

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 741 361**

51 Int. Cl.:

**C23C 2/00** (2006.01)

**C23C 2/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.07.2016 PCT/IB2016/000977**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.02.2017 WO17017513**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.07.2016 E 16741987 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 3329028**

54 Título: **Lámina de acero recubierta con un recubrimiento metálico a base de aluminio**

30 Prioridad:

**30.07.2015 WO PCT/IB2015/001281**

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

**10.02.2020**

73 Titular/es:

**ARCELORMITTAL (100.0%)  
24-26 Boulevard d'Avranches  
1160 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:

**ALLELY, CHRISTIAN;  
MACHADO AMORIM, TIAGO;  
DE STRYCKER, JOOST y  
VAN DEN BERGH, KRISTA, GODELIEVE, OSCAR**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

ES 2 741 361 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

Lámina de acero recubierta con un recubrimiento metálico a base de aluminio

5 **[0001]** La presente invención se refiere a una lámina de acero recubierta con un recubrimiento metálico. La invención es particularmente adecuada para la fabricación de vehículos automotores.

**[0002]** Los recubrimientos a base de zinc se utilizan generalmente porque permiten una protección contra la corrosión gracias a la protección de barrera y la protección catódica. El efecto barrera se obtiene mediante la aplicación  
10 de un recubrimiento metálico sobre una superficie de acero. Por lo tanto, los recubrimientos metálicos evitan el contacto entre el acero y la atmósfera corrosiva. El efecto barrera es independiente de la naturaleza del recubrimiento y del sustrato. Por el contrario, la protección catódica de sacrificio se basa en el hecho de que el zinc es un metal menos noble que el acero. Por lo tanto, si se produce corrosión, el zinc se consume preferentemente al acero. La protección catódica es esencial en áreas donde el acero está directamente expuesto a una atmósfera corrosiva, como  
15 los bordes cortados donde el zinc circundante se consumirá antes que el acero.

**[0003]** Sin embargo, cuando el procedimiento de endurecimiento por presión se realiza en dichas láminas de acero recubiertas con zinc, por ejemplo mediante estampación en caliente, se observan microgrietas en el acero que se extienden desde el recubrimiento. Además, la etapa de pintar algunas piezas endurecidas recubiertas con zinc  
20 requiere operaciones de lijado antes de la fosfatación debido a la presencia de una capa débil de óxidos en la superficie de la pieza.

**[0004]** Otros recubrimientos metálicos que se utilizan generalmente para la producción de vehículos automotores son los recubrimientos a base de aluminio y silicio. No hay microgrietas en el acero cuando se realiza el  
25 procedimiento de endurecimiento a presión debido a la presencia de una capa intermetálica Al-Si-Fe. Además, tienen una buena aptitud para pintar. Permiten una protección por efecto barrera y pueden soldarse. Sin embargo, no permiten una protección catódica o tienen una protección catódica muy baja.

**[0005]** La solicitud de patente EP1225246 describe un material recubierto con aleación de Zn-Al-Mg-Si, en el  
30 que el recubrimiento comprende, en términos de % en peso, Al: al menos el 45 % y no más del 70 %, Mg: al menos el 3 % y menos del 10 %, Si: al menos el 3 % y menos del 10 %, con el resto de Zn y las impurezas inevitables, en el que la relación Al/Zn es de 0,89 a 2,75 y la capa de recubrimiento contiene una fase voluminosa de Mg<sub>2</sub>Si. También describe un material de acero recubierto con aleación Zn-Al-Mg-Si, en el que el recubrimiento comprende, en términos de % en peso, Al: al menos el 45 % y no más del 70 %, Mg: al menos el 1 % y menos del 5 %, Si: al menos el 0,5 %  
35 y menos del 3 %, y el resto de Zn e impurezas inevitables, en el que la relación de Al/Zn es de 0,89 a 2,75 y la capa de recubrimiento contiene una fase escamosa de Mg<sub>2</sub>Si. Estos recubrimientos específicos muestran resistencia a la corrosión sin pintar y la resistencia a la deformación de los bordes en las secciones de borde cortados después de pintar.

**[0006]** Sin embargo, la fabricación de fases específicas de Mg<sub>2</sub>Si, escamosas o voluminosas es compleja. De hecho, depende del tamaño y de la relación del tamaño medio de diámetro corto con respecto al diámetro largo de las fases Mg<sub>2</sub>Si, como se observa con una sección transversal pulida a 5°. El tamaño se ve afectado predominantemente por la velocidad de enfriamiento después del recubrimiento en caliente. Además, la fabricación de las fases de Mg<sub>2</sub>Si también depende de la cantidad de Mg y Si.  
40

**[0007]** Desde un punto de vista industrial, las fases de Mg<sub>2</sub>Si pueden ser difíciles de obtener debido a estos criterios específicos. Por lo tanto, existe el riesgo de que no se obtenga la fase deseada de Mg<sub>2</sub>Si.

