

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 725 310**

51 Int. Cl.:

<b>C23C 2/02</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/02</b>	(2006.01)
<b>C22C 18/00</b>	(2006.01)	<b>C23F 17/00</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/00</b>	(2006.01)	<b>C23C 28/00</b>	(2006.01)
<b>C23C 2/06</b>	(2006.01)		
<b>C23C 2/28</b>	(2006.01)		
<b>B32B 15/00</b>	(2006.01)		
<b>C21D 1/00</b>	(2006.01)		
<b>C21D 6/00</b>	(2006.01)		
<b>C21D 8/04</b>	(2006.01)		
<b>C21D 9/00</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.12.2012 PCT/JP2012/083479**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.07.2014 WO14102901**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.12.2012 E 12890932 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019 EP 2944705**

54 Título: **Lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente aleado y método de fabricación de la misma**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.09.2019**

73 Titular/es:  
**NIPPON STEEL CORPORATION (100.0%)**  
**6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku**  
**Tokyo, JP**

72 Inventor/es:  
**YASUI TAKESHI;**  
**AKIBA KOJIRO;**  
**ISHIZUKA KIYOKAZU y**  
**TANAKA KOKI**

74 Agente/Representante:  
**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 725 310 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 galvanizado por inmersión en caliente aleado y método de fabricación de la misma

**Campo técnico de la invención**

5 La presente invención se refiere a una lámina de acero galvanorrecocido que tiene excelente adhesión de revestimiento, y a un método de fabricación de la misma.

**Técnica relacionada**

10 En los últimos años, particularmente en el campo de la tecnología de vehículos, ha habido una demanda creciente de láminas de acero de alta resistencia desde el punto de vista de una reducción en el peso de una carrocería de vehículo con el propósito de ahorro de energía para la mejora de la eficiencia del combustible. En respuesta a esta demanda, por ejemplo, en el documento 1 de patente, se describe una lámina de acero que tiene una estructura en la que se mezclan tres fases que incluyen ferrita, bainita y austenita, como su estructura de lámina de acero. Además, se describe que esta lámina de acero es una lámina de acero que usa plasticidad inducida por transformación que exhibe alta ductilidad debido a la transformación de austenita retenida en martensita durante el trabajo de conformación.

15 Este tipo de lámina de acero contiene, por ejemplo, de 0.05% en masa a 0.4% en masa de C, de 0.2% en masa a 3.0% en masa de Si, y de 0.1% en masa a 2.5% en masa de Mn y tiene una estructura de material compuesto formada por recocido en una región de dos fases y a continuación controlando el patrón de temperatura en un procedimiento de enfriamiento. Por lo tanto, la lámina de acero se caracteriza por el hecho de que se pueden garantizar las necesarias propiedades sin usar elementos de aleación caros.

20 En un caso en el que se realiza el chapado de cinc en la lámina de acero mediante una instalación de chapado continuo de cinc por inmersión en caliente para impartirle una función preventiva de la corrosión, la humectabilidad del revestimiento se degrada significativamente cuando el contenido de Si de la lámina de acero es más alto de 0.3% en masa. Por lo tanto, en el método de Sendzimir en el que se usa un baño de cinc fundido típico que contiene Al, se generan defectos sin revestimiento y existe un problema por el hecho de que se degrada la calidad de la apariencia externa.

25 Se dice que esto se debe a que se genera una película de óxido externa que incluye óxidos que contienen Si o Mn que tienen poca humectabilidad al Zn fundido en la superficie de la lámina de acero durante el recocido de reducción.

30 Como medio para resolver este problema, en el Documento 2 de patente, se propone un método para calentar una lámina de acero por adelantado en una atmósfera con una relación de aire de 0.9 a 1.2 para formar óxidos de Fe, controlar el grosor de los óxidos a 500 Å o menor en una zona de reducción que contiene H<sub>2</sub>, y a continuación realizar el revestimiento en un baño al que se añaden Mn y Al. Sin embargo, en una línea de producción real, varias láminas de acero que contienen varios elementos de adición pasan a través de ella y, de este modo, es difícil controlar con precisión el grosor de los óxidos.

