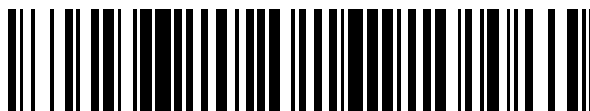


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 652 028**

51 Int. Cl.:

C23C 2/04 (2006.01)

C23C 2/12 (2006.01)

C23C 2/28 (2006.01)

C21D 1/673 (2006.01)

C21D 8/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.04.2012** **PCT/FR2012/000149**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.10.2013** **WO13156688**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.04.2012** **E 12722750 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.10.2017** **EP 2839049**

54 Título: **Chapa de acero provista de un revestimiento de protección catódica sacrificial, procedimiento de fabricación de una pieza mediante la implementación de dicha chapa y pieza así obtenida**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.01.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

ALLELY, CHRISTIAN;
CHASSAGNE, JULIE y
CORLU, BERIL

74 Agente/Representante:

SALVA FERRER, Joan

ES 2 652 028 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

Chapa de acero provista de un revestimiento de protección catódica sacrificial, procedimiento de fabricación de una pieza mediante la implementación de dicha chapa y pieza así obtenida

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0001] La presente invención se refiere a una chapa de acero provista de un revestimiento de protección catódica sacrificial, más particularmente destinada a la fabricación de piezas para automóviles, sin limitarse por ello a la misma.

[0002] De hecho, hasta la fecha, solo los revestimientos de zinc o de aleaciones de zinc brindan una protección mejorada contra la corrosión debido a una doble protección de barrera y catódica. El efecto barrera es obtenido mediante la aplicación del revestimiento a la superficie del acero, que evita de este modo cualquier contacto entre el acero y el medio corrosivo y es independiente de la naturaleza del revestimiento y del sustrato. Por el contrario, la protección catódica sacrificial se basa en el hecho de que el zinc es un metal menos noble que el acero y que, en situación de corrosión, se desgasta preferentemente antes que el acero. Esta protección catódica es particularmente esencial en las zonas en las que el acero está directamente expuesto a la atmósfera corrosiva, como los bordes cortados en las zonas dañadas donde el acero queda expuesto y donde el zinc circundante se desgasta antes de que se produzca cualquier daño en la zona sin revestimiento.

[0003] Sin embargo, debido a su bajo punto de fusión, el zinc crea un problema cuando hay que soldar las piezas, ya que podría vaporizarse. Para superar este problema, una posibilidad es reducir el espesor del revestimiento, pero se limita así la duración en el tiempo de la protección contra la corrosión. Además, cuando se quiere endurecer la chapa en prensa, particularmente mediante embutición en caliente, se observa la formación de microfisuras en el acero que se propagan desde el revestimiento. Igualmente, la pintura de algunas piezas revestidas de zinc previamente y endurecidas en prensa requiere una operación de arenado antes de la fosfatación debido a la presencia de una capa de óxido frágil en la superficie de la pieza.

[0004] La otra familia de revestimientos metálicos comúnmente utilizados para la producción de piezas de automóvil es la familia de los revestimientos a base de aluminio y de silicio. Estos revestimientos no generan microfisuración en el acero cuando son deformados, debido a la presencia de una capa intermetálica Al-Si-Fe y tienen buenas propiedades para la pintura. Permiten obtener una protección por efecto barrera y son soldables, no permiten obtener, sin embargo, protección catódica. El documento EP1 225 246 describe una chapa de acero provista de un revestimiento de protección catódica sacrificial teniendo un contenido en hierro inferior al de la presente invención.

[0005] Por tanto, la presente invención tiene como objetivo solucionar las desventajas de los revestimientos de la técnica anterior proporcionando chapas de acero revestidas con protección mejorada contra la corrosión, antes y después de la implementación, particularmente mediante embutición. Cuando las chapas deben ser endurecidas en prensa, especialmente embutidas en caliente, se busca además una resistencia a la propagación de microfisuras en el acero y, preferentemente, un cuadro de uso lo más amplio posible en tiempo y temperatura antes del endurecimiento en prensa.

[0006] En términos de protección catódica sacrificial, se intenta alcanzar un potencial electroquímico al menos 50 mV más negativo que el del acero, es decir un valor mínimo de -0,75 V con respecto a un electrodo de calomelano saturado (ECS). No se desea, sin embargo, ir por debajo de un valor de -1,4 V, incluso -1,25 V que conllevaría un desgaste demasiado rápido del revestimiento y disminuiría finalmente el tiempo de protección del acero.

