

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 656 348**

51 Int. Cl.:

**B32B 15/01** (2006.01)  
**B22D 11/00** (2006.01)  
**C22C 21/02** (2006.01)  
**C22C 21/08** (2006.01)  
**C22C 21/14** (2006.01)  
**C22C 21/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.09.2008 PCT/EP2008/062151**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.05.2009 WO09059826**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.09.2008 E 08804115 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2018 EP 2219860**

54 Título: **Producto de lámina revestida y método para su producción**

30 Prioridad:

**05.11.2007 EP 07021481**

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

**26.02.2018**

73 Titular/es:

**NOVELIS, INC. (100.0%)  
 3560 Lenox Road, Suite 2000  
 Atlanta, GA 30326, US**

72 Inventor/es:

**TIMM, JUERGEN y  
 BASSI, CORRADO**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 656 348 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

Producto de lámina revestida y método para su producción

5 **1. Campo técnico**

La presente invención se refiere a un producto de lámina de aluminio compuesta que comprende un núcleo de una aleación de aluminio de la serie 6XXX y al menos una capa de revestimiento de otra aleación de aluminio de la serie 6XXX. El producto de lámina tiene usos en aplicaciones de la industria de la automoción y aeroespacial.

10

10 **2. Antecedentes**

Durante muchos años, se ha cimentado el uso de materiales de láminas de aluminio para la producción de automóviles. Se emplea una gama de diferentes aleaciones dependiendo de los requisitos concretos de los diseñadores de automóviles. En ciertas aplicaciones, resulta deseable que el material tenga una alta resistencia. Sin embargo, otras aplicaciones requieren una mayor deformabilidad y, en estos casos, la resistencia se considera menos importante. También se han buscado materiales que se deformen con facilidad bajo un impacto, por ejemplo, en el caso de colisión con peatones, y estos materiales pueden tener aún menor resistencia. Pero incluso un material muy resistente debe poseer algo de deformabilidad, porque el uso de dicha lámina siempre requiere que sea conformada de algún modo.

15

20

Generalmente, las aleaciones de aluminio utilizadas son aleaciones de la serie 6XXX, concretamente aquellas cuyos principales elementos de aleación son Mg y Si, o aleaciones de la serie 5XXX, cuyo principal elemento de aleación es Mg.

25

En muchas aplicaciones resulta deseable que el material pueda conformarse con facilidad pero que, no obstante, después de un tratamiento de horneado de la pintura, desarrolle una resistencia mecánica suficiente. Las aleaciones de la serie 6XXX son particularmente adecuadas en este caso, debido a su respuesta a la maduración. En los últimos 15 a 20 años se ha realizado un esfuerzo considerable para comprender los procesos de maduración de estas aleaciones y existen diversos procesos para maximizar la denominada respuesta al horneado de la pintura.

30

Aunque los fabricantes de automoción extraen ventajas significativas de la utilización de aleaciones de aluminio, que producen vehículos más ligeros que mejoran en gran medida el consumo de combustible y la actuación, existen alternativas a base de acero. Más del 50% del peso del cuerpo de los automóviles comprende aleaciones de acero, en las que el límite elástico del metal es de 350, 450 o incluso 550 MPa.

35

La lámina de aleación de aluminio de alta resistencia más común que se emplea en la actualidad es la composición AA6111, una aleación desarrollada por Alcan al principio de la década de los ochenta y que se describe en el documento US 4.614.552.

40

Para mantener y aumentar el uso del aluminio en estos vehículos, resulta deseable contar con un producto de mayor resistencia que, no obstante, conserve (o mejore) los niveles existentes de deformabilidad mientras que mantiene (o mejora) otras cualidades, tales como la actuación de corrosión.

45 **3. Técnica anterior**

La solicitud de patente japonesa JP 62-207642, publicada el 12 de septiembre de 1987, sugiere el revestimiento de un núcleo de aleación de la serie 6XXX (aluminio con Mg y Si como los principales elementos de aleación) con una capa de revestimiento de una aleación de la serie 5XXX (aluminio con Mg como el principal elemento de aleación). Esta publicación indica que un contenido en Si por encima del 0,5% en peso en la capa de revestimiento resulta indeseable, debido a que reduce la deformabilidad. La mezcla de aleaciones de la serie 6XXX y la serie 5XXX en este producto hace que sea menos favorable para el reciclaje.

50

Además, se describe la combinación de aleaciones de la serie 6XXX con aleaciones de la serie 1XXX, 2XXX y 3XXX en el documento US 2006-0185816. En particular, se produce la combinación de un núcleo de la aleación de composición convencional AA6111 con capas de revestimiento de AA3003 o AA3104 convencional. La estructura compuesta proporciona una mejora significativa en la plegabilidad/deformabilidad cuando se compara con AA6111 monolítico. Se indica que las resistencias a la tracción eran similares a las de la aleación de AA6111 monolítico, pero no más altas.

55

60

Debido a que habitualmente existe un compromiso entre la resistencia y la deformabilidad, ninguna de las publicaciones soluciona la necesidad de contar con un material de mayor resistencia con una buena deformabilidad y actuación de corrosión.