35 Como otro medio para limitar los defectos de no revestimiento, en el Documento 3 de patente, se describe un método para aplicar un revestimiento específico a una capa inferior para mejorar las propiedades del revestimiento. Sin embargo, en este método, hay una necesidad de proporcionar nuevamente una instalación de revestimiento en la etapa delantera de un horno de recocido en una línea de chapado de cinc por inmersión en caliente o realizar un procedimiento de revestimiento con antelación en una línea de revestimiento electrolítico. En cualquier caso, se espera un incremento significativo de los costes de fabricación.

40 Por otra parte, en el Documento 4 de patente, se describe un método para fabricar una lámina de acero galvanorrecocido mediante el ajuste del potencial de oxígeno en una atmósfera de recocido durante el recocido para no oxidar el Fe en una lámina de acero. En este método, se permite que los elementos fácilmente oxidables tales como Si y Mn en el acero se oxiden internamente mediante el control del potencial de oxígeno en la atmósfera, de modo que se limite la formación de una película de óxido externa y se consiga la mejora de las propiedades del revestimiento.

45 Según la aplicación de este método, la lámina de acero se recalienta después del revestimiento y una capa de revestimiento de Zn y la lámina de acero se dejan reaccionar entre sí. Por lo tanto, una reacción de aleación de Zn-Fe puede avanzar uniformemente cuando se forma una capa de revestimiento de aleación hecha de una aleación de Zn-Fe. Sin embargo, aunque se garantiza una adhesión suficiente durante el trabajo típico, no se puede obtener un efecto de mejora de la adhesión del revestimiento durante el trabajo extremo.

55 Una lámina de acero de alta resistencia usada como miembro de refuerzo de un vehículo se trabaja generalmente mediante trabajo que incluye principalmente el doblado. En un caso en el que se use una lámina de acero de alta resistencia que tiene un contenido de C relativamente alto como lámina de inicio, dado que la lámina de inicio misma es dura, se pueden iniciar fácilmente grietas en la capa superficial de la lámina de acero durante el doblado. Tales

grietas son la causa del agrietamiento de la lámina de acero en la dirección a través del grosor durante el uso de la lámina de acero.

Para resolver este problema con la plegabilidad, en el Documento 5 de patente, el solicitante sugiere una técnica para controlar el potencial de oxígeno en una atmósfera de recocido para mejorar las propiedades de revestimiento, reduciendo el contenido de C en la superficie de una lámina de acero para mejorar la ductilidad de la capa superficial más externa y limitar el inicio de las grietas y permitir que los óxidos limiten la propagación de las grietas incluso cuando están iniciadas las grietas y garantizar la plegabilidad de la lámina de acero generando óxidos de Si y Mn en la vecindad de la capa superficial de la lámina de acero.

Sin embargo, en la técnica del Documento 5 de patente, incluso cuando la lámina de acero se recuece en condiciones tales que se produce la oxidación interna, no se retiran todos los óxidos que se generan en la interfase entre el revestimiento y la lámina de acero. Por lo tanto, dependiendo de las propiedades y el estado de la interfase entre la capa de revestimiento y la lámina de acero provocados por el comportamiento de generación de los óxidos, puede haber un caso en el que la adhesión entre la lámina de acero y la capa de revestimiento se deteriore y hay una problema por el hecho de que el revestimiento se desprende durante el trabajo.

En un caso en el que se fabrique una lámina de acero revestida usando tales métodos, como se describe en el Documento 4 de patente, después de un galvanorrecocido, las partículas de óxidos que contienen Si o Mn se dispersan en la capa de revestimiento (capa de revestimiento de aleación de Zn-Fe) que contiene fases de aleación de Zn-Fe generadas por reacciones entre Zn que se infiltra desde la capa de revestimiento durante el galvanorrecocido y Fe en la lámina de acero.