[0007] A tal fin, el objeto de la invención es una chapa de acero provista de un revestimiento de protección catódica sacrificial como se describe en la reivindicación 1.

[0008] La chapa según la invención puede comprender además las características siguientes, consideradas individualmente o en combinación:

- el elemento de protección del revestimiento es estaño en un porcentaje en peso comprendido entre 1 % y 3 %,
- el elemento de protección del revestimiento es indio en un porcentaje en peso comprendido entre 0,02 % y 0,1 %,
- el revestimiento comprende de 20 % a 40 % en peso de zinc, y eventualmente magnesio en un contenido de 1 a 10 % en peso,
- el revestimiento comprende de 20 a 30 % en peso de zinc, y eventualmente magnesio en un contenido de 3 a 6 % en peso,
- el revestimiento comprende de 8 % a 12 % en peso de silicio,
- el acero de la chapa comprende, en porcentajes en peso, 0,15 % < C < 0,5 %, 0,5 % < Mn < 3 %, 0,1 % < silicio < 0,5 %, 0,01 % < N < 0,005 %, 0,005 % < S < 0,001 %, 0,001 % < P < 0,005 %, 0,005 % < Al < 0,01 %, 0,01 % < Cu < 0,05 %, 0,05 % < Ni < 0,1 %, 0,1 % < Nb < 0,05 %, 0,05 % < Ti < 0,05 %, 0,05 % < V < 0,05 %, 0,05 % < Mo < 0,05 %, 0,05 % < W < 0,05 %, 0,05 % < Si < 0,05 %, 0,05 % < B < 0,005 %, 0,005 % < N < 0,005 %, 0,005 % < S < 0,005 %, 0,005 % < P < 0,005 %, 0,005 % < Al < 0,005 %, 0,005 % < Cu < 0,005 %, 0,005 % < Ni < 0,005 %, 0,005 % < Nb < 0,005 %, 0,005 % < Ti < 0,005 %, 0,005 % < V < 0,005 %, 0,005 % < Mo < 0,005 %, 0,005 % < W < 0,005 %, 0,005 % < Si < 0,005 %, 0,005 % < B < 0,005 %.

Cr<1 %, Ni<0,1 %, Cu<0,1 %, Ti<0,2 %, Al<0,1 %, P<0,1 %, S<0,05 %, 0,0005 %<B<0,08 %, estando el resto formado de hierro e impurezas inevitables debido al desarrollo del acero,

- el revestimiento tiene un espesor comprendido entre 10 y 50 μm ,
- el revestimiento es obtenido por inmersión en caliente.

5

[0009] Otro objeto de la invención se refiere a un procedimiento de fabricación de una pieza de acero provista de un revestimiento de protección catódica sacrificial comprendiendo las etapas siguientes, tomadas en este orden y consistentes en:

- 10 - proporcionar una chapa de acero según la invención, revestida previamente, luego
 - cortar la chapa para obtener un flan, luego
 - calentar el flan bajo una atmósfera no protectora hasta una temperatura de austenización T_m comprendida entre 840 y 950 $^{\circ}\text{C}$, luego
 - mantener el flan a esta temperatura T_m durante un tiempo t_m comprendido entre 1 y 8 minutos, luego
- 15 - embutir en caliente el flan para obtener una pieza de acero revestido que se enfría a una velocidad tal que la microestructura del acero comprende al menos un componente seleccionado entre la martensita y la bainita,
 - la temperatura T_m , el tiempo t_m , el espesor del revestimiento previo y su contenido en elemento de protección, en zinc y eventualmente en magnesio siendo seleccionados de modo que el contenido medio final en hierro en la parte superior del revestimiento de dicha pieza sea inferior al 75 % en peso.

20

[0010] En una realización preferida, el espesor de revestimiento previo es superior o igual a 27 μm , su contenido en estaño es superior o igual a 1 % en peso y su contenido en zinc es superior o igual al 20 % en peso.

- 25 **[0011]** Otro objeto de la invención se refiere a una pieza provista de un revestimiento de protección catódica sacrificial pudiendo ser obtenida por el procedimiento según la invención o por embutición en frío de una chapa según la invención, y que está destinada más particularmente a la industria automotriz.