**[0008]** El objetivo de la invención es proporcionar una lámina de acero recubierta fácil de conformar que tenga  
50 una protección reforzada contra la corrosión, es decir, una protección catódica de sacrificio además de protección de barrera, antes y después de la conformación.

**[0009]** En términos de corrosión protectora de sacrificio, el potencial electroquímico debe ser al menos 50 mV más negativo que el potencial del acero, es decir, un potencial máximo de -0,78V con respecto a un electrodo saturado  
55 de calomel (SCE). Es preferible no disminuir el potencial a un valor de -1,4V/SCE, incluso -1,25V/SCE, que implicaría un consumo rápido y finalmente reduciría el período de protección del acero.

**[0010]** Esto se logra proporcionando una lámina de acero recubierta con un recubrimiento metálico según la reivindicación 1. La lámina de acero recubierta también puede comprender cualquier característica de las  
60 reivindicaciones 2 a 19, tomadas solas o en combinación.

**[0011]** La invención también incluye piezas recubiertas con un recubrimiento metálico que tiene una protección catódica de sacrificio según la reivindicación 20. La pieza también puede comprender cualquier característica de las reivindicaciones 21 a 24.

65

**[0012]** La invención también incluye el uso de una pieza recubierta para la fabricación de un vehículo automotor según la reivindicación 25.

**[0013]** Para ilustrar la invención, se describirán diversas realizaciones y ensayos de ejemplos no limitantes, en particular con referencia a la siguiente figura:

La figura 1 ilustra un ciclo de corrosión correspondiente a 168 horas de la norma VDA 233-102.

**[0014]** Otras características y ventajas de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de la invención.

**[0015]** Cualquier acero puede usarse ventajosamente en el marco de la invención. Sin embargo, en el caso de que se necesite acero con alta resistencia mecánica, en particular para piezas de la estructura del vehículo automotor, se puede usar acero con una resistencia a la tracción superior a 500 MPa, ventajosamente entre 500 y 2000 MPa antes o después del tratamiento con calor. La composición en peso de la lámina de acero es preferentemente la siguiente: 0,03 % ≤ C ≤ 0,50 %; 0,3 % ≤ Mn ≤ 3,0 %; 0,05 % ≤ Si ≤ 0,8 %; 0,015 % ≤ Ti ≤ 0,2 %; 0,005 % ≤ Al ≤ 0,1 %; 0 % ≤ Cr ≤ 2,50 %; 0 % ≤ S ≤ 0,05 %; 0 % ≤ P ≤ 0,1 %; 0 % ≤ B ≤ 0,010 %; 0 % ≤ Ni ≤ 2,5 %; 0 % ≤ Mo ≤ 0,7 %; 0 % ≤ Nb ≤ 0,15 %; 0 % ≤ N ≤ 0,015 %; 0 % ≤ Cu ≤ 0,15 %; 0 % ≤ Ca ≤ 0,01 %; 0 % ≤ W ≤ 0,35 %, siendo el resto hierro e impurezas inevitables de la fabricación de acero.

**[0016]** Por ejemplo, la lámina de acero es 22MnB5 con la siguiente composición: 0,20 % ≤ C ≤ 0,25 %; 0,15 % ≤ Si ≤ 0,35 %; 1,10 % ≤ Mn ≤ 1,40 %; 0 % ≤ Cr ≤ 0,30 %; 0 % ≤ Mo ≤ 0,35 %; 0 % ≤ P ≤ 0,025 %; 0 % ≤ S ≤ 0,005 %; 0,020 % ≤ Ti ≤ 0,060 %; 0,020 % ≤ Al ≤ 0,060 %; 0,002 % ≤ B ≤ 0,004 %, siendo el resto hierro e impurezas inevitables de la fabricación de acero.

**[0017]** La lámina de acero puede ser Usibor®2000 con la siguiente composición: 0,24 % ≤ C ≤ 0,38 %; 0,40 % ≤ Mn ≤ 3 %; 0,10 % ≤ Si ≤ 0,70 %; 0,015 % ≤ Al ≤ 0,070 %; 0 % ≤ Cr ≤ 2 %; 0,25 % ≤ Ni ≤ 2 %; 0,020 % ≤ Ti ≤ 0,10 %; 0 % ≤ Nb ≤ 0,060 %; 0,0005 % ≤ B ≤ 0,0040 %; 0,003 % ≤ N ≤ 0,010 %; 0,0001 % ≤ S ≤ 0,005 %; 0,0001 % ≤ P ≤ 0,025 %; entendiéndose que los contenidos de titanio y nitrógeno satisfacen Ti/N > 3,42; y que los contenidos de carbono, manganeso, cromo y silicio satisfacen:

$$2,6C + \frac{Mn}{5,3} + \frac{Cr}{13} + \frac{Si}{15} \geq 1,1\%$$

comprendiendo la composición opcionalmente uno o más de los siguientes: 0,05 % ≤ Mo ≤ 0,65 %; 0,001 % ≤ W ≤ 0,30 %; 0,0005 % ≤ Ca ≤ 0,005 %, siendo el resto hierro e impurezas inevitables de la fabricación de acero.