65

El documento JP-A-2000/129382 describe una aleación de Al-Mg-Si con Si del 0,2 al 1,8%, Mg del 0,2 al 1,6%, y Cu del 0,5 al 1,5% como aleación del núcleo, revestido por una aleación con la misma composición, excepto que su

contenido en cobre es  $\leq 0,1\%$ .

La capa de aleación de revestimiento superficial sin cobre constituye al menos 3% y hasta 20% del espesor total de la placa revestida. Se dice que la placa revestida muestra una excelente deformabilidad y, al mismo tiempo, una excelente resistencia a la corrosión filiforme.

El documento US-B2-6994.760 también aboga por el revestimiento para potenciar la resistencia a la corrosión en placas de aleaciones de Al-Mg-Si (AA6000). Para la capa de revestimiento se recomiendan aleaciones que tengan más del 1% de adiciones de aleación. Se ponen como ejemplos las aleaciones AA6003 y AA6253.

El documento WO 2007/128391 A1 se refiere a un producto de lámina revestida que comprende una lámina de núcleo y una lámina de revestimiento sobre una o ambas superficies de la lámina de núcleo, en la que la lámina de núcleo presenta una aleación de aluminio de la serie AA6000 y al menos un revestimiento que consiste en una aleación de aluminio de la serie AA6000 que tiene un contenido en Cu menor que 0,25% en peso y preferiblemente menor que 0,20% en peso.

Por tanto, un objeto de la invención es proporcionar un producto revestido de aleación de aluminio que presenta una resistencia mayor y una buena deformabilidad, así como resistencia a la corrosión, en especial para su uso en la industria de la automoción. Además, un objeto de la invención consiste en proporcionar un método para fabricar dicho producto revestido de aleación de aluminio. Este objeto se logra por medio del producto de lámina revestida que comprende las características de la reivindicación 1, así como el método que comprende las características de la reivindicación 15. Las realizaciones preferidas de la invención se indican en las reivindicaciones dependientes, respectivamente.

#### 4. Sumario de la invención

El nuevo producto proporciona los siguientes beneficios:

- una mejor actuación mecánica comparada con un producto de lámina de aluminio de alta resistencia monolítico convencional. En particular: una mayor resistencia, un excelente endurecimiento tras el horneado y una mejor deformabilidad.
- una buena resistencia a la corrosión, que es mejor que la de una lámina de aluminio de alta resistencia monolítica convencional.
- el producto es más fácil de reciclar y tiene mayor valor como material de desecho, porque las capas de núcleo y de revestimiento están fabricadas a partir de aleaciones de la serie 6XXX.

En un primer aspecto de la invención, se describe un producto de lámina revestida, que comprende una capa de núcleo y al menos una capa de revestimiento que tienen diferentes constituyentes de aleación y que se diferencian fundamentalmente en su contenido en Mg, Si y Cu. El término "lámina", tal como se emplea de forma amplia en la presente, pretende incluir calibres que a veces se denominan "placas" u "hojas", así como calibres de láminas intermedios entre placa y hoja.

Se ha descubierto que el producto de lámina revestida según la invención presenta una mejor combinación de resistencia y deformabilidad, según se desea para el uso en cuerpos de automóviles.

Las razones para limitar el constituyente de aleación de la manera indicada en las reivindicaciones se ofrecen a continuación:

Mg: El contenido en Mg en la capa de núcleo se ajusta para que sea del 0,90-1,40% en peso. Preferiblemente, el contenido en Mg es del 0,90-1,10% en peso, lo más preferiblemente de aproximadamente 0,95%. El contenido en Mg en la capa de revestimiento se ajusta para que sea del 0,30-0,70% en peso. Preferiblemente, el contenido en Mg es del 0,60-0,70% en peso, lo más preferiblemente con un valor diana de aproximadamente 0,61%.

En este contexto, los expertos en la técnica son muy conscientes del hecho de que los valores realmente medidos en un producto de lámina pueden desviarse ligeramente de los valores diana deseados, en especial en instalaciones a gran escala. Esta desviación es principalmente causada por inexactitudes de las mediciones durante la preparación del metal fundido antes del moldeado, así como por reacciones no deseadas de los constituyentes añadidos o sus subproductos con la escoria, la atmósfera o el revestimiento interior de los recipientes en los que el metal fundido es almacenado o moldeado. Por tanto, debe interpretarse que el valor diana es una cantidad más o menos la variación de moldeado típica para cada elemento.

Si: El contenido en Si en la capa de núcleo se ajusta para que sea del 1,00 al 1,40% en peso. Preferiblemente, el contenido en Si es del 1,00 al 1,10% en peso, lo más preferiblemente de aproximadamente 1,06% en peso. El contenido en Si en la capa de revestimiento se ajusta para que sea del 0,30-0,80% en peso. Preferiblemente, el

contenido en Si es del 0,50-0,80% en peso, lo más preferiblemente con un valor diana de aproximadamente 0,60%.