En la capa de revestimiento de aleación de Zn-Fe, una pluralidad de fases de aleación de Zn-Fe tales como las fases  $\zeta$ ,  $\delta_1$ ,  $\Gamma$  y  $\Gamma_1$  están presentes en orden ascendente en términos de contenido de Fe. En general, la fase de aleación de Zn-Fe es dura y quebradiza a medida que se incrementa el contenido de Fe. Además, cuando las partículas de óxido se dispersan en la fase de aleación de Zn-Fe, se reduce la deformabilidad plástica de la fase de aleación de Zn-Fe. Por lo tanto, cuando se aplica tensión a la capa de revestimiento, es más probable que la capa de revestimiento se agriete o se desprenda.

Con respecto a problemas tales como el pelado del revestimiento o el deterioro de la resistencia a la pulverización que se produce cuando se fabrica una lámina de acero galvanorrecocido usando una lámina de acero de alta resistencia como lámina de inicio, por ejemplo, en el Documento 6 de patente, se describe una técnica de, centrada en la forma de una estructura que incluye óxidos de Si-Mn y compuestos intermetálicos de Zn-Fe generados en la interfase entre la capa de revestimiento y la lámina de acero, la interfase entre la capa de revestimiento y la lámina de acero para mejorar la adhesión entre la capa de revestimiento y la lámina de acero controlando el tamaño de las porciones cóncavas-convexas en la estructura.

Sin embargo, en la técnica del Documento 6 de patente, durante el recocido antes del revestimiento, se emplea un procedimiento de calentamiento de la lámina de acero en una atmósfera oxidante y mantenimiento de la lámina de acero en una atmósfera de reducción durante un tiempo predeterminado. Por lo tanto, la atmósfera de recocido se tiene que controlar estrictamente para que el estado de la interfase entre la capa de revestimiento y la lámina de acero esté en un estado predeterminado después del galvanorrecocido.

En el Documento 7 de Patente, se describe una técnica para controlar la profundidad de infiltración de los compuestos intermetálicos de Zn-Fe en una dirección de profundidad hacia la lámina de acero desde la interfase entre la capa de revestimiento y la lámina de acero hasta 10  $\mu\text{m}$  o menos para mejorar la resistencia a la pulverización y la adhesión del revestimiento. Sin embargo, en los últimos años, se ha requerido una mayor trabajabilidad de una lámina de acero galvanorrecocido de alta resistencia para aplicaciones automotrices y similares. Por lo tanto, es difícil garantizar la adhesión del revestimiento que pueda soportar el procesado extremo solo controlando la profundidad máxima de infiltración de los compuestos intermetálicos de Zn-Fe. Por ejemplo, cuando se realiza un procedimiento de trabajo extremo de conformación usando una matriz, se puede producir pulverización en la que se desprenden los revestimientos de la superficie y, en la técnica relacionada, es difícil eliminar la producción de la pulverización.

El Documento 8 de patente describe una lámina de acero galvanizado por inmersión en caliente de alta resistencia que tiene una alta resistencia a la tracción y porciones no chapadas y que es excelente en trabajabilidad y propiedades de la superficie incluso cuando el equipo empleado tiene solo un horno de recocido de reducción y se usa como sustrato una lámina de acero que contiene relativamente grandes cantidades de Si, Mn y Al que se considera que es probable que provoquen porciones no chapadas.

Documento de la técnica anterior

Documento de patente

[Documento 1 de patente] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación No. H05-59429

[Documento 2 de patente] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación No. H04-276057

[Documento 3 de patente] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación No. 2003-105514

[Documento 4 de patente] Patente japonesa No. 4718782

[Documento 5 de patente] Folleto de la publicación internacional PCT No. WO2011 / 025042

[Documento 6 de patente] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación No. 2011-127216

5 [Documento 7 de patente] Solicitud de patente japonesa sin examinar, primera publicación No. 2011-153367

### Descripción de la invención

Problemas que resuelve la invención

10 La presente invención se ha realizado teniendo en consideración los problemas descritos anteriormente asociados con una lámina de acero galvanorrecocido de alta resistencia. Es decir, un objetivo de la presente invención es proporcionar una lámina de acero galvanorrecocido que tiene una excelente adhesión de revestimiento y un método para fabricar la misma.