**[0018]** Por ejemplo, la lámina de acero es Ductibor®500 con la siguiente composición: 0,040 % ≤ C ≤ 0,100 %; 0,80 % ≤ Mn ≤ 2,00 %; 0 % ≤ Si ≤ 0,30 %; 0 % ≤ S ≤ 0,005 %; 0 % ≤ P ≤ 0,030 %; 0,010 % ≤ Al ≤ 0,070 %; 0,015 % ≤ Nb ≤ 0,100 %; 0,030 % ≤ Ti ≤ 0,080 %; 0 % ≤ N ≤ 0,009 %; 0 % ≤ Cu ≤ 0,100 %; 0 % ≤ Ni ≤ 0,100 %; 0 % ≤ Cr ≤ 0,100 %; 0 % ≤ Mo ≤ 0,100 %; 0 % ≤ Ca ≤ 0,006 %, siendo el resto hierro e impurezas inevitables de la fabricación de acero.

**[0019]** La lámina de acero se puede obtener mediante laminación en caliente y, opcionalmente, laminación en frío dependiendo del espesor deseado, que puede ser, por ejemplo, entre 0,7 y 3,0 mm.

**[0020]** La invención se refiere a una lámina de acero recubierta con un recubrimiento metálico que comprende del 2,0 al 24,0 % en peso de zinc, del 7,1 al 12,0 % en peso de silicio, opcionalmente del 1,1 al 8,0 % en peso de magnesio, y opcionalmente elementos adicionales elegidos de Pb, Ni, Zr o Hf, siendo el contenido en peso de cada elemento adicional inferior al 0,3 % en peso, siendo el resto aluminio e impurezas y elementos residuales inevitables, en la que la relación Al/Zn es superior a 2,9. Los recubrimientos metálicos según la invención tienen una alta protección de sacrificio.

**[0021]** Preferentemente, el recubrimiento metálico no comprende elementos seleccionados entre Cr, Mn, Ti, Ce, La, Nd, Pr, Ca, Bi, In, Sn y Sb o sus combinaciones. En otra realización preferida, el recubrimiento metálico no comprende ninguno de los siguientes compuestos: Cr, Mn, Ti, Ce, La, Nd, Pr, Ca, Bi, In, Sn y Sb. De hecho, sin desear estar sujeto a teoría alguna, parece que cuando estos compuestos están presentes en el recubrimiento, existe el riesgo de que las propiedades del recubrimiento, tales como el potencial electroquímico, se alteren, debido a sus posibles interacciones con los elementos esenciales de los recubrimientos.

**[0022]** Preferentemente, la relación Al/Zn es inferior o igual a 8,5. Preferentemente, la relación Al/Zn está entre 3,0 y 7,5, ventajosamente entre 4,0 y 6,0. Sin desear estar sujeto a teoría alguna, parece que si no se cumplen estas condiciones, existe el riesgo de que la protección de sacrificio disminuya porque las fases ricas en zinc no están en cantidad suficiente en el recubrimiento.

