symposium, 2000, pp. 193-203, y de D. Daniel *et al.* "Development of 6xxx Alloy Aluminum Sheet for Autobody Outer Panels: Bake Hardening, Formability and Trimming Performance" IBEC'99 - International Body Engineering Conference, Detroit, 1999, SAE Technical Paper N° 1999-01-3195.

Por su parte Alcan propuso una nueva variante de la 6111, llamada 6111-T4P, que lleva a un límite de elasticidad después del cocido de pintura mejorado (típicamente de los 270 a los 280 MPa) sin reducción de la formabilidad en estado T4. Este producto se describe en particular en el artículo de A. K. Gupta *et al.* "The Properties and Characteristics of Two New Aluminum Automotive Closure Panel Materials", SAE Technical Paper 960164, 1996. El artículo menciona también una nueva aleación, provisionalmente llamada 61XX-T4P, cuya composición no se divulga, que lleva, con respecto a la 6111-T4 convencional, a un límite de elasticidad más bajo en estado T4 con una respuesta al cocido de las pinturas semejante.

Todos estos nuevos desarrollos incluyen un tratamiento térmico optimizado de tipo revenido previo, que se efectúa después del temple para mejorar el endurecimiento por cocido de las pinturas. En efecto, en ausencia de tal tratamiento, la cinética de endurecimiento por cocido disminuye con el tiempo de espera a temperatura ambiente, entre el temple y el cocido, y en producción industrial una espera de varias semanas es casi inevitable. Hace mucho tiempo que se conoce este fenómeno que se describe por ejemplo en el artículo de M. Renouard y R. Meillat: "Le prévenu des alliages aluminium-magnésium-silicio" Mémoires Scientifiques de la Revue de Métallurgie, diciembre de 1960, pp. 930-942.

Para evitar el efecto desfavorable de la espera, es necesario sea efectuar un revenido previo con ayuda de un temple por etapas o de un tratamiento térmico justo después del temple, sea almacenar el metal en congelador, lo que no es cómodo para la carrocería automóvil, sea realizar un tratamiento de reversión.

La temperatura y el tiempo de revenido previo para las aleaciones 6000 se describen por ejemplo en el artículo de R. Develay "Traitements thermiques des alliages d'aluminium", Techniques de l'Ingénieur, sección M 1290, 1986, en el artículo de D.W. Pashley *et al.* "Delayed ageing in aluminium-magnesium-silicon alloys: effect on structure and mechanical properties", Journal of the Institute of Metals, n° 94, 1966, pp. 41-49, o en la patente EP 0480402 (Sumitomo Light Metal). Además la patente FR 1243877 (Cegedur) describe un horno continuo apto para efectuar un revenido previo.

Habida cuenta del desarrollo de la utilización de las chapas de aleación de aluminio para piel de carrocería de coches de gran serie, sigue existiendo una demanda de clases aún mejorados que permitan reducir los espesores sin alterar las otras propiedades. La reducción de espesores suele estar limitada por la insuficiencia de rigidez de la pieza formada, situándose este límite en el espesor de la pieza de acero equivalente, multiplicado por 1,4. Por lo tanto las chapas tienen que permitir, en la pieza formada después del cocido de pintura, la obtención de una resistencia a la indentación por lo menos igual a la de las piezas de acero, con una relación de espesor aluminio/acero de 1,4, y de una buena aptitud para la embutición y el engaste.

Objeto de la invención

El objeto de la presente invención consiste en suministrar chapas de aleación de tipo 6016 para piel de carrocería automóvil que presenten una composición adaptada para el reciclaje, una formabilidad suficiente para la embutición profunda y el engaste en condiciones rigurosas, una mayor resistencia a la indentación con respecto a las chapas del arte anterior de tipo 6016, controlando a la vez el retroceso elástico, una buena aptitud para el encolado, un corte sin formación de escamas y una buena resistencia a la corrosión filiforme.