Medios para resolver los problemas

15 Los inventores examinaron de forma intensiva un método para mejorar la adhesión del revestimiento de una lámina de acero galvanorrecocido (de aquí en adelante, también denominada "lámina de acero revestido"). Como resultado, recientemente se encontró que en la vecindad de la interfase entre la capa de revestimiento y la lámina de acero en una lámina de acero revestido después de un tratamiento de revestimiento, (i) el estado de una estructura y los óxidos formados en el lado de la lámina de acero, y (ii) la morfología de una fase de aleación de Zn-Fe existente generada por la infiltración de Zn en la lámina de acero desde el lado de la capa de revestimiento tiene un efecto significativo en la mejora de la adhesión del revestimiento.

20 Además, basándose en los hallazgos, los inventores encontraron que los problemas anteriores se pueden resolver controlando la estructura en la vecindad de la interfase entre la capa de revestimiento y la lámina de acero.

La presente invención se basa en los hallazgos, y el resumen es el siguiente.

25 (1) Una lámina de acero galvanorrecocido según un aspecto de la presente invención incluye: una lámina de acero; una capa de revestimiento sobre una superficie de la lámina de acero; y una capa mixta formada entre la lámina de acero y la capa de revestimiento, en la que la lámina de acero contiene, en términos de % en masa, C: 0.050% o más y 0.50% o menos, y Mn: 0.01% o más y 3.00% o menos, además contiene un tipo o dos o más tipos de Si: 0.01% o más y 3.00% o menos, Al: 0.010% o más y 2.00% o menos, y Cr: 0.01% o más y 2.00% o menos, limita las cantidades de P, S, O, N, Ti, Nb, Mo, Cu, Ni y B a P: 0.100% o menos, S: 0.0200% o menos, O: 0.0100% o menos, N: 0.0100% o menos, Ti: 0.150% o menos, Nb: 0.150% o menos, Mo: 1.00% o menos, Cu: 2.00% o menos, Ni: 2.00% o menos, B: 0.0100% o menos, satisface la siguiente Expresión 1 cuando el contenido de Mn, el contenido de Si, el contenido de Al y el contenido de Cr se expresan respectivamente mediante [Mn], [Si], [Al] y [Cr] en términos de % en masa, y contiene un resto que incluye Fe e impurezas inevitables, la capa de revestimiento es una capa galvanorrecocida que contiene, en términos de % en masa, Fe: 7.0% o más y 15.0% o menos, Al: 0.01% o más y 1.00% o menos, y un resto que incluye Zn e impurezas inevitables, y la capa mixta incluye una porción de hierro base que tiene granos finos que tienen un tamaño mayor que 0  $\mu\text{m}$  e igual o menor que 2  $\mu\text{m}$ , una fase de aleación de Zn-Fe, y óxidos que contienen uno o más tipos de Mn, Si, Al, y Cr, y en la capa mixta, los óxidos y la fase de aleación de Zn-Fe están presentes en bordes de grano que forman granos finos y la fase de aleación de Zn-Fe está entremezclada con la porción de hierro base.

$$[\text{Mn}] + [\text{Si}] + [\text{Al}] + [\text{Cr}] \geq 0.4 \quad (\text{Expresión 1})$$

40 (2) En la lámina de acero galvanorrecocido descrita en (1), la región de la capa superficial en la capa de revestimiento que es una región de 1  $\mu\text{m}$  o menor de la superficie de la capa de revestimiento puede ser una fase de aleación de Zn-Fe que contiene una fase  $\zeta$  que no contiene los óxidos.

(3) En la lámina de acero galvanorrecocido descrita en (1) o (2), un grosor medio de la capa mixta en una dirección a lo largo de una dirección a través del grosor de la lámina de acero puede ser de 10  $\mu\text{m}$  o menor.