[0012] La invención se describirá ahora más detalladamente con referencia a realizaciones particulares como ejemplos no limitativos.

30

[0013] Como se comprenderá, la invención se refiere a una chapa de acero provista de un revestimiento comprendiendo primero necesariamente un elemento de protección para seleccionar entre el estaño, el indio y sus combinaciones.

- 35 **[0014]** Teniendo en cuenta su respectiva disponibilidad en el mercado, se prefiere utilizar el estaño en un porcentaje comprendido entre 0,1 % y 5 %, preferentemente entre 0,5 y 4 % en peso, de forma más particularmente preferida entre 1 y 3 % en peso, o incluso entre 1 y 2 % en peso. Pero se puede considerar, no obstante, la utilización del indio con un poder de protección más fuerte que el estaño. Podrá ser utilizado solo o además del estaño, con contenidos comprendidos entre 0,01 y 0,5 %, preferentemente entre 0,02 y 0,1 % y de forma más particularmente preferida entre 0,05 y 0,1 % en peso.

[0015] Los revestimientos de las chapas según la invención comprenden igualmente de 5 a 50 % en peso de zinc y eventualmente hasta 10 % de magnesio. Los autores de la presente invención han descubierto que estos elementos permiten, en combinación con los elementos de protección mencionados anteriormente, disminuir el potencial electroquímico del revestimiento con respecto al acero, en medios que contienen o que no contienen iones cloruro. Los revestimientos según la invención tienen por tanto una protección catódica sacrificial.

45

[0016] Se prefiere usar zinc cuyo efecto de protección es más significativo que el del magnesio y que es más fácil de implementar, por ser menos oxidable. Por lo tanto, se prefiere utilizar de 10 a 40 %, de 20 a 40 % o incluso de 20 a 30 % en peso de zinc, combinado o no con 1 a 10 %, o incluso 3 a 6 % en peso de magnesio.

50

[0017] Los revestimientos de las chapas según la invención comprenden igualmente de 0,1 a 15 %, preferentemente de 0,5 a 15 % y más preferentemente de 1 a 15 %, o incluso de 8 a 12 % en peso de silicio, elemento que permite en particular conferir a las chapas una gran resistencia a la oxidación a alta temperatura. La presencia de silicio permite así su utilización hasta 650 $^{\circ}\text{C}$ sin riesgo de descamación del revestimiento. Por otra parte, el silicio permite prevenir la formación de una gruesa capa de hierro-zinc intermetálica durante un revestimiento por inmersión en caliente, capa intermetálica que reduciría la adherencia y conformabilidad del revestimiento. La presencia de un contenido en silicio superior al 8 % en peso los hace especialmente adecuados para ser endurecidos en prensa y para ser particularmente preparados mediante embutición en caliente. Se prefiere utilizar para este fin una cantidad comprendida entre 8 y 12 % de silicio. Un contenido superior al 15 % en peso no es recomendable, ya que entonces se forma silicio primario que podría degradar las propiedades del revestimiento, en particular las propiedades de resistencia a la corrosión.

55

60

[0018] Los revestimientos de las chapas según la invención también pueden comprender, en contenidos

acumulados, hasta el 0,3 % en peso, preferentemente hasta 0,1 % en peso, o incluso menos de 0,05 % en peso de elementos adicionales como Sb, Pb, Ti, Ca, Mn, La, Ce, Cr, Ni, Zr o Bi. Estos diferentes elementos pueden permitir, entre otras cosas, mejorar la resistencia a la corrosión del revestimiento o su fragilidad o su adhesión, por ejemplo. La persona experta en la materia que conoce sus efectos sobre las características del revestimiento sabrá cómo usarlos en función del objetivo complementario deseado, en la proporción adaptada a este fin que generalmente estará comprendida entre 20 ppm y 50 ppm. Se ha comprobado además que estos elementos no interferían con las principales propiedades deseadas en el contexto de la invención.

[0019] Los revestimientos de las chapas según la invención comprenden también elementos residuales e impurezas inevitables provenientes, especialmente, de la contaminación de los baños de galvanización por inmersión en caliente mediante el paso de las tiras de acero o de las impurezas provenientes de los lingotes de alimentación de los mismos baños o de los lingotes de alimentación de los procedimientos de deposición al vacío. Se podrá mencionar especialmente, como elemento residual, el hierro que está presente en cantidades que van de 2 a 5 % en peso y en general de 2 a 4 % en peso en los baños de revestimiento por inmersión en caliente.