La invención tiene por objeto una chapa para piezas de piel de carrocería de coche, con un espesor comprendido entre 0,8 y 1,2 mm y la siguiente composición (% en peso):

Fe: 0,25-0,35

Si: 0,95-1,10

Cu: 0,15-0,20

Mg: 0,40-0,50

Mn: 0,08-0,15

otros elementos < 0,05 cada uno y < 0,15 en total, resto aluminio,

que presenta tras disolución, temple, revenido previo o reversión y maduración a temperatura ambiente comprendida entre 3 semanas y 6 meses, un límite de elasticidad en el sentido L R_{0,2} inferior a los 160 MPa y preferentemente

ES 2 316 738 T3

a los 150 MPa. El límite de elasticidad de la pieza embutida después de un tratamiento térmico que corresponde al cocido de las pinturas es superior a los 180 MPa y preferentemente a los 200 MPa.

Descripción de la invención

La invención radica en un ámbito estrecho de composición dentro de la composición de la 6016A registrada en la Aluminum Association, que permite obtener el conjunto de las propiedades deseadas.

La proporción de silicio se sitúa en la parte baja del intervalo de proporciones de la 6016A, mientras que la proporción de magnesio se queda en el centro del intervalo. Esta reducción de la proporción de silicio contribuye a una disolución más completa de la aleación, favorable para la formabilidad. La proporción de hierro permanece por encima de un 0,25%, lo que autoriza, contrariamente a las clases con poco hierro como la 6022, la utilización de metal de reciclaje y resulta bastante favorable para el acabado superficial después de la embutición.

La proporción de cobre se controla dentro de límites muy estrechos: una proporción de por lo menos un 0,1%, un poco más importante que la de las clases existentes de 6016 o de 6022, contribuye a la resistencia mecánica, pero por encima de un 0,25% la aleación presenta un riesgo de corrosión filiforme. La aleación debe contener por lo menos un 0,05% de manganeso, de cromo, de vanadio o de circonio para controlar el grosor del grano y evitar la aparición de piel de naranja durante las importantes deformaciones, como el engaste utilizado para los capós por ejemplo. A la inversa una proporción total de dichos elementos superior a un 0,20% es desfavorable para la formabilidad.

El procedimiento de fabricación de las chapas según la invención comprende típicamente la colada de una placa, eventualmente el escalpado de dicha placa, y su homogeneización o un simple recalentamiento a una temperatura comprendida entre 400 y 570°C durante 6 a 24 h. Preferentemente el laminado en caliente se hace a una temperatura de entrada superior a los 510°C, lo que contribuye a mejorar la resistencia mecánica con respecto a una temperatura de entrada inferior. La temperatura de bobinado de la banda laminada en caliente tiene que ser inferior a los 350°C, y preferentemente a los 300°C, para garantizar las características mecánicas y evitar el defecto de ranuras. La banda laminada en caliente se lamina después en frío hasta el espesor final, con eventualmente un recocido intermedio a una temperatura comprendida entre 300 y 450°C en caso de efectuarse en un horno batch, o entre 350 y 570°C en caso de efectuarse en un horno continuo. La última pasada de laminado en frío puede efectuarse con un cilindro de textura, mediante tratamiento por haz de electrones (EBT), electroerosión (EDT) o haz de láser por ejemplo, lo que mejora la formabilidad y el acabado superficial de la pieza formada después de la pintura.

También es posible utilizar bandas obtenidas directamente por colada continua, sea entre dos cilindros, sea entre dos correas, y efectuar el laminado en frío así como las operaciones ulteriores en las mismas condiciones.

La disolución se hace a una temperatura superior a la temperatura de solvus de la aleación, evitando sin embargo la quemadura. La composición según la invención permite efectuar una disolución muy completa, que se traduce en una casi ausencia de fases de tipo silicio en la microestructura y en una muy pequeña área de cresta, de menos de 1 J/g, en el campo 565-580°C de un diagrama de análisis entálpico diferencial, efectuándose el ensayo con una velocidad de elevación de la temperatura de 20°C/min.

La chapa disuelta se temple después, por lo general en agua fría o al aire.