- [0023]** En una realización preferida, la capa de recubrimiento comprende además una fase de Al-Zn.
- [0024]** Ventajosamente, el recubrimiento metálico comprende del 10,0 al 20,0 %, preferentemente del 10,0 al 5 15,0 %, en peso de zinc.
- [0025]** Preferentemente, el recubrimiento metálico comprende del 8,1 al 10,0 % en peso de silicio.
- [0026]** Ventajosamente, el recubrimiento comprende del 3,0 al 8,0 % en peso de magnesio, preferentemente 10 del 3,0 al 5,0 % en peso de magnesio. Sin desear estar sujeto a teoría alguna, se ha descubierto que la adición de magnesio en el intervalo anterior mejora aún más las propiedades anticorrosivas.
- [0027]** Preferentemente, comprendiendo la microestructura de dicho recubrimiento una fase de Mg<sub>2</sub>Si. En otra 15 realización preferida, la microestructura de dicho recubrimiento comprende además una fase de MgZn<sub>2</sub>.
- [0028]** Ventajosamente, la cantidad de aluminio es superior al 71 %, preferentemente superior al 76 % en peso.
- [0029]** El recubrimiento puede depositarse por cualquier procedimiento conocido por el experto en la materia, 20 por ejemplo, el procedimiento de galvanización por inmersión en caliente, el procedimiento de electrogalvanización, la deposición física de vapor, tal como la deposición de vapor de chorro o el magnetrón de pulverización. Preferentemente, el recubrimiento se deposita mediante un procedimiento de galvanización por inmersión en caliente. En este procedimiento, la lámina de acero obtenida por laminación se sumerge en un baño de metal fundido.
- [0030]** El baño comprende zinc, silicio, aluminio y opcionalmente magnesio. Puede comprender elementos 25 adicionales elegidos de Pb, Ni, Zr o Hf, siendo el contenido en peso de cada elemento adicional menos del 0,3 % en peso. Estos elementos adicionales pueden mejorar, entre otros, la ductibilidad y la adherencia del recubrimiento en la lámina de acero.
- [0031]** El baño también puede contener impurezas y elementos residuales inevitables de los lingotes de 30 alimentación o del paso de la lámina de acero en el baño fundido. El elemento residual puede ser hierro con un contenido de hasta el 3,0 % en peso.
- [0032]** El espesor del recubrimiento está generalmente entre 5 y 50 μm, preferentemente entre 10 y 35 μm, 35 ventajosamente entre 12 y 18 μm o entre 26 y 31 μm. La temperatura del baño está generalmente entre 580 y 660 °C.
- [0033]** Después de la deposición del recubrimiento, la lámina de acero generalmente se limpia con boquillas 40 que expulsan el gas en ambos lados de la lámina de acero recubierta. La lámina de acero recubierta se enfría. Preferentemente, la velocidad de enfriamiento es superior o igual a 15 °C.s<sup>-1</sup> entre el comienzo de la solidificación y el final de la solidificación. Ventajosamente, la velocidad de enfriamiento entre el comienzo y el final de la solidificación es superior o igual a 20 °C.s<sup>-1</sup>.
- [0034]** Luego, se puede realizar una laminación y permite endurecer por deformación la lámina de acero 45 recubierta y darle una rugosidad que facilita la conformación posterior. Se puede aplicar un desengrasado y un tratamiento de superficie para mejorar, por ejemplo, la unión adhesiva o la resistencia a la corrosión.
- [0035]** Luego, la lámina de acero recubierta según la invención puede conformarse mediante cualquier 50 procedimiento conocido por el experto en la materia, por ejemplo, estampación en frío y/o conformación en caliente.
- [0036]** En una realización preferida, la pieza se obtiene mediante estampación en frío. En este caso, la lámina 55 de acero recubierta se corta para obtener un blanco y luego se estampa en frío para obtener una pieza.
- [0037]** En otra realización preferida, la pieza recubierta se obtiene mediante un procedimiento de 60 endurecimiento a presión que incluye la conformación en caliente. En este caso, este procedimiento comprende las siguientes etapas:
- 55 A) la provisión de una lámina de acero recubierta previamente con un recubrimiento metálico que comprende del 2,0 al 24,0 % en peso de zinc, del 7,1 al 12,0 % en peso de silicio, opcionalmente del 1,1 al 8,0 % en peso de magnesio, y opcionalmente elementos adicionales elegidos de Pb, Ni, Zr o Hf, siendo el contenido en peso de cada elemento adicional inferior al 0,3 % en peso, siendo el resto aluminio e impurezas y elementos residuales inevitables, en la que 60 la relación Al Zn es superior a 2,9
- B) el corte de la lámina de acero recubierta para obtener un blanco,
- C) el tratamiento térmico del blanco a una temperatura entre 840 y 950 °C para obtener una microestructura completamente austenítica en el acero,
- D) la transferencia del blanco a una herramienta de prensa,
- 65 E) la conformación en caliente del blanco para obtener una pieza,

F) el enfriamiento de la pieza obtenida en la etapa E) para obtener una microestructura en acero martensítico o martensito-bainítico o hecha de al menos el 75 % de ferrita equiaxada, del 5 al 20 % de martensita y bainita en una cantidad menor o igual al 10 %.

5 **[0038]** De hecho, después, la provisión de lámina de acero precubierta con el recubrimiento metálico según la presente invención, el corte para obtener un blanco. Se aplica un tratamiento térmico al blanco en un horno bajo atmósfera no protectora a una temperatura de austenización  $T_m$  generalmente entre 840 y 950 °C, preferentemente de 880 a 930 °C. Ventajosamente, dicho blanco se mantiene durante un tiempo de permanencia entre 1 a 12 minutos, preferentemente entre 3 y 9 minutos. Durante el tratamiento térmico antes de la conformación en caliente, el  
10 recubrimiento forma una capa de aleación que tiene una alta resistencia a la corrosión, abrasión, desgaste y fatiga.