[0020] Los revestimientos de las chapas según la invención comprenden finalmente aluminio cuyo contenido puede ir de alrededor del 20 % a cerca del 90 % en peso. Este elemento permite garantizar una protección contra la corrosión de las chapas mediante el efecto barrera. Aumenta la temperatura de fusión y la temperatura de evaporación del revestimiento, permitiendo así poder aplicarlo más fácilmente, en especial mediante embutición en caliente y esto en un amplio rango de tiempo y de temperatura. Esto puede ser particularmente interesante cuando la composición del acero de la chapa y/o la microestructura final deseada para la pieza requieren someterse a una austenización a alta temperatura y/o durante largos periodos.

[0021] Por tanto, se entenderá que, dependiendo de las propiedades requeridas para las piezas según la invención, el revestimiento podrá estar mayormente compuesto de zinc o de aluminio.

[0022] El espesor del revestimiento estará comprendido preferentemente entre 10 y 50 μm . De hecho, por debajo de 10 μm , la protección contra la corrosión de la tira podría ser insuficiente. Por encima de 50 μm , la protección contra la corrosión excede el nivel requerido, en particular en el campo automotriz. Además, si un revestimiento de tal espesor es sometido a una elevación de temperatura considerable y/o durante periodos largos, podría fundirse en la parte superior y derretirse en los rodillos de horno o en las herramientas de embutición, lo cual los deterioraría.

[0023] Con respecto al acero utilizado en el presente caso para la chapa según la invención, la naturaleza del mismo no es crítica siempre y cuando el revestimiento pueda adherirse a él suficientemente.

[0024] Sin embargo, para ciertas aplicaciones que requieren resistencias mecánicas elevadas, como para las piezas estructurales para automóviles, se prefiere que el acero tenga una composición que permita a la pieza alcanzar una resistencia en tracción de 500 a 1600 MPa, en función de las condiciones de uso.

[0025] En este rango de resistencias, se preferirá particularmente la utilización de una composición de acero comprendiendo, en % en peso: 0,15 % < C < 0,5 %, 0,5 % < Mn < 3 %, 0,1 % < Si < 0,5 %, Cr < 1 %, Ni < 0,1 %, Cu < 0,1 %, Ti < 0,2 %, Al < 0,1 %, P < 0,1 %, S < 0,05 %, 0,0005 % < B < 0,08 %, siendo el resto hierro e impurezas inevitables provenientes de la producción del acero. Un ejemplo de un acero disponible en el mercado es el 22MnB5.

[0026] Cuando el nivel de resistencia deseado es del orden de 500 MPa, se prefiere utilizar una composición de acero comprendiendo: 0,040 % $\leq$ C $\leq$ 0,100 %, 0,80 % $\leq$ Mn $\leq$ 2,00 %, Si $\leq$ 0,30 %, S $\leq$ 0,005 %, P $\leq$ 0,030 %, 0,010 % $\leq$ Al $\leq$ 0,070 %, 0,015 % $\leq$ Nb $\leq$ 0,100 %, 0,030 % $\leq$ Ti $\leq$ 0,080 %, N $\leq$ 0,009 %, Cu $\leq$ 0,100 %, Ni $\leq$ 0,100 %, Cr $\leq$ 0,100 %, Mo $\leq$ 0,100 %, Ca $\leq$ 0,006 %, siendo el resto hierro e impurezas inevitables provenientes de la producción del acero.

[0027] Las chapas de acero pueden ser fabricadas por laminado en caliente y pueden ser eventualmente relaminadas en frío, dependiendo del espesor final deseado, que puede variar, por ejemplo, entre 0,7 y 3 mm.

[0028] Pueden ser revestidas por cualquier medio adaptado tal como un procedimiento de electrodeposición o mediante un procedimiento de deposición al vacío o bajo presión cerca de la presión atmosférica, como el depósito por *sputtering* con magnetrón, por plasma frío o por evaporación al vacío, por ejemplo, pero se preferirá su obtención mediante un procedimiento de revestimiento por inmersión en caliente en un baño metálico fundido. Se observa en efecto que la protección catódica superficial es más importante para los revestimientos obtenidos por inmersión en caliente que para los revestimientos obtenidos mediante otros procedimientos de revestimiento.