Al temple le puede seguir inmediatamente después un tratamiento térmico de tipo revenido previo tal como se describe en el arte anterior arriba mencionado, con el fin de mejorar los resultados del endurecimiento durante el cocido de las pinturas.

El revenido previo no es necesariamente isotérmico y su duración depende de la temperatura. Para tomarlo en cuenta es posible definir un tiempo equivalente t_{eq} con la fórmula:

$$t(eq) = \frac{\int \exp(-6000/T) dt}{\exp(-6000/T_{ref})}$$

donde T (en °K) es la temperatura y t la duración del revenido previo, siendo T_{ref} una temperatura de referencia de 373°K, o sea 100°C. Ya se sabe que para ser eficaz el revenido previo tiene que efectuarse a una temperatura superior a los 50°C con una duración equivalente comprendida entre 0,3 y 20 h. Si la duración equivalente es insuficiente, la cinética de endurecimiento por cocido de las pinturas disminuye con el tiempo de espera a temperatura ambiente. Si en cambio la duración equivalente es demasiado larga, las características mecánicas aumentan demasiado para el revenido previo y se degrada la formabilidad de la chapa. Para las aleaciones de tipo 6016, una duración equivalente de 1 a 10 h, y preferentemente de 3 a 6 h, está bien adaptada.

Llegada esta etapa, suele almacenarse la chapa durante un tiempo más o menos largo, lo que conduce a una maduración natural con la que aumenta el límite de elasticidad a lo largo del tiempo. Después de 3 semanas de maduración, las chapas según la invención presentan, a un espesor del orden de 0,9 a 1 mm, un límite de elasticidad en el sentido L del orden de los 130 MPa, más elevado que en todas las variantes de 6016, incluso las clases de alta resistencia DR100 y DR120 que se describen en el artículo de R. Shahani *et al.* arriba mencionado, y apenas menos

ES 2 316 738 T3

elevado que en la de la 6022. Después de los 6 meses de maduración este límite elástico sigue siendo inferior a los 160 MPa, incluso a los 150 MPa, contrariamente a las aleaciones 6022 o 6111. Esta peculiaridad permite controlar el retroceso elástico durante la conformación, que es cada vez más difícil de prever cuando disminuyen los espesores y aumenta el límite de elasticidad, lo que obliga a un gran número de iteraciones en la puesta a punto de las herramientas de embutición. Antes de la conformación es posible aplicar un lubricante en la chapa, aceite o lubricante seco, indicado para la embutición, el acoplamiento y el tratamiento de superficie de la pieza que ha de realizarse.

Las chapas según la invención presentan una formabilidad, medida con el parámetro LDH₀ (“limiting dome height” en deformación plana), mejor que la de las aleaciones 6111 y 6022, y tan buena como las clases 6016 de alta resistencia.

El parámetro LDH se utiliza ampliamente para la evaluación de la aptitud para la embutición de las chapas de 0,5 a 2 mm de espesor. Fue objeto de numerosas publicaciones, en particular la de R. Thompson, “The LDH test to evaluate sheet metal formability - Final Report of the LDH Committee of the North American Deep Drawing Research Group”, SAE conference, Detroit, 1993, SAE Paper n° 930815.

El ensayo LDH es un ensayo de embutición con una pieza en bruto bloqueada en la periferia por un anillo. Se controla la presión del sujetachapas para evitar un desplazamiento dentro del anillo. La pieza en bruto, de 120 x 160 mm, se somete a una tensión semejante a la deformación plana.

La lubricación entre el punzón y la chapa se garantiza gracias a una película plástica y grasa (grasa Shell HDM2). La velocidad de bajada del punzón es de 50 mm/min.

El valor LDH es el desplazamiento del punzón a la ruptura, o sea la profundidad límite de la embutición. Se establece el promedio entre tres ensayos, lo que da un intervalo de confianza a un 95% en la medida de $\pm 0,2$ mm.

Las chapas según la invención presentan una aptitud para el engaste mejor que las chapas de aleación 6111 o 6022 y tan buena como las chapas de aleación 6016 de alta resistencia del arte anterior. Esta aptitud para el engaste se evalúa mediante un ensayo de laboratorio que comprende una curvatura a 90°, un preengaste a 45° y un engaste final en plano.