**[0039]** Después del tratamiento térmico, el blanco se transfiere a una herramienta de conformación en caliente y se conforma en caliente a una temperatura entre 600 y 830 °C. La conformación en caliente comprende la estampación en caliente y la conformación por rodillos. Preferentemente, el blanco es estampado en caliente. La pieza  
15 se enfría luego en la herramienta de conformación en caliente o después de la transferencia a una herramienta de enfriamiento específica.

**[0040]** La velocidad de enfriamiento se controla dependiendo de la composición del acero, de tal manera que la microestructura final después de la conformación en caliente comprende principalmente martensita,  
20 preferentemente contiene martensita o martensita y bainita, o está hecha de al menos el 75 % de ferrita equiaxada, del 5 al 20 % de martensita y bainita en una cantidad menor o igual al 10 %.

**[0041]** Una pieza recubierta según la invención puede obtenerse así mediante conformación en frío o en caliente, pero también mediante cualquier combinación adecuada de estampación en frío y conformación en caliente.  
25

**[0042]** En una realización preferida, la pieza es una pieza de acero endurecido por presión que tiene un espesor variable, es decir, la pieza de acero endurecido por presión de la invención puede tener un espesor que no es uniforme sino que puede variar. De hecho, es posible alcanzar el nivel de resistencia mecánica deseado en las zonas más sometidas a esfuerzos externos, y ahorrar peso en las otras zonas de la pieza endurecida por presión, contribuyendo  
30 así a la reducción de peso del vehículo. En particular, las piezas con espesor no uniforme pueden producirse mediante laminación flexible continua, es decir, mediante un procedimiento en el que el espesor de la lámina obtenido después de la laminación sea variable en la dirección de laminación, en relación con la carga que se ha aplicado a través de los rodillos a la lámina durante el procedimiento de laminación.

35 **[0043]** Por lo tanto, dentro de las condiciones de la invención, es posible fabricar ventajosamente piezas de vehículos con espesores variables para obtener, por ejemplo, un blanco laminado a medida. Específicamente, la pieza puede ser un riel delantero, un elemento transversal del asiento, un elemento de estribo lateral, un elemento transversal del tablero de instrumentos, un refuerzo de piso frontal, un elemento transversal del piso trasero, un riel trasero, un pilar B, una argolla de puerta o una escopeta.  
40

**[0044]** Para la aplicación automotriz, después de la etapa de fosfatación, la pieza se sumerge en un baño de recubrimiento electroforético. Generalmente, el espesor de la capa de fosfato está entre 1 y 2  $\mu\text{m}$  y el espesor de la capa de recubrimiento electroforético está entre 15 y 25  $\mu\text{m}$ , preferentemente inferior o igual a 20  $\mu\text{m}$ . La capa de cataforesis asegura una protección adicional contra la corrosión.  
45

**[0045]** Después de la etapa de recubrimiento electroforético, se pueden depositar otras capas de pintura, por ejemplo, una capa de pintura de imprimación, una capa de capa base y una capa de capa superior.

**[0046]** Antes de aplicar el recubrimiento electroforético en la pieza, la pieza se desengrasa y fosfata  
50 previamente para garantizar la adherencia de la cataforesis.

**[0047]** La invención se explicará ahora en ensayos realizados únicamente con fines informativos. No son limitantes.

## 55 Ejemplos

**[0048]** Para todas las muestras, las láminas de acero utilizadas son 22MnB5. La composición del acero es la siguiente: C = 0,2252 %; Mn = 1,1735 %; P = 0,0126 %, S = 0,0009 %; N = 0,0037 %; Si = 0,2534 %; Cu = 0,0187 %; Ni = 0,0197 %; Cr = 0,180 %; Sn = 0,004 %; Al = 0,0371 %; Nb = 0,008 %; Ti = 0,0382 %; B = 0,0028 %; Mo =  
60 0,0017 %; As = 0,0023 % y V = 0,0284 %.

**[0049]** Todos los recubrimientos fueron depositados por procedimiento de galvanización en caliente. Todos los recubrimientos tienen un espesor de 15  $\mu\text{m}$ .