[0029] Las chapas según la invención pueden ser preparadas seguidamente mediante cualquier procedimiento adaptado a la estructura y a la forma de las piezas a fabricar, como por ejemplo la embutición en frío.

[0030] Sin embargo, las chapas según la invención son más particularmente adecuadas para la fabricación de piezas endurecidas en prensa, especialmente mediante embutición en caliente.

[0031] Este procedimiento consiste en proporcionar una chapa de acero según la invención previamente revestida, y luego cortar la chapa para obtener un flan. A continuación, este flan es calentado en un horno bajo una atmósfera no protectora hasta una temperatura de austenización T_m comprendida entre 840 y 950 °C, preferentemente comprendida entre 880 y 930 °C, y mantener seguidamente el flan a esta temperatura T_m durante un tiempo t_m comprendido entre 1 y 8 minutos, preferentemente comprendido entre 4 y 6 minutos.

[0032] La temperatura T_m y el tiempo de retención t_m dependen de la naturaleza del acero, pero también del espesor de las chapas a embutir que deben estar completamente en el campo austenítico antes de su preparación. Cuanto más elevada sea la temperatura T_m , más corto será el tiempo de retención t_m y viceversa. Además, la velocidad del aumento de temperatura también influye en estos parámetros, alta velocidad (superior a 30 °C/s por ejemplo) permitiendo reducir igualmente el tiempo de retención t_m .

[0033] El flan es transferido seguidamente hacia una herramienta de embutición en caliente y luego embutido. A continuación, la pieza obtenida se enfría en la propia herramienta de embutición, o después de la transferencia en una herramienta de enfriamiento específica.

[0034] La velocidad de enfriamiento es en todos los casos controlada de acuerdo con la composición del acero, para que su microestructura final después de la embutición en caliente comprenda al menos un componente seleccionado entre la martensita y la bainita, para alcanzar el nivel de resistencia mecánica deseado.

[0035] Un punto esencial para garantizar que la pieza revestida y embutida en caliente tendrá una protección catódica sacrificial es ajustar la temperatura T_m , el tiempo t_m , el espesor del revestimiento previo y sus contenidos en elemento(s) de protección, en zinc y eventualmente en magnesio, de modo que el contenido medio final en hierro en la parte superior del revestimiento de la pieza sea inferior al 75 % en peso, preferentemente inferior al 50 % en peso o incluso inferior al 30 % en peso. Esta parte superior tiene un espesor igual al menos a 5 μm .

[0036] De hecho, bajo el efecto del calentamiento hasta la temperatura de austenización T_m , el hierro proveniente del sustrato se difunde en el revestimiento previo y aumenta su potencial electroquímico. Para mantener una protección catódica satisfactoria, es necesario limitar el contenido medio en hierro en la parte superior del revestimiento final de la pieza.

[0037] Para esto, es posible limitar la temperatura T_m y/o el tiempo de retención t_m . También es posible aumentar el espesor del revestimiento previo para evitar que el frente de difusión del hierro vaya hasta la superficie del revestimiento. En este sentido, se preferirá utilizar una chapa con un espesor de revestimiento previo superior o igual a 27 μm , preferentemente superior o igual a 30 μm o incluso 35 μm .

[0038] Para limitar la pérdida de poder catódico del revestimiento final, también se podrán aumentar los contenidos en elemento(s) de protección, en zinc y eventualmente en magnesio del revestimiento previo.

[0039] El experto en la materia es, en cualquier caso, capaz de jugar con estos diferentes parámetros, teniendo en cuenta también la naturaleza del acero, para obtener una pieza de acero revestido endurecida en prensa, y particularmente, embutida en caliente teniendo las calidades requeridas por la invención.

[0040] Se han realizado pruebas de implementación para ilustrar ciertas realizaciones de la invención.

PRUEBAS

Ejemplo 1: Revestimiento Al-Si-Zn-In-Fe

[0041] Se han realizado pruebas con chapas de 22MnB5 laminado en frío de espesor de 1,5 mm, provistas de revestimientos por inmersión en caliente comprendiendo en % en peso, 20 % de zinc, 10 % de silicio, 3 % de hierro, 0,1 % de indio, estando formado el resto por aluminio e impurezas inevitables, y cuyos espesores son de alrededor de 15 μm .