Las chapas según la invención también presentan una anisotropía de deformación muy baja, que se puede medir gracias a la diferencia entre el LDH para una deformación principal paralela al sentido de laminado, y una deformación principal perpendicular al sentido de laminado. Esta diferencia es inferior a 1 mm y preferentemente a 0,6 mm.

La pieza de piel de carrocería suele realizarse mediante corte en la chapa de una pieza en bruto, embutición de esta pieza en bruto y desbarbado en prensa. Durante la embutición, es necesario evitar la aparición de ranuras (“roping” o “ridging” en inglés), que son nefastas para el aspecto después de la pintura y pueden disminuir la formabilidad, en particular en caso de fuerte deformación en el sentido perpendicular al sentido de laminado. Se propusieron diferentes medios al respecto, el control de la temperatura de salida de laminado en caliente entre 270 y 340°C por ejemplo, como se indica en la patente EP 0259232 de la solicitante. También se tiene que evitar la aparición de “piel de naranja” en el momento de la embutición, que contribuye a un defecto de aspecto visible después de la pintura. Para esto se tiene que mantener un 3 tamaño de grano preferentemente por debajo de los 50 μm , lo que puede obtenerse con la presencia en la aleación de una cantidad suficiente de manganeso, o de otros elementos que desempeñan una función parecida tales como el cromo, el vanadio o el circonio, con un control de la temperatura y del tiempo de disolución y con una reducción suficiente, típicamente de por lo menos un 30%, por laminado en frío. Para ciertas piezas como los capós, los bordes de la pieza en bruto embutida se curvan a 90° y se integra un embutido interior en el que se efectúa un preengaste y después un engaste final en plano.

También es necesario evitar la formación de escamas (“slivers”) durante las operaciones de corte de las piezas en bruto y de desbarbado después de la embutición, porque dichas escamas pueden crear después defectos de aspecto que necesitan retoques manuales. Por lo tanto es importante el diseño de la herramienta de corte, y se emitieron recomendaciones al respecto en el artículo de D. Daniel *et al.* arriba mencionado.

Después de una embutición y de un eventual engaste, en la pieza se aplican una o varias capas de pintura con, para cada una, una etapa de cocido. La etapa crítica es el cocido de la capa de cataforesis, que suele hacerse a una temperatura comprendida entre 150 y 200°C, durante 15 a 30 min. En ausencia de cataforesis, pocas veces la temperatura de cocido sobrepasa los 170°C. El cocido de las pinturas desempeña una función de tratamiento de revenido de la pieza. El límite de elasticidad de la pieza realizada con una chapa según la invención, con un cocido de 20 min. a los 165°C, es superior a los 180 MPa y la mayoría de las veces superior a los 200 MPa. Así se obtiene, con una pieza realizada a partir de una chapa de 0,9 mm de espesor, una resistencia a la indentación dinámica comparable a la de una pieza realizada a partir de una chapa de acero de carrocería típica cuyo límite de elasticidad es del orden de los 250 a 300 MPa y de 0,7 mm de espesor, lo que no es el caso para las otras clases de 6016.

Las chapas según la invención permiten realizar las diferentes operaciones corrientemente utilizadas para la fabricación de las piezas de piel de carrocería de coche, tales como el engaste, el clinchado, el remache, la soldadura por puntos, la soldadura por láser y el encolado. En particular es posible realizar el encolado de juntas engastadas, que se utiliza en particular en la fabricación de capós, sin aplicación previa en las superficies de un tratamiento químico tal como una conversión química o una pasivación, por ejemplo con ayuda de compuestos fosfocromicos o de productos a base de titanio, circonio o silanos.

ES 2 316 738 T3

Las piezas realizadas a partir de chapas según la invención también presentan, después de la pintura, una buena resistencia a la corrosión filiforme, mejor que la de las aleaciones con alta proporción de cobre como la 6111.