El Mg y el Si se combinan fundamentalmente como  $Mg_2Si$ , impartiendo una mejora considerable en la resistencia después del endurecimiento por maduración. Se requiere algo de exceso de Si, por encima de la proporción estequiométrica de  $Mg_2Si$  y para la formación de los constituyentes de  $Al(FeMn)Si$ , para ayudar a acelerar la maduración artificial. El contenido en Mg y Si se limita, porque un exceso de Si resulta perjudicial para la deformabilidad en general, en especial con respecto al radio mínimo de plegamiento sin grietas de la lámina. Por tanto, los contenidos de Mg y Si están equilibrados de tal forma que se logra el efecto reforzante deseado y para evitar que exista una elevada cantidad de Si en exceso en el material.

Cu: El contenido en Cu en la capa de núcleo se ajusta para que sea del 0,80 al 1,40% en peso. Preferiblemente, el contenido en Cu es del 0,80 al 1,00 en peso, lo más preferiblemente con un valor diana de aproximadamente 0,83% en peso. El contenido en Cu en la capa de revestimiento se ajusta para que sea menor que 0,30% en peso. Lo más preferiblemente, el contenido en Cu se ajusta determinando un valor diana de aproximadamente 0,14%. El contenido en Cu de las presentes aleaciones contribuye al límite elástico y, en especial, a la rapidez de la respuesta de endurecimiento por maduración, por ejemplo, cuando la lámina se somete a un tratamiento de horneado de la pintura, pero produce un efecto significativamente menos adverso sobre la plegabilidad que un exceso de silicio. Por tanto, el objetivo de la presente invención fue ajustar el contenido en Cu en la capa de núcleo y en la capa o capas de revestimiento de tal manera que se logra un límite elástico relativamente alto dentro de la capa de núcleo y una plegabilidad relativamente alta en dicha a menos una capa de revestimiento.

Fe: El contenido en Fe en la capa de núcleo se ajusta para que sea menor que 0,30% en peso. El contenido en Fe en la capa de revestimiento se ajusta para que sea menor que 0,30% en peso. Se ha descubierto que el contenido en Fe tiene un efecto significativo sobre el radio mínimo de plegamiento sin grietas. Habitualmente, el Fe no es soluble en aluminio, pero está presente como constituyente de la segunda fase, por ejemplo,  $FeAl_3$  o una fase de  $Al(FeMn)Si$ , con frecuencia localizada en los límites de los granos. Tras el plegamiento se inicia el agrietamiento en las interfases de los constituyentes y este se propaga. Por tanto, se cree que un bajo contenido en Fe y, preferiblemente, una distribución fina de las fases que portan hierro, mejora las características de plegabilidad del producto de lámina.

Mn: El contenido en Mn en la capa de núcleo se ajusta para que sea menor que 0,40% en peso. Preferiblemente, el contenido en Mn es del 0,30-0,35% en peso, lo más preferiblemente con un valor diana de aproximadamente 0,32%. El contenido en Mn en la capa de revestimiento se ajusta para que sea menor que 0,30% en peso. Preferiblemente, el contenido en Mn es del 0,05-0,20% en peso, lo más preferiblemente con un valor diana de aproximadamente 0,06%. Se cree que el manganeso contribuye a la resistencia y ayuda a controlar el tamaño de grano y la dureza de la lámina termotratada. Sin embargo, unas cantidades excesivas del 0,40% o más en la capa de núcleo, o del 0,30% en dicha al menos una capa de revestimiento, aumentan el tamaño de las partículas que contienen Fe, con las que el Mn se asocia de una manera no deseada, afectando con ello de forma adversa a la plegabilidad del producto de lámina según la invención.

Además, el Mn se combina con Fe y Si para formar dispersoides finos de tipo alfa- $Al(Mn,Fe)Si$  cúbicos, que contribuyen ligeramente a la resistencia de la aleación, pero que también actúan para estimular la transformación de la fase  $\beta$  moldeada (lo cual es perjudicial para la deformabilidad) en la fase  $\alpha$  durante la homogeneización. Como consecuencia, las presentes aleaciones de la capa de núcleo y de la capa de revestimiento opcionalmente contienen Mn pero a un nivel bajo o inexistente.

En una realización preferida de la invención, el producto de lámina revestida tiene un límite elástico  $R_p$  0,2 de al menos 140 MPa, en su condición de recocido T4, es decir, después de un termotratamiento en disolución y después de que se haya producido una maduración natural. En esta condición, la deformabilidad, expresada por el ángulo de deformación en un ensayo basado en el ensayo según DIN 50111, pero ligeramente diferente, preferiblemente varía de 5° en una pretensión de 0%, hasta un ángulo máximo de deformación de 75° a una pretensión de 15%.

En otra realización preferida de la invención, el producto de lámina revestida tiene un límite elástico  $R_p$  0,2 de al menos 140 MPa, más preferiblemente de al menos 240 MPa después de un endurecimiento por horneado.