[0042] Estas chapas han sido sometidas a mediciones electroquímicas clásicas en medio NaCl al 5 %, con referencia a un electrodo de calomelano saturado.

[0043] Se observa que el potencial electroquímico de la chapa revestida es de -0,95 V/ECS. La chapa según la invención tiene por tanto una protección catódica sacrificial. En las mismas condiciones de medición, se ha comprobado que una chapa idéntica, pero provista de un revestimiento sin comprender zinc ni indio tiene un potencial electroquímico de -0,70 V/ECS, lo cual no ofrece protección catódica al acero.

[0044] Para evaluar la protección residual después de la embutición en caliente, las pruebas complementarias han consistido en calentar chapas según la invención, idénticas a las utilizadas anteriormente, a una temperatura de 900 °C durante tiempos variables. Se observa que el potencial electroquímico de la chapa tratada durante 3 minutos es todavía de -0,95 V/ECS, demostrando de este modo la preservación de la protección catódica sacrificial. Por encima de este tiempo de tratamiento, el contenido medio en hierro de la parte superior del revestimiento sobre un espesor de 5 µm es superior al 75 % en peso y el potencial electroquímico vuelve a caer a -0,70 V/ECS.

- 10 **[0045]** Con respecto a la propagación de microfisuras del revestimiento hacia la chapa, se observa la formación de una capa gruesa intermetálica en la interfaz acero-revestimiento todavía presente al término de la austenización.

Ejemplo 2: Revestimiento Al-Si-Zn-Mg-Sn-Fe

- 15 **[0046]** Se han realizado pruebas con las chapas de 22MnB5 laminado en frío de espesor de 1,5 mm, provistas de revestimientos por inmersión en caliente comprendiendo en % en peso, 10 % de silicio, 10 % de zinc, 6 % de magnesio, 3 % de hierro y 0,1 % de estaño, estando formado el resto de aluminio e impurezas inevitables, y cuyos espesores son de 17 µm como promedio.

- 20 **[0047]** Estas chapas han sido sometidas a mediciones electroquímicas clásicas en medio NaCl al 5 %, con referencia a un electrodo de calomelano saturado.

- 25 **[0048]** Se observa que el potencial electroquímico de la chapa revestida es de -0,95 V/ECS, mientras que el potencial electroquímico de una chapa idéntica provista de un revestimiento comprendiendo 10 % de silicio, estando formado el resto de aluminio e impurezas inevitables, es de -0,70 V/ECS. La chapa según la invención tiene, por tanto, una protección catódica sacrificial.

- 30 **[0049]** Para evaluar la protección residual después de la embutición en caliente, las pruebas complementarias han consistido en calentar chapas según la invención, idénticas a las utilizadas anteriormente, a una temperatura de 900 °C durante tiempos variables. Se observa que el potencial electroquímico de la chapa tratada durante 2 minutos es todavía de -0,95 V/ECS, demostrando de este modo la preservación de la protección catódica sacrificial. Por encima de este tiempo de tratamiento, el contenido medio en hierro de la parte superior del revestimiento sobre un espesor de 5 µm es superior al 75 % en peso y el potencial electroquímico recae a -0,70 V/ECS.

[0050] Se comprobará seguidamente que el uso de un revestimiento de espesor medio de 27 µm permite llevar el tiempo de austenización T_m a 5 minutos a 900 °C con conservación de esta protección catódica.

- 40 **[0051]** Con respecto a la propagación de microfisuras del revestimiento hasta la chapa, se observa la formación de una capa gruesa intermetálica en la interfaz acero-revestimiento, capa de intermetálica todavía presente al término de la austenización.

Ejemplo 3: Revestimientos Al-Zn-Si-Sn-Fe con o sin In

- 45 **[0052]** Se han efectuado pruebas complementarias similares con chapas de 22MnB5 laminado en frío de espesor de 1,5 mm, provistas de revestimientos por inmersión en caliente cuyas características están contenidas en la tabla siguiente y cuyos espesores son de alrededor de 32 µm.

Ref.	% Al	% Zn	% Si	% Sn	% Fe	% In
A	76	10	10	1	3	-
B	66	20	10	1	3	-
C	56	30	10	1	3	-
D	46	40	10	1	3	-
E	45,9	40	10	1	3	0,1

- 50 **[0053]** Los resultados de estas pruebas confirmarán que se logran las propiedades deseadas en la invención.