Por razones económicas puede ser interesante asociar en un mismo vehículo estructuras de acero y piezas de piel de aluminio, para aletas, techos o abrientes por ejemplo. En el caso de tal acoplamiento, la mayor dificultad radica en la gestión de las diferencias de dilatación térmica entre ambos materiales durante el cocido de las pinturas, en particular durante el cocido de cataforesis que se efectúa generalmente entre los 160 y 200°C. En efecto, para el aspecto del vehículo, es imprescindible limitar a un nivel aceptable las deformaciones residuales después del cocido.

Independientemente de la geometría de las piezas y del modo de acoplamiento elegido, las chapas según la invención permiten limitar estas deformaciones. En efecto la solicitante evidenció que un límite de elasticidad elevado a la temperatura de cocido, superior a los 140 MPa a una temperatura de 160°C para la aleación según la invención por ejemplo, tenía un efecto favorable sobre el grado de deformación, ya que el acoplamiento se realice después del cocido, cuya temperatura es preferible limitar.

Otros factores también pueden limitar las deformaciones, la presencia de nervaduras destinadas a reforzar el panel de aluminio o la distancia entre puntos de acoplamiento por ejemplo. También se puede utilizar un acoplamiento con unión continua como el encolado, con una polimerización por lo menos parcial de la cola antes del cocido, o una soldadura por láser por transparencia.

Ejemplos

Ejemplo 1

Se colaron en placas de 500 mm de espesor las 8 aleaciones A a I cuya composición (% en peso) se indica en el cuadro 1:

CUADRO 1

Aleación	Si	Fe	Cu	Mn	Mg
A	1,15	0,31	0,07	0,10	0,41
B	1,0	0,29	0,09	0,11	0,33
C	0,58	0,26	0,79	0,10	0,73
D	0,58	0,26	0,79	0,10	0,73
E	1,22	0,13	0,07	0,08	0,56
F	1,0	0,30	0,35	0,15	0,45
G	1,0	0,30	0,18	0,30	0,45
H	1,0	0,30	0,18	0,05	0,45
I	1,0	0,30	0,18	0,15	0,45

La composición A representa una 6016 clásica, B corresponde a la de la clase DR100 de la solicitante que se describe en los artículos arriba mencionados, C y D corresponden a una aleación 6111, E a una aleación 6022. F, G, H e I tienen composiciones parecidas, que difieren sea por Cu (F), sea por Mn (G y H) de la composición I según la invención.

Las placas se escalparon, se homogeneizaron durante 10 h a los 570°C, se laminaron en caliente directamente con el calor de la homogeneización, primero en un laminador de reversión, después en un tren laminador. La temperatura de principio de laminado era del orden de los 540°C, la temperatura de bobinado de la banda en caliente del orden de los 310°C.

La banda laminada en caliente hasta los 3 mm se lamina después en frío hasta el espesor final de 1 mm. Se efectuó un recocido intermedio a 2,5 mm de espesor, sea un recocido "batch" en bobina, con una elevación a los 350°C en 10 h, una espera de 2 h y una refrigeración lenta, sea un recocido "flash" en horno continuo, con una elevación a los 400°C en aproximadamente un minuto y refrigeración inmediata. Se disuelven muestras tomadas en las bandas a una temperatura de 570°C durante menos de un minuto, luego se las templean en agua fría. En las muestras de aleación B,

ES 2 316 738 T3

D, F, G, H e I se aplica un tratamiento adicional de 2 h a los 100°C en un baño de aceite inmediatamente después del temple, para simular un revenido previo industrial.

Se midió el límite de elasticidad $R_{0,2}$ en el sentido L (en MPa) después de respectivamente 3 semanas y 6 meses de maduración a la temperatura ambiente, y después de un tratamiento de revenido de 30 min. a los 165°C o a los 185°C, que simulaba el tratamiento de cocido de las pinturas. También se midió la formabilidad con ayuda del parámetro LDH (en mm), siendo la deformación principal respectivamente paralela y perpendicular al sentido de laminado. En el cuadro 2 se indican los resultados:

10

CUADRO 2

15

20

25

30

35

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Recocido inter.	batch	batch	batch	batch	batch	flash	flash	flash	flash
$R_{0,2}$ 3 sem.	121	101	140	139	158	129	123	125	124
$R_{0,2}$ 6 meses	133	112	152	156	173	144	138	142	145
$R_{0,2}$ 165 °C	135	157	160	221	163	194	187	189	191
$R_{0,2}$ 185 °C	159	186	190	258	190	228	222	225	225
LDH //	27,4	29,0	25,4	26,1	25,9	27,2	25,9	27,5	28,3
LDH ⊥	27,4	28,4	25,6	27,0	25,7	25,3	26,3	26,9	28,2

Se observa que la muestra I según la invención presenta, después de la maduración de 3 semanas, un límite de elasticidad del mismo orden que el de la 6016 clásica (muestra A) y claramente inferior al de las aleaciones 6111 (C y D) y 6022 (E).

Después de 6 meses de maduración no cambió la posición del límite elástico de la muestra I con respecto a las muestras de las otras aleaciones.

La formabilidad, medida con el parámetro LDH, es casi tan buena como la de la mejor aleación, es decir la DR100. Además los valores medidos del LDH en el sentido del laminado y en el sentido perpendicular al laminado son casi idénticos, lo que no siempre es el caso para las otras muestras, lo que permite garantizar una buena isotropía durante el formado.

A la inversa el límite de elasticidad de la muestra I después del cocido de las pinturas, cuando se efectuó un revenido previo, es elevado, muy superior al de las aleaciones 6016 y DR100, del mismo orden que el de la aleación F más cargada de cobre, y se sitúa entre los de las dos clases de 6111, lo que garantiza una alta resistencia a la indentación de la pieza acabada.

También se evaluó, en chapas de 1 mm de espesor, el comportamiento al engaste, en el sentido paralelo al laminado y en el sentido perpendicular, la resistencia a la corrosión filiforme después de la fosfatación, cataforesis y pintura, así como la aparición o no de escamas o filamentos durante el corte o el desbarbado después de la embutición.

El ensayo de engaste se hace en 3 operaciones: curvatura de los bordes 90°C, preengaste a 45° y engaste en plano en una chapa interior de 0,7 mm de espesor. Los bordes engastados se clasifican después mediante inspección visual, tal como se indica en el artículo de D. Daniel *et al.* en IBEC 99.

La resistencia a la corrosión filiforme se evalúa según la norma EN 3665, con muestras de 150 x 60 x 1 mm pintadas y rayadas. El procedimiento de ensayo comprende una activación de la corrosión por vapor de HCl durante 1 h y después una exposición en cámara húmeda a los 40°C durante 1000 h. Se mide la longitud máxima de los filamentos de corrosión, con un promedio de 3 probetas por caso, con la siguiente clasificación: < 2 mm: bueno 2-5 mm: medio > 5 mm: malo.

ES 2 316 738 T3

El ensayo de corte se describe en el artículo de D. Daniel *et al.* en IBEC 99 arriba mencionado. El juego era de un 10 del espesor y el ángulo de corte de 0°. En el cuadro 3 se recopilan los resultados:

5

CUADRO 3

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
10	Engaste //	bueno	bueno	Fisura	Fisura	Fisura	piel naranja	bueno	bueno	bueno
15	Engaste ⊥	bueno	bueno	Fisura	Fisura	piel naranja	piel naranja	inicio fisura	piel naranja	bueno
	Corr. Fil.	bueno	bueno	malo	malo	bueno	medio	bueno	bueno	bueno
20	Escamas	No	no	Fila- mentos	Fila- mentos	Escamas	no	no	no	no

25 Se observa que la muestra I presenta un comportamiento satisfactorio en lo que se refiere a estos diferentes criterios, lo que permite realizar piezas de carrocería que presentan un aspecto irreprochable.

Ejemplo 2

30

Se fabricaron paneles de aleación de aluminio cuya composición se indica en el cuadro 4, con una gama de fabricación análoga a la del ejemplo 1, que comprendían o no un revenido previo y un tratamiento térmico después de la conformación y antes del acoplamiento, tal como se indica también en el cuadro 4. Los paneles eran de 1,6 m x 0,9 m.