65 Ejemplo 1: Prueba de potencial de borde cortado:

**[0050]** Los ensayos 1 a 4 se prepararon y se sometieron a una prueba de potencial electroquímico.

**[0051]** Se realizó una prueba que consistía en medir el potencial de los bordes cortados de una lámina de acero recubierta. Con este fin, cada lámina de acero se sumergió en una solución que comprendía 2,43 % en peso de sulfato de sodio y 0,1 % en peso de cloruro de sodio. También se sumergió un electrodo saturado de calomel (SCE) en la solución. Se midió el potencial de acoplamiento de los bordes cortados. Los resultados se muestran en la siguiente tabla 1:

Ensayos	Recubrimiento				Espesor (µm)	Potencial de acoplamiento (V/SCE)
	Al	Si	Zn	Mg		
1*	81	9	10	-	15	- 0,84
2*	77	9	10	4	15	- 0,84
3*	73	9	10	8	15	- 0,84
4	91	9	-	-	15	- 0,625

\*: ejemplos según la invención.

10

**[0052]** Los ensayos según la invención (ensayos 1 a 3) tienen un potencial de acoplamiento más bajo que un recubrimiento que comprende aluminio y el 9 % en peso de silicio. Los potenciales de acoplamiento de los ensayos 1 a 3 están por debajo de -0,78V/SCE según sea necesario.

15 Ejemplo 2: Prueba de corrosión de borde cortado:

**[0053]** Los ensayos 5 a 12 se prepararon y se sometieron a una prueba de corrosión para evaluar la protección del borde cortado de las láminas de acero recubiertas.

20 **[0054]** Todos los ensayos se sumergieron en una solución que comprendía 2,43 % en peso de sulfato de sodio y 0,1 % en peso de cloruro de sodio durante 50 horas. La presencia de corrosión en los bordes cortados de la lámina de acero recubierta se observó a simple vista: 0 significa excelente, en otras palabras, hay poca o ninguna corrosión y 5 significa muy malo, en otras palabras, hay mucha corrosión en los bordes cortados. Los resultados se muestran en la siguiente tabla 2:

25

Ensayos	Recubrimiento				Espesor (µm)	Corrosión
	Al	Si	Zn	Mg		
5*	86	9	5	-	15	2
6*	81	9	10	-	15	1,5
7*	71	9	20	-	15	1
8*	77	9	10	4	15	0
9*	73	9	10	8	15	0
10*	67	9	20	4	15	0
11*	63	9	20	8	15	0
12	91	9	-	-	15	5

\*: ejemplos según la invención.

**[0055]** Los ensayos 5 a 11 tienen una muy buena protección contra la corrosión en los bordes cortados de la lámina de acero recubierta. Por el contrario, el ensayo 12 no muestra suficiente resistencia a la corrosión en los bordes cortados.

30

Ejemplo 3: Prueba de comportamiento electroquímico:

**[0056]** Los ensayos 13 a 16 se prepararon y se sometieron a una prueba de potencial electroquímico.

**[0057]** Se realizó una prueba que consistía en medir el potencial electroquímico de la lámina de superficie de acero recubierta. Las láminas de acero y los recubrimientos se separaron y se sumergieron en una solución que comprendía un 5 % en peso de cloruro de sodio a pH 7. También se sumergió un electrodo saturado de calomel (SCE) en la solución. El potencial de acoplamiento de la superficie se midió a lo largo del tiempo. Los resultados se muestran en la siguiente tabla 3:

Ensayos	Recubrimiento				Espesor (µm)	Potencial de acoplamiento (V/SCE)
	Al	Si	Zn	Mg		
13*	81	9	10	-	15	- 0,98
14*	77	9	10	4	15	- 0,98
15*	73	9	10	8	15	- 0,99
16	0,2	-	99,8	-	7	- 1,00

\*: ejemplos según la invención.

**[0058]** Los ensayos 13 a 15 son de sacrificio, como el recubrimiento de zinc. El potencial de acoplamiento es inferior a -0,78V/SCE según sea necesario.

Ejemplo 4: Prueba de corrosión:

**[0059]** Los ensayos 17 a 20 se prepararon y se sometieron a una prueba de corrosión para evaluar la protección de las láminas de acero recubiertas.

**[0060]** Se realizó una prueba, que consistía en someter la lámina de acero recubierta a ciclos de corrosión según la norma VDA 233-102. En este extremo, los ensayos se colocaron en una cámara en la que se evaporó una solución acuosa de cloruro de sodio del 1 % en peso en los ensayos con una velocidad de flujo de 3 ml.h<sup>-1</sup>. La temperatura varió de 50 a -15 °C y la tasa de humedad varió de 50 a 100 %. La figura 1 ilustra un ciclo correspondiente a 168 horas, es decir, una semana.