REIVINDICACIONES

1. Chapa de acero provista de un revestimiento de protección catódica sacrificial comprendiendo de 5 a 50 % en peso de zinc, de 0,1 a 15 % en peso de silicio y eventualmente hasta 10 % en peso de magnesio y hasta 0,3 % en peso, en contenidos acumulados, de elementos adicionales, y comprendiendo además un elemento de protección a escoger entre el estaño en un porcentaje en peso comprendido entre 0,1 % y 5 %, el indio en un porcentaje en peso comprendido entre 0,01 y 0,5 % y sus combinaciones, estando formado el resto de aluminio y elementos residuales, del cual de 2 a 5 % en peso de hierro, o de impurezas inevitables.
2. Chapa de acero provista de un revestimiento de protección catódica sacrificial según la reivindicación 1, para la cual el elemento de protección es el estaño en un porcentaje en peso comprendido entre 1 % y 3 %.
3. Chapa de acero provista de un revestimiento de protección catódica sacrificial según la reivindicación 1, para la cual el elemento de protección es el indio en un porcentaje en peso comprendido entre 0,02 % y 0,1 %.
4. Chapa de acero provista de un revestimiento de protección catódica sacrificial según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, cuyo revestimiento comprende del 20 al 40 % en peso de zinc, y eventualmente magnesio en un contenido de 1 a 10 % en peso.
5. Chapa de acero provista de un revestimiento de protección catódica sacrificial según la reivindicación 4, cuyo revestimiento comprende de 20 a 30 % en peso de zinc y eventualmente magnesio en un contenido de 3 a 6 % en peso.
6. Chapa de acero provista de un revestimiento de protección catódica sacrificial según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, cuyo revestimiento comprende de 8 % a 12 % en peso de silicio.
7. Chapa de acero provista de un revestimiento de protección catódica sacrificial según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, cuyo acero comprende, en porcentajes en peso, $0,15\% < C < 0,5\%$, $0,5\% < Mn < 3\%$, $0,1\% < \text{silicio} < 0,5\%$, $Cor < 1\%$, $Ni < 0,1\%$, $Cu < 0,1\%$, $Ti < 0,2\%$, $Al < 0,1\%$, $P < 0,1\%$, $S < 0,05\%$, $0,0005\% < B < 0,08\%$, estando formado el resto de hierro e impurezas inevitables debido al desarrollo del acero.
8. Chapa de acero provista de un revestimiento de protección catódica sacrificial según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, para la cual dicho revestimiento tiene un espesor comprendido entre 10 y 50 μm .
9. Chapa de acero provista de un revestimiento de protección catódica sacrificial según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, cuyo revestimiento es obtenido por inmersión en caliente.
10. Procedimiento de fabricación de una pieza de acero provista de un revestimiento de protección catódica sacrificial comprendiendo las etapas siguientes, tomadas en este orden y consistentes en:
 - proporcionar una chapa de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, revestida previamente, luego
 - cortar dicha chapa para obtener un flan, luego
 - calentar dicho flan bajo una atmósfera no protectora hasta una temperatura de austenización T_m comprendida entre 840 y 950 $^{\circ}C$, luego
 - mantener dicho flan a esta temperatura T_m durante un tiempo t_m comprendido entre 1 y 8 minutos, luego
 - embutir en caliente dicho flan para obtener una pieza de acero revestido que se enfría a una velocidad tal que la microestructura de dicho acero comprende al menos un componente seleccionado entre la martensita y la bainita,
 - la temperatura T_m , el tiempo t_m , el espesor del revestimiento previo y su contenido en elemento de protección, en zinc y eventualmente en magnesio siendo seleccionado de modo que el contenido medio final en hierro en la parte superior del revestimiento de dicha pieza sea inferior al 75 % en peso.
11. Procedimiento según la reivindicación 10, para el cual el espesor del revestimiento previo es superior o igual a 27 μm , siendo su contenido en estaño superior o igual al 1 % en peso y su contenido en zinc es superior o igual al 20 % en peso.
12. Pieza de acero provista de un revestimiento de protección catódica sacrificial que puede ser obtenida mediante el procedimiento según las reivindicaciones 10 o 11.
13. Pieza de acero provista de un revestimiento de protección catódica sacrificial que puede ser obtenida mediante embutición en frío de una chapa según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.