45 (4) En la lámina de acero galvanorrecocido descrita en uno cualquiera de (1) a (3), la fase de aleación de Zn-Fe en la capa mixta puede tener una forma que sobresale en forma de V hacia un centro de grosor de la lámina de acero desde la capa de revestimiento cuando se ve en una sección transversal en la dirección a través del grosor de la lámina de acero.

50 (5) En la lámina de acero galvanorrecocido descrita en uno cualquiera de (1) a (4), cuando se observan 10 o más campos visuales de la capa mixta a lo largo de una interfase entre la capa mixta y la capa de revestimiento usando un microscopio electrónico de barrido con un aumento de 5000 veces, los granos finos que tienen los bordes de grano en los que la fase de aleación de Zn-Fe está presente en la capa mixta se pueden observar en el 20% o más

de la totalidad de los campos visuales observados.

(6) En la lámina de acero galvanorrecocido descrita en uno cualquiera de (1) a (5), la fase de aleación de Zn-Fe en la capa mixta se puede generar por una reacción entre Zn que se infiltra desde la capa de revestimiento durante un galvanorrecocido y Fe en la lámina de acero.

5 (7) Un método para fabricar una lámina de acero galvanorrecocido según otro aspecto de la presente invención incluye: un primer procedimiento de elevación de la temperatura de calentamiento de la lámina de acero que tiene la composición descrita en (1), en una atmósfera que contiene 0.1% en vol. o más y 50% en vol. o menos de hidrógeno y un resto que incluye nitrógeno e impurezas inevitables y tiene un punto de rocío superior a -30°C e igual o menor de 20°C a una primera velocidad de elevación de la temperatura de 0.2°C/s o superior y 6°C/s o inferior, que es una  
10 velocidad media de elevación de la temperatura entre 650°C y 740°C; un segundo procedimiento de elevación de la temperatura de calentamiento de la lámina de acero de 740°C hasta una temperatura de recocido de 750°C o superior y 900°C o inferior en la misma atmósfera que la del primer procedimiento de elevación de la temperatura, después del primer procedimiento de elevación de la temperatura; un procedimiento de recocido de permitir que la lámina de acero se retenga en la misma atmósfera que la del segundo procedimiento de elevación de temperatura a  
15 la temperatura de recocido durante 30 segundos o más y 300 segundos o menos, después del segundo procedimiento de elevación de la temperatura; un procedimiento de enfriamiento, de enfriamiento de la lámina de acero después del procedimiento de recocido; y un procedimiento de galvanorrecocido que comprende; un procedimiento de chapado para realizar el chapado de cinc por inmersión en caliente en la lámina de acero después del procedimiento de enfriamiento; y un procedimiento de calentamiento para realizar un calentamiento en la lámina de acero a una temperatura de 420°C a 550°C después del procedimiento de chapado.

(8) En el método de fabricación de una lámina de acero galvanorrecocido descrito en (7), la temperatura en el procedimiento de calentamiento puede ser de 420°C o superior y de 500°C o inferior.

25 (9) En el método de fabricación de una lámina de acero galvanorrecocido descrito en (7) u (8), se puede incluir adicionalmente un procedimiento de trabajo extremo de rectificado para realizar un trabajo extremo de rectificado en una condición de una cantidad de rectificado de 0.01 g/m<sup>2</sup> a 3.00 g/m<sup>2</sup> antes del primer procedimiento de elevación de temperatura.

(10) En el método de fabricación de una lámina de acero galvanorrecocido descrita en uno cualquiera de (7) a (9), una velocidad media de enfriamiento entre 740°C y 650°C en el procedimiento de enfriamiento puede ser de 0.5°C/s o superior.

30 (11) En el método de fabricación de una lámina de acero galvanorrecocido descrito en uno cualquiera de (7) a (10), el procedimiento de recocido se puede realizar en horno de tubo todo radiante de una instalación de revestimiento continuo por inmersión en caliente.

35 (12) En el método de fabricación de una lámina de acero galvanorrecocido descrito en uno cualquiera de (7) a (11), la lámina de acero se puede sumergir en un baño de cinc fundido que contiene 0.01% o más y 1.00% o menos de Al y tiene una temperatura del baño de 430°C o superior y 500°C o inferior en el procedimiento de chapado.