**[0061]** La presencia de corrosión en la lámina de acero recubierta se observó a simple vista: 0 significa excelente, en otras palabras, hay poca o ninguna corrosión y 5 significa muy malo, en otras palabras, hay mucha corrosión. Los resultados se muestran en la siguiente tabla 4:

Ensayos	Recubrimiento				Espesor (µm)	Número de ciclos					
	Al	Si	Zn	Mg		1	5	7	10	15	20
17*	81	9	10	-	15	0	0	0,5	1	3	4
18*	77	9	10	4	15	0	0	0	0	0	0
19*	73	9	10	8	15	0	0	0	0	0	0
20	0,2	-	99,8	-	7	0	2	4	ND	ND	ND

\*: ejemplos según la invención, ND: no realizado.

**[0062]** Los ensayos 17 a 19 muestran una excelente protección contra la corrosión, en particular cuando el recubrimiento comprende magnesio (ensayos 18 y 19).

Ejemplo 5: Prueba de corrosión en ensayos rayados:

**[0063]** Los ensayos 21 a 24 se prepararon y se sometieron a una prueba de corrosión para evaluar la protección de las láminas de acero recubiertas.

**[0064]** En primer lugar, todos los ensayos se rayaron en un ancho de 0,5, 1 y 2 mm, luego, todos los ensayos se sometieron a ciclos de corrosión según la norma VDA 233-102 representada en la figura 1.

**[0065]** La presencia de corrosión en la lámina de acero recubierta alrededor de las rayaduras se observó a simple vista: 0 significa excelente, en otras palabras, hay poca o ninguna corrosión alrededor del rayado y 5 significa muy malo, en otras palabras, hay mucha corrosión alrededor del rayado. Los resultados se muestran en la siguiente

tabla 5:

Ensayos	Recubrimiento				Espesor (µm)	Número de ciclos					
	Al	Si	Zn	Mg		1	2	3	4	5	6
21*	81	9	10	-	15	0	0	0,5	1	2	3
22*	77	9	10	4	15	0	0	0	0	0	0
23*	73	9	10	8	15	0	0	0	0	0	0,5
24	0,2	-	99,8	-	10	0	0	0	1	2	3
*: ejemplos según la invención.											

**[0066]** Los ensayos según la invención (ensayos 21 a 23) tienen una excelente protección contra la corrosión, 5 en particular cuando el recubrimiento comprende magnesio (ensayos 22 y 23).

Ejemplo 6: Prueba de corrosión en ensayos tratados con calor y rayados:

**[0067]** Los ensayos 25 a 28 se prepararon y se sometieron a una prueba de corrosión para evaluar la protección 10 de las láminas de acero recubiertas después del tratamiento de austenización.

**[0068]** Todos los ensayos fueron cortados para obtener un blanco. Los blancos se calentaron luego a una 15 temperatura de 900 °C durante un tiempo de permanencia que varía entre 5 y 10 minutos. Los blancos se transfirieron a una herramienta de prensa y se estamparon en caliente para obtener las piezas. Luego, las piezas se enfriaron para obtener un endurecimiento por transformación martensítica. Todos los ensayos se sometieron a 6 ciclos de corrosión según la norma VDA 233-102 representada en la figura 1.

**[0069]** La presencia de corrosión en la lámina de acero recubierta alrededor de las rayaduras se observó a 20 simple vista: 0 significa excelente, en otras palabras, hay poca o ninguna corrosión alrededor del rayado y 5 significa muy malo, en otras palabras, hay mucha corrosión alrededor del rayado. Los resultados se muestran en la siguiente tabla 6:

Ensayos	Recubrimiento				Espesor (µm)	Tiempo de permanencia (min)	
	Al	Si	Zn	Mg		5	10
25*	71	9	20	-	15	1	1
26*	77	9	10	4	15	0,5	0,5
27*	73	9	10	8	15	2	3
28	91	9	-	-	15	5	5
*: ejemplos según la invención.							

**[0070]** Los ensayos 25 a 27 muestran una buena protección contra la corrosión en comparación con el 25 recubrimiento que comprende aluminio y silicio (ensayo 28).

Ejemplo 7: Prueba de comportamiento electroquímico:

**[0071]** Los ensayos 29 a 40 se prepararon y se sometieron a una prueba de potencial electroquímico después 30 del tratamiento de austenización.

**[0072]** Todos los ensayos fueron cortados para obtener un blanco. Los blancos se calentaron luego a una 35 temperatura de 900 °C durante un tiempo de permanencia de 5 minutos. Los blancos se transfirieron a una herramienta de prensa y se estamparon en caliente para obtener las piezas. Luego, las piezas se enfriaron para obtener un endurecimiento por transformación martensítica.