Por tanto, el producto de lámina revestida según la invención proporciona una combinación mejorada de altas cantidades de Mg, Si y, en especial, Cu, en la capa de núcleo que en la capa de revestimiento. La combinación logra una mejor plegabilidad que una aleación monolítica que contienen los elementos de aleación de la capa de núcleo, así como una mayor resistencia comparada con la aleación de núcleo monolítica

En un segundo aspecto de la invención se describe un método para producir un producto de lámina revestida, en el que el producto de lámina revestida comprende una capa de núcleo y al menos una capa de revestimiento que tienen diferentes constituyentes de aleación y que se diferencian fundamentalmente en su contenido en Mg, Si y Cu. El producto de lámina revestida según la invención se produce a partir de un lingote compuesto que contiene la capa de núcleo y la capa de revestimiento. Estos lingotes compuestos se logran mediante un método de comoldeado. Estos métodos de comoldeado son conocidos, en general, por los expertos en la técnica. Sin embargo, un modo

especialmente preferido para producir lingotes compuestos por comoldeado se describe en el documento WO 2004/112992.

5 Este es un método para el moldeo de un lingote de metal compuesto que comprende al menos dos capas formadas por una o más composiciones de aleación. El método según el documento WO 2004/112992 comprende proporcionar un molde anular con extremos abiertos que presenta un extremo de alimentación y un extremo de salida, en el que el metal fundido se añade por el extremo de alimentación y se extrae un lingote solidificado del extremo de salida.

10 Se emplean paredes divisorias para dividir el extremo de alimentación en dos cámaras de alimentación separadas, y las paredes divisorias terminan por encima del extremo de salida del molde, y cada cámara de alimentación está adyacente al menos a otra cámara de alimentación. Para cada par de cámaras de alimentación adyacentes se introduce una primera corriente de una primera aleación en una del par de cámaras de alimentación para formar un baño de metal en la primera cámara y se introduce una segunda corriente de una segunda aleación en la segunda  
15 del par de cámaras de alimentación para formar un baño de metal en la segunda cámara. El primer baño de metal se pone en contacto con la pared divisoria entre el par de cámaras para enfriar el primer baño para formar una superficie autoestable adyacente a la pared divisoria. Después el segundo baño de metal se pone en contacto con el primer baño, de modo que el segundo baño primero se pone en contacto con la superficie autoestable del primer baño en un punto en el que la temperatura de la superficie autoestable está entre la temperatura de sólido y de  
20 líquido de la primera aleación. Por tanto, los dos baños de aleación se unen en forma de dos capas y se enfrían para formar un lingote compuesto.

Según la invención, después de haber producido el lingote compuesto, el lingote se homogeneiza, y se prensa con rodillos en caliente y frío para producir una lámina con el calibre deseado. Después, la lámina prensada con rodillos  
25 recibe un termotratamiento en disolución ("solution heat treated", SHT), seguido de una extinción, una premaduración y un enfriamiento lento hasta la temperatura ambiente. Después el producto de lámina puede someterse a un endurecimiento por horneado típico de la industria, es decir, a unas temperaturas en el intervalo de 170 °C a 205 °C. La duración del tratamiento de premaduración es preferiblemente de entre 20 y 30 minutos.

30 El enfriamiento lento del producto de lámina premadurada se realiza preferiblemente en una espiral. Las velocidades de enfriamiento más preferidas son menores que 25 °C/hora.

El método según la invención sirve para producir un producto de lámina revestida que proporciona los efectos ventajosos mencionados anteriormente, frente a láminas de aleaciones compuestas conocidas en la técnica anterior.  
35 Este producto según la invención se logra de una manera barata y fiable, con un alto grado de flexibilidad para ajustar los parámetros del método en las distintas etapas del método.

### 5. Breve descripción de los dibujos

40 A continuación, la invención se describirá con más detalle remitiéndose a los dibujos adjuntos, que muestran los resultados de ensayos realizados con la realización preferida de la invención reivindicada. Ni la descripción detallada ni las figuras pretenden limitar el alcance de protección, que es definido por las reivindicaciones adjuntas.

45 La figura 1 es un diagrama que ilustra los resultados de ensayos de tracción realizados a diferentes condiciones de endurecimiento por horneado con láminas según la invención y con láminas comparativas;

la figura 2 es un diagrama que ilustra los resultados de ensayos de deformación realizados a diferentes pretensiones con láminas según la invención y con láminas comparativas.

### 50 6. Ejemplos y resultados

#### a) Preparación de la muestra:

55 Se moldearon lingotes compuestos que tienen un espesor de 560 mm empleando el proceso descrito en el documento WO 04/112992. La composición del núcleo en porcentaje en peso fue de:

|    |      |
|----|------|
| Mg | 0,95 |
| Si | 1,06 |
| Cu | 0,83 |
| Mn | 0,32 |
| Fe | 0,21 |

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

60 y la composición de la capa de revestimiento en porcentaje en peso fue de:

## ES 2 656 348 T3

|    |      |
|----|------|
| Mg | 0,61 |
| Si | 0,60 |
| Cu | 0,14 |
| Mn | 0,06 |
| Fe | 0,16 |

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

- 5 El lingote se descostró para eliminar 25 mm de cada lado para producir una lámina en la que las dos capas de revestimiento representan 10% del espesor total del lingote.