35

CUADRO 4

Esc.	Aleación	Si (%)	Fe (%)	Mg (%)	Cu (%)	Mn (%)	t _{eq} prere- venido	Reco- cido	
40	J	Inv.	1,05	0,25	0,45	0,19	0,14	5 h	4 h- 185 °
45	K	Inv.	1,05	0,25	0,45	0,19	0,14	5 h	No
	L	6111	0,70	0,25	0,60	0,69	0,21	-	No
50	M	DR100	1,03	0,26	0,32	0,07	0,11	5 h	No
	N	6016	1,03	0,26	0,32	0,07	0,11	-	No

55

Para cada aleación se probaron tres paneles con distintas geometrías que comprendían cada uno nervaduras obtenidas por plegado y paralelas al pequeño lado del rectángulo.

60

Estos paneles se remacharon en marcos rectangulares de acero para simular el caso de chapas de piel de aleación de aluminio en una estructura de acero de un vehículo.

65

El acoplamiento se efectúa por remache con un paso de 50 mm en los lados largos de los rectángulos. Después de un tratamiento térmico de 20 min. a los 160°C que simulaba el cocido de la cataforesis, se observaron las deformaciones residuales de los paneles. También se midieron las características mecánicas (resistencia a la ruptura R_m y límite de elasticidad R_{0,2} (en MPa) de los paneles a temperatura ambiente y a la temperatura de cocido de 160°C, con una velocidad de elevación de temperatura de unos 20°C/min. En el cuadro 5 se indican los resultados.

ES 2 316 738 T3

CUADRO 5

Escala	Deform. Panel 1	Deform. Panel 2	Deform. Panel 3	R _{0,2} am- biente	R _m am- biente	R _{0,2} 160 °C	R _m 160 °C
J	Muy baja			261	321	239	250
K	Baja	Muy baja	Muy baja	160	282	148	208
L	Alta			164	309	137	220
M	Alta	Baja	Muy baja	142	263	127	186
N	Muy baja			122	230	106	161

Se observa que la aleación según la invención permite disminuir las deformaciones residuales después del cocido. Los resultados de las aleaciones se correlacionan bien con el límite de elasticidad a la temperatura de cocido. Por último un tratamiento térmico antes del acoplamiento y la adición de nervaduras son beneficiosos para reducir las deformaciones.

Ejemplo 3

Se evaluó la resistencia a la indentación dinámica de una chapa de 1 mm de espesor elaborada con una gama de fabricación del tipo de la del ejemplo 1, que comprendía un revenido previo durante un tiempo equivalente a las 5 h y un tratamiento térmico de 20 min. a diferentes temperaturas que simulaba un cocido de las pinturas, de aleación según la invención y de aleación 6016 DR100, en comparación con la de una chapa de acero con un límite de elasticidad de 290 MPa después del cocido de las pinturas, de 0,7 mm de espesor. Este valor de 290 MPa después del cocido para el límite de elasticidad de una chapa de acero de carrocería corresponde aproximadamente al promedio de los límites de elasticidad de las chapas de acero utilizadas para las pieles de carrocería de los coches europeos recientes más corrientes. Un espesor de 1 mm para una chapa de aluminio representa un alargamiento de aproximadamente un 50% con respecto a una chapa de acero de 0,7 mm de espesor.

El dispositivo utilizado para el ensayo de indentación comprende un indentador de 15 mm de diámetro y de 138 g de peso, soltado a 1 m de alto, a una velocidad de unos 16 km/h, en la muestra de chapa sujeta entre dos placas de acero. Se mide la profundidad de indentación permanente (en mm). En el cuadro 6 se indican los resultados.