**[0073]** Se realizó una prueba que consistía en medir el potencial electroquímico de la lámina de superficie de 40 acero recubierta. Las láminas de acero y los recubrimientos se separaron y se sumergieron en una solución que comprendía un 5 % en peso de cloruro de sodio a pH 7. También se sumergió un electrodo saturado de calomel (SCE) en la solución. El poder de protección de sacrificio, también llamado acoplamiento galvánico, se midió a lo largo del tiempo. En otras palabras, se ha evaluado cuánto tiempo el recubrimiento permanece sacrificial en estas condiciones.

## ES 2 741 361 T3

Los resultados se muestran en la siguiente tabla 7:

Ensayos	Recubrimiento				Espesor ( $\mu\text{m}$ )	Acoplamiento galvánico (horas)
	Al	Si	Zn	Mg		
29	88	2	10	-	15	0
30	83	2	15	-	15	0
31	80	5	15	-	15	0
32*	81	9	10	-	15	16
33*	77	9	10	4	15	45
34*	73	9	10	8	15	7
35*	76	9	15	-	15	26
36*	83	9	15	2	15	84
37*	71	9	20	-	15	140
38*	67	9	20	4	15	91
39*	63	9	20	8	15	14
40	91	9	-	-	15	0

\*: ejemplos según la invención.

**[0074]**  
5 del tiempo.

Los ensayos 32 a 39 según la presente invención son y siguen siendo protección de sacrificio a lo largo

**REIVINDICACIONES**

1. Lámina de acero recubierta con un recubrimiento metálico que comprende del 2,0 al 24,0 % en peso de zinc, del 7,1 al 12,0 % en peso de silicio, opcionalmente del 1,1 al 8,0 % en peso de magnesio, y opcionalmente elementos adicionales elegidos de Pb, Ni, Zr o Hf, siendo el contenido en peso de cada elemento adicional inferior al 0,3 % en peso, siendo el resto aluminio e impurezas y elementos residuales inevitables, en la que la relación Al/Zn es superior a 2,9.
2. La lámina de acero según la reivindicación 1, en la que la relación Al/Zn es inferior o igual a 8,5.
3. La lámina de acero según la reivindicación 2, en la que la relación Al/Zn está entre 3,0 y 7,5.
4. La lámina de acero según la reivindicación 3, en la que la relación Al/Zn está entre 4,0 y 6,0.
5. La lámina de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que la microestructura de recubrimiento metálico comprende una fase de Al-Zn.
6. La lámina de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que el recubrimiento comprende del 10,0 al 20,0 % en peso de zinc.
7. La lámina de acero según la reivindicación 6, en la que el recubrimiento comprende del 10,0 al 15,0 % en peso de zinc.
8. La lámina de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que el recubrimiento comprende del 8,1 al 10,0 % en peso de silicio.
9. La lámina de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que el recubrimiento comprende del 3,0 al 8,0 % en peso de magnesio.
10. La lámina de acero según la reivindicación 9, en la que el recubrimiento comprende del 3,0 al 5,0 % en peso de magnesio.
11. La lámina de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en la que la microestructura de dicho recubrimiento comprende una fase de Mg<sub>2</sub>Si.
12. La lámina de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en la que la microestructura de dicho recubrimiento comprende una fase de MgZn<sub>2</sub>.
13. La lámina de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en la que la cantidad de aluminio es superior al 71 % en peso.
14. La lámina de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en la que la cantidad de aluminio es superior al 76 % en peso.
15. La lámina de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en la que el espesor del recubrimiento está entre 5 y 50 μm.
16. La lámina de acero según la reivindicación 15, en la que el espesor está entre 10 y 35 μm.
17. La lámina de acero según la reivindicación 16, en la que el espesor está entre 12 y 18 μm.
18. La lámina de acero según la reivindicación 16, en la que el espesor está entre 26 y 31 μm.
19. La lámina de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, en la que el recubrimiento no comprende elementos seleccionados entre Cr, Mn, Ti, Ce, La, Nd, Pr, Ca, Bi, In, Sn y Sb o sus combinaciones.
20. Una pieza recubierta con un recubrimiento metálico obtenible a partir de la lámina de acero recubierta según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19 por conformación en caliente o estampación en frío o ambas.
21. La pieza según la reivindicación 20, que es una pieza de acero endurecido por presión que tiene un espesor variable.
22. La pieza según la reivindicación 21, en la que dicho espesor variable se produce mediante un procedimiento de laminación flexible continuo.

## ES 2 741 361 T3

23. La pieza según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 22, que es un blanco laminado a medida.

24. La pieza según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 23, que es un riel delantero, un elemento transversal del asiento, un elemento de estribo lateral, un elemento transversal del tablero de instrumentos, un refuerzo de piso frontal, un elemento transversal del piso trasero, un riel trasero, un pilar B, una argolla de puerta o una escopeta.

25. Uso de una pieza según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 24 para la fabricación de un vehículo automotor.

10

Figura 1