Después el lingote se homogeneizó a una temperatura de 530 °C durante 17 horas después de un tiempo de calentamiento de 10 horas.

- 10 Después el lingote homogeneizado se prensó con rodillos en caliente empleando prácticas convencionales y después se prensó con rodillos en frío para conseguir diversos calibres de 1,2 o 1,0 mm.

- 15 La lámina prensada con rodillos en frío después se trató en disolución en una línea de tratamiento en disolución continua con una temperatura del horno de 580 °C para proporcionar unas temperaturas máximas del metal de aproximadamente 565 °C. Se emplearon dos velocidades de la línea, lo cual significa que la lámina estuvo dentro del horno durante 17 o 25 segundos.

- 20 Después del termotratamiento en disolución, la lámina se extinguió con agua y se sometió a una práctica de premaduración, seguida de un enfriamiento lento hasta la temperatura ambiente.

Para la comparación, se empleó una aleación para láminas de automoción bien establecida, AA6111, fabricada de la misma manera.

- 25 Para simular un recocido T4, muestras del producto de la invención y de la lámina de referencia 6111 producidas como se ha indicado se colocan en un horno a 65 °C durante 24 horas, se retiran y se dejan enfriar.

- 30 Aparte de este recocido, otras muestras se sometieron a diversos tratamientos de maduración adicionales que representan los termotratamientos de procesamiento de horneado de pintura que se emplean habitualmente en la producción de automóviles. Las diversas condiciones fueron:

- 35 170 °C durante 20 minutos  
180 °C durante 30 minutos  
205 °C durante 30 minutos  
2% de tensión más 170 °C durante 20 minutos  
2% de tensión más 185 °C durante 20 minutos

- 40 También se sometieron muestras del material T4 a diferentes cantidades de pretensión para simular el tipo de conformación que se emplea en la industria cuando se fabrican partes conformadas. La cantidad de pretensión fue de 5, 7, 10 y 15%.

### b) Propiedades mecánicas:

- 45 Se midieron las propiedades de tracción de todas las muestras empleando una máquina de ensayo Zwick Z050.

La siguiente tabla 1 muestra los datos del ensayo de tracción, Rp 0,2 (MPa), para diferentes condiciones de endurecimiento por horneado.

Tabla 1

| Condiciones de endurecimiento por horneado | Referencia 6111 | Producto de la invención, SHT 17 s | Producto de la invención, SHT 25 s |
|--|-----------------|------------------------------------|------------------------------------|
| T4, transversal                            | 125             | 142                                | 142                                |
| 170 °C, 20'                                | 183             | 210                                | 204                                |
| 180 °C, 30'                                | 230             | 241                                | 234                                |
| 205 °C, 30'                                | 288             | 297                                | 299                                |
| 2% + 170 °C, 20'                           | 220             | 255                                | 253                                |
| 2% + 185 °C, 20'                           | 260             | 293                                | 289                                |

- 50 Independientemente del tiempo de tratamiento en disolución, el producto de la invención mostró unos límites elásticos mayores que la referencia monolítica 6111.

La deformabilidad de las muestras se midió empleando un ensayo de plegamiento basado en DIN 50111, pero con ligeras modificaciones en el procedimiento. En este ensayo, se coloca un trozo de lámina de 60 mm x 60 mm, bajo diferentes condiciones de pretensión, sobre dos rodillos cilíndricos, estando los rodillos separados por una distancia igual al doble del espesor de la lámina. El diámetro de cada rodillo era de 30 mm. Tras la carga, una barra de punzón cónico de 100 mm de anchura empuja la lámina hacia el hueco entre los rodillos. La fuerza del punzón se mide, así como el desplazamiento. En el punto de la deformación plástica (es decir, al inicio del agrietamiento), la carga necesaria para deformar la lámina disminuye, se reduce la fuerza del punzón y el ensayo se detiene automáticamente. La lámina ensayada de este modo se deforma en una forma de V y se mide el ángulo interno de la V. Cuanto menor sea el ángulo, mejor es la deformabilidad de la lámina. Este ensayo resulta preferible a otros ensayos de deformabilidad, porque los resultados no dependen mucho, o en absoluto, del criterio del operario. La tabla 2 muestra los respectivos resultados.

La siguiente tabla 2 muestra el ángulo de deformación comparado con la pretensión para diferentes productos.

Tabla 2

| Porcentaje de pretensión | Producto de la invención, SHT 17 s | Producto de la invención, SHT 25 s | Referencia 6111 |
|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------|
| 0                        | 5                                  | 4                                  | 10              |
| 5                        | 23                                 | 25                                 | 35              |
| 7                        | 35                                 | 38                                 | 51              |
| 10                       | 43                                 | 54                                 | 58              |
| 15                       | 65                                 | 70                                 | 85              |

En todos los casos, el producto de la invención, independientemente del tiempo de tratamiento en disolución, presenta una mejor deformabilidad que la referencia AA6111.