CUADRO 6

Tempera- tura cocido	R _{0,2} Al. inv.	R _{0,2} DR100	R _{0,2} acero	Indent. Al. inv.	Indent. DR100	Indent. acero
170 °C	193	161	290	1,55	1,80	1,45
185 °C	217	189	290	1,45	1,62	1,45
205 °C	230	207	290	1,38	1,46	1,45

Se observa que para una temperatura de cocido de las pinturas de 185°C, la chapa de 1 mm de espesor según la invención presenta la misma resistencia a la indentación que la chapa de acero de 0,7 mm. Para la aleación DR100, esto sólo es verdad para una temperatura de cocido de las pinturas de 205°C, más elevada que las temperaturas habitualmente utilizadas por los constructores automóbiles. Una aleación más resistente tal como la 6111 aumentaría la resistencia a la indentación más allá de las necesidades del mercado pero en detrimento de la formabilidad, en particular durante el engaste.

ES 2 316 738 T3

REIVINDICACIONES

5 1. Chapa para pieza de piel de carrocería de coche, con un espesor comprendido entre 0,8 y 1,2 mm y la siguiente composición (% en peso):

Fe:	0,25-0,40	y preferentemente:	0,25-0,35
Si:	0,90-1,20	" "	0,95-1,10
Cu:	0,10-0,25	" "	0,15-0,20
Mg:	0,35-0,50	" "	0,40-0,50
Mn:	0,05-0,20	" "	0,08-0,15

otros elementos < 0,05 cada uno y < 0,15 en total, resto aluminio,

20 que presenta tras disolución, temple, revenido previo o reversión y maduración a temperatura ambiente comprendida entre 3 semanas y 6 meses, un límite de elasticidad $R_{0,2}$ en el sentido L inferior a los 160 MPa.

25 2. Chapa según la reivindicación 1, que presenta tras disolución, temple, revenido previo o reversión y maduración a temperatura ambiente comprendida entre 3 semanas y 6 meses, un límite de elasticidad $R_{0,2}$ en el sentido L inferior a los 150 MPa.

30 3. Chapa según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada** porque la disolución se hace de suerte que el área de cresta, en el campo 565-580°C de un diagrama de análisis entálpico diferencial, sea de menos de 1 J/g, efectuándose el ensayo con una velocidad de elevación de temperatura de 20°C/min.

35 4. Chapa según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada** porque el revenido previo se hace a una temperatura y con una duración tales que el tiempo equivalente t_{eq} definido por la relación:

$$t(eq) = \frac{\int \exp(-6000/T) dt}{\exp(-6000/T_{ref})}$$

40 donde T y t son la temperatura en °K y la duración del revenido previo, y $T_{ref} = 373^\circ K$, está comprendido entre 1 y 10 h.

5. Chapa según la reivindicación 4, **caracterizada** porque t_{eq} está comprendido entre 3 h y 6 h.

45 6. Chapa según una de las reivindicaciones 1 a 5 que presenta una anisotropía de formabilidad LDH_0 entre el sentido de laminado y el sentido perpendicular inferior a 1 mm.

7. Chapa según la reivindicación 6, que presenta una anisotropía de formabilidad LDH_0 entre el sentido de laminado y el sentido perpendicular inferior a 0,6 mm.

50 8. Chapa según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada** porque presenta un límite de elasticidad medido a los 160°C superior a los 140 MPa.

9. Chapa según una de las reivindicaciones 1 a 8, que presenta un tamaño de grano < 50 μm .

55 10. Chapa según una de las reivindicaciones 1 a 9, que presenta una superficie texturizada.

11. Chapa según una de las reivindicaciones 1 a 10 cubierta de un lubricante seco.

60 12. Pieza de piel de carrocería realizada a partir de una chapa según una de las reivindicaciones 1 a 11, que presenta en estado disuelto, templado, madurado, embutido y revenido por cocido de pintura, un límite de elasticidad $R_{0,2}$ (sentido L o TL) > 180 MPa.

13. Pieza de piel de carrocería según la reivindicación 12, que presenta en estado disuelto, templado, madurado y revenido por cocido de pintura, un límite de elasticidad $R_{0,2}$ (sentido L o TL) > 200 MPa.

65 14. Pieza de piel de carrocería realizada a partir de una chapa según una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizada** porque se ensambla con una estructura de acero antes del tratamiento de cocido de las pinturas.