### c) Corrosión

Se analizó la actuación de corrosión de los diferentes productos empleando el ensayo de pulverización de sal acelerada de cobre DIN50021 ("Copper Accelerated Salt Spray", (ensayo CASS)), y el ensayo de corrosión filiforme según DIN EN3665 con una duración del tratamiento de 500 o 1000 horas.

Se prepararon muestras pintadas a partir muestras de láminas con un espesor de 1 mm. La superficie de las muestras de láminas se preparó mediante fosfatación con cinc y después se electrorrevistió con Cathoguard 310 de BASF, curándose la pintura durante 30 minutos a 180 °C.

Antes de la exposición, las muestras se sometieron a un rayado cruzado, con rayado débil y fuerte, sobre las superficies, que fueron lijadas o ligeramente lijadas con papel de lija P180.

La evaluación de las muestras después del ensayo CASS se realizó midiendo el porcentaje de las líneas rayadas que muestran formación de ampollas y midiendo el tamaño del diámetro máximo de la ampolla en mm. Los resultados se tabulan a continuación.

### d) Resultados de CASS:

Lámina según la invención:

| Ensayo/muestra                                | No lijada      |                | Ligeramente lijada |                |
|---|----------------|----------------|--------------------|----------------|
|   | Líneas débiles | Líneas fuertes | Líneas débiles     | Líneas fuertes |
| CASS, 6 días de exposición                    |                |                |                    |                |
| Porcentaje de longitud de líneas con ampollas | 25             | 50             | 75                 | 100            |
| Tamaño máximo de las ampollas                 | 1              | 1              | 2                  | 3              |

Lámina AA6111 convencional:

| Ensayo/muestra                                | No lijada      |                | Ligeramente lijada |                |
|---|----------------|----------------|--------------------|----------------|
|   | Líneas débiles | Líneas fuertes | Líneas débiles     | Líneas fuertes |
| CASS, 6 días de exposición                    |                |                |                    |                |
| Porcentaje de longitud de líneas con ampollas | 25             | 50             | 75                 | 100            |
| Tamaño máximo de las ampollas                 | 1              | 1              | 5                  | 5              |

Se evaluó la corrosión filiforme midiendo la cantidad de filamentos filiformes y la longitud de los filamentos filiformes. En términos de la cantidad de filamentos, un valor de 1 representa muy pocos filamentos, y un valor de 5 representa muchos filamentos. En términos de longitud, un valor de 1 representa filamentos cortos y 5 significa filamentos largos.

**e) Resultados de la corrosión filiforme**

Lámina según la invención:

| Ensayo/muestra              | No lijada      |                | Ligeramente lijada |                |
|-----------------------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|
|                             | Líneas débiles | Líneas fuertes | Líneas débiles     | Líneas fuertes |
| Corrosión filiforme, 500 hr |                |                |                    |                |
| Cantidad de filamentos      | 1              | 1              | 3                  | 3              |
| Longitud de los filamentos  | 1              | 1              | 3                  | 3              |

5

Lámina AA6111 convencional:

| Ensayo/muestra              | No lijada      |                | Ligeramente lijada |                |
|-----------------------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|
|                             | Líneas débiles | Líneas fuertes | Líneas débiles     | Líneas fuertes |
| Corrosión filiforme, 500 hr |                |                |                    |                |
| Cantidad de filamentos      | 4              | 4              | 4                  | 4              |
| Longitud de los filamentos  | 2              | 2              | 3                  | 3              |

Lámina según la invención:

10

| Ensayo/muestra               | No lijada      |                | Ligeramente lijada |                |
|------------------------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|
|                              | Líneas débiles | Líneas fuertes | Líneas débiles     | Líneas fuertes |
| Corrosión filiforme, 1000 hr |                |                |                    |                |
| Cantidad de filamentos       | 1              | 1              | 4                  | 4              |
| Longitud de los filamentos   | 1              | 1              | 3                  | 3              |

Lámina AA6111 convencional:

| Ensayo/muestra               | No lijada      |                | Ligeramente lijada |                |
|------------------------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|
|                              | Líneas débiles | Líneas fuertes | Líneas débiles     | Líneas fuertes |
| Corrosión filiforme, 1000 hr |                |                |                    |                |
| Cantidad de filamentos       | 4              | 5              | 4                  | 4              |
| Longitud de los filamentos   | 2              | 2              | 4                  | 4              |

15 Los resultados de CASS después de 6 días de exposición a la disolución de pulverizado de sal fueron menos concluyentes que los resultados de corrosión filiforme, pero, no obstante, en todos los casos, el producto revestido mostró una actuación de corrosión mejor o igual cuando se compara con la aleación AA6111 convencional.

20 Como resultado de este trabajo, ha sido posible crear un nuevo producto con mejores niveles de resistencia, mejor deformabilidad y mejor resistencia a la corrosión, comparado con una lámina de aleación de la serie 6XXX de alta resistencia del mercado, más habitual. Este nuevo producto según la invención resulta particularmente adecuado para ciertos usos, tales como productos de láminas para la industria de la automoción y aeroespacial, así como para el transporte por carretera y por ferrocarril, por ejemplo, camiones, autobuses, automotores y similares.



**REIVINDICACIONES**

1. Un producto de lámina revestida, que comprende una capa de núcleo y al menos una capa de revestimiento, en el que el núcleo comprende una aleación con la siguiente composición en porcentaje en peso:

5

|    |           |
|----|-----------|
| Mg | 0,90-1,40 |
| Si | 1,00-1,40 |
| Cu | 0,80-1,40 |
| Mn | < 0,40    |
| Cr | < 0,20    |
| Fe | < 0,30    |

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

10

y dicha al menos una capa de revestimiento comprende una aleación con la siguiente composición en porcentaje en peso:

|    |           |
|----|-----------|
| Mg | 0,30-0,70 |
| Si | 0,30-0,80 |
| Cu | < 0,30    |
| Mn | < 0,30    |
| Fe | < 0,30    |

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

15

2. El producto de lámina revestida según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el contenido en Si en dicha al menos una capa de revestimiento es mayor que 0,50% en peso, preferiblemente con un valor diana de aproximadamente 0,60% en peso.

20

3. El producto de lámina revestida según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el contenido en Mg en dicha al menos una capa de revestimiento es del 0,60-0,70% en peso, preferiblemente con un valor diana de aproximadamente 0,61% en peso.

25

4. El producto de lámina revestida según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el contenido en Mn en dicha al menos una capa de revestimiento es del 0,05-0,20% en peso, preferiblemente con un valor diana de aproximadamente 0,06% en peso.

30

5. El producto de lámina revestida según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el contenido en Mg en dicha la capa de núcleo es de aproximadamente 0,90-1,10% en peso, preferiblemente con un valor diana de aproximadamente 0,95% en peso.

35

6. El producto de lámina revestida según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el contenido en Si en la capa de núcleo es de aproximadamente 1,00-1,10% en peso, preferiblemente con un valor diana de aproximadamente 1,06% en peso.

40

7. El producto de lámina revestida según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el contenido en Cu en la capa de núcleo es de aproximadamente 0,80-1,00% en peso, preferiblemente con un valor diana de aproximadamente 0,83% en peso.

45

8. El producto de lámina revestida según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el contenido en Mn en la capa de núcleo es de aproximadamente 0,30-0,35% en peso, preferiblemente con un valor diana de aproximadamente 0,32% en peso.

50

9. El producto de lámina revestida según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el producto de lámina revestida tiene un límite elástico Rp 0,2 de al menos 140 MPa, en su condición de recocido T4.

10. El producto de lámina revestida según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el producto de lámina revestida tiene un límite elástico endurecido con horneado Rp 0,2 de al menos 210 MPa, preferiblemente de al menos 240 MPa.

55

11. El producto de lámina revestida según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el producto de lámina revestida, en su condición de recocido T4, tiene un ángulo máximo de deformación de 30° a una pretensión de 5%.

12. El producto de lámina revestida según la reivindicación 11, **caracterizado por que** el producto de lámina

revestida, en su condición de recocido T4, tiene un ángulo máximo de deformación de 40° a una pretensión de 7%.

13. El producto de lámina revestida según las reivindicaciones 11 o 12, **caracterizado por que** el producto de lámina revestida, en su condición de recocido T4, tiene un ángulo máximo de deformación de 55° a una pretensión de 10%.

14. El producto de lámina revestida según las reivindicaciones 11 a 13, **caracterizado por que** el producto de lámina revestida, en su condición de recocido T4, tiene un ángulo máximo de deformación de 75° a una pretensión de 15%.

15. Un método para producir un producto de lámina revestida según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende las etapas de:

- preparar un lingote compuesto que presenta una capa de núcleo y al menos una capa de revestimiento;
- realizar un tratamiento de homogeneización;
- prensar con rodillos en caliente el lingote compuesto homogeneizado para producir un producto de lámina prensada con rodillos en caliente;
- prensar con rodillos en frío el producto de lámina prensada con rodillos en caliente para producir un producto de lámina prensada con rodillos en frío;
- realizar un tratamiento en disolución; y
- extinguir el producto de lámina prensada con rodillos en frío sometida al tratamiento en disolución, seguido de una premaduración y un enfriamiento lento hasta la temperatura ambiente,

**caracterizado por que** la preparación del lingote compuesto se realiza aplicando un método de comoldeado.

16. El método según la reivindicación 15, **caracterizado por que** el método de comoldeado comprende las siguientes etapas:

- proporcionar un molde anular con extremos abiertos que presenta un extremo de alimentación y un extremo de salida, en el que el metal fundido se añade por el extremo de alimentación y se extrae un lingote solidificado del extremo de salida;
- proporcionar al menos una pared divisoria para dividir el extremo de alimentación en al menos dos cámaras de alimentación separadas, y las paredes divisorias terminan por encima del extremo de salida del molde, y cada cámara de alimentación está adyacente al menos a otra cámara de alimentación;
- introducir una primera corriente de una primera aleación en una del par de cámaras de alimentación para formar un baño de metal en la primera cámara;
- introducir una segunda corriente de una segunda aleación en la segunda del par de cámaras de alimentación para formar un baño de metal en la segunda cámara;
- poner en contacto el primer baño de metal con la pared divisoria entre el par de cámaras para enfriar el primer baño para formar una superficie autoestable adyacente a la pared divisoria;
- poner en contacto el segundo baño de metal con el primer baño, de modo que el segundo baño primero se pone en contacto con la superficie autoestable del primer baño en un punto en el que la temperatura de la superficie autoestable está entre la temperatura de sólido y de líquido de la primera aleación.

17. El método según las reivindicaciones 15 o 16, **caracterizado por que** el tratamiento de homogeneización se realiza a una temperatura de entre 500 y 550 °C durante 15-20 horas, preferiblemente después de un tiempo de calentamiento de más de 8 horas.

18. El método según las reivindicaciones 15 a 17, **caracterizado por que** la temperatura de homogeneización es de aproximadamente 530 °C y el tiempo de calentamiento es de aproximadamente 10 horas.

19. El método según las reivindicaciones 15 a 18, **caracterizado por que** el calibre final del producto de lámina prensada con rodillos en frío está en el intervalo de 1,0 a 1,2 mm.

20. El método según las reivindicaciones 15 a 19, **caracterizado por que** el termotratamiento en disolución se realiza en un intervalo de temperatura de entre 550 y 590 °C.

21. El método según la reivindicación 20, **caracterizado por que** el termotratamiento en disolución se realiza en un horno continuo, cuya temperatura está en el intervalo de 570 a 590 °C.

22. El método según las reivindicaciones 20 o 21, **caracterizado por que** el tiempo de permanencia del producto de lámina prensada con rodillos en frío en el horno continuo es de entre 15 y 30 segundos.

23. El método según las reivindicaciones 15 a 22, **caracterizado por que** la etapa de extinción comprende la extinción con agua del producto de lámina termotratada en disolución.

24. El uso del producto revestido según las reivindicaciones 1 a 14 como un producto de lámina para la industria de la automoción.

25. El uso del producto revestido según las reivindicaciones 1 a 14 como un producto de lámina para la industria aeroespacial.

5

Fig. 1

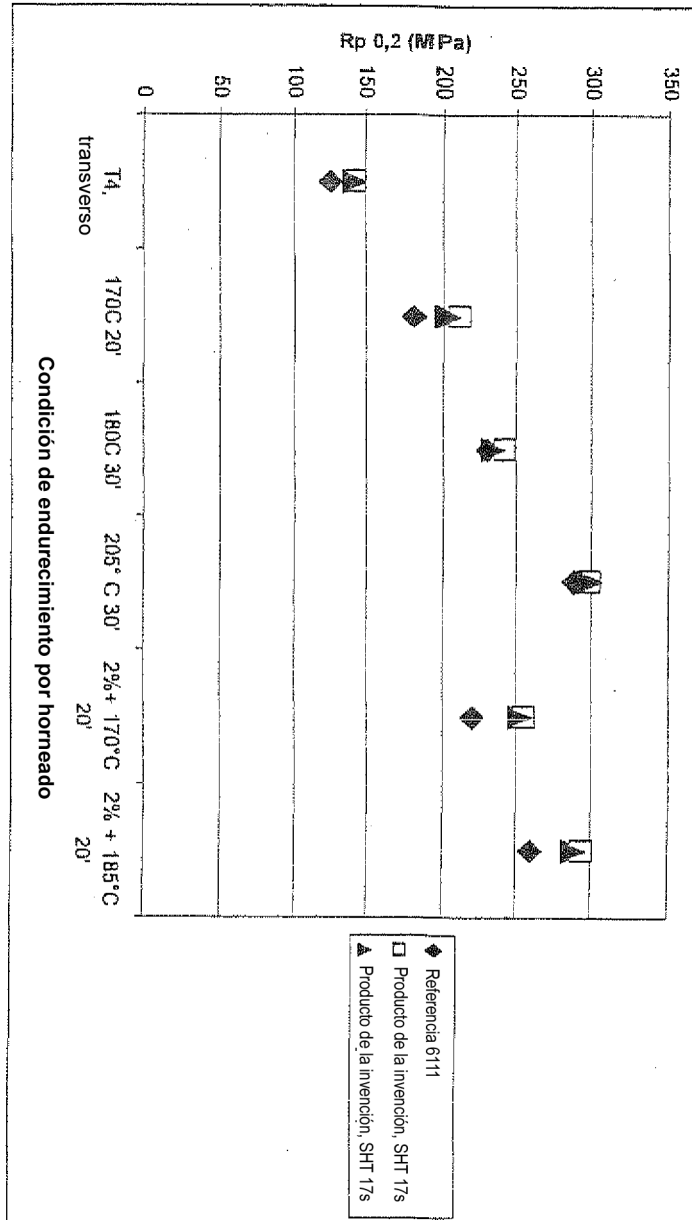


Fig. 2