(13) En el método de fabricación de una lámina de acero galvanorrecocido descrita en uno cualquiera de (7) a (12), en el procedimiento de calentamiento, una velocidad media de elevación de la temperatura entre 420°C y 460°C puede ser de 20°C/s o superior y 100°C/s o inferior, y una velocidad media de elevación de la temperatura de 460°C a 550°C puede ser de 2°C/s o superior y de 40°C/s o inferior.

40 Efectos de la invención.

Según los aspectos de la presente invención, se puede proporcionar una lámina de acero galvanorrecocido en la que se mejora la adhesión del revestimiento en comparación con la de la técnica relacionada.

#### Breve descripción de los dibujos

45 La FIG. 1A es una vista que muestra esquemáticamente un mecanismo para mejorar significativamente la adhesión del revestimiento y es una vista que muestra un aspecto en el que se realiza el chapado de cinc en una lámina de acero que tiene una estructura fina en la que los óxidos están presentes en los bordes de grano.

50 La FIG. 1B es una vista que muestra esquemáticamente el mecanismo de mejora significativa de la adhesión del revestimiento y es una vista que muestra la forma de una fase de aleación de Zn-Fe en forma de V (en forma de cuña) generada en la vecindad de los óxidos que están presentes en los bordes de grano por reacciones entre Zn que se infiltra desde una capa de revestimiento y Fe en la lámina de acero (después de la FIG. 1A).

La FIG. 1C es una vista que muestra esquemáticamente el mecanismo de mejora significativa de la adhesión del revestimiento y es una vista que muestra un aspecto de una capa de revestimiento de Zn-Fe formada por el recocido galvanorrecocido (después de la FIG. 1B).

La FIG. 2A es una vista que muestra una correlación entre "la estructura fina en la que los óxidos están presentes en

los bordes de grano" formada cerca de la superficie de la lámina de acero y la capa de revestimiento, y es una vista que muestra esquemáticamente un aspecto de "la estructura fina en la que los óxidos están presentes en los bordes de grano" formada en la vecindad de la superficie de la lámina de acero.

5 La FIG. 2B es una vista que muestra una correlación entre "la estructura fina en la que los óxidos están presentes en los bordes de grano" formada en la vecindad de la superficie de la lámina de acero y la capa de revestimiento, y es una vista que muestra esquemáticamente un aspecto de "la estructura fina en la que los óxidos están presentes en los bordes de grano" después del revestimiento.

La FIG. 3 es una vista que muestra la estructura fina después del recocido.

La FIG. 4 es una vista que muestra la estructura fina después de un galvanorrecoido.

10 La FIG. 5 es una vista que muestra una fase  $\zeta$  generada cuando el galvanorrecoido se realiza a una temperatura baja.

### Realizaciones de la invención

De aquí en adelante, se describirá en detalle una lámina de acero galvanorrecoido según una realización de la presente invención.

15 La lámina de acero galvanorrecoido según la realización de la presente invención (de aquí en adelante, también denominada lámina de acero revestido según esta realización) incluye: una lámina de acero; una capa de revestimiento sobre la superficie de la lámina de acero; y una capa mixta formada entre la lámina de acero y la capa de revestimiento, en la que la lámina de acero contiene, en términos de % en masa, C: 0.050% o más y 0.50% o menos, y Mn: 0.01% o más y 3.00% o menos, además contiene un tipo o dos o más tipos de Si: 0.01% o más y 3.00% o menos, Al: 0.010% o más y 2.00% o menos, y Cr: 0.01% o más y 2.00% o menos, limita las cantidades de P, S, O, N, Ti, Nb, Mo, Cu, Ni y B a P: 0.100% o menos, S: 0.0200% o menos, O: 0.0100% o menos, N: 0.0100% o menos, Ti: 0.150% o menos, Nb: 0.150% o menos, Mo: 1.00% o menos, Cu: 2.00% o menos, Ni: 2.00% o menos, y B: 0.0100% o menos, satisface la siguiente Expresión 1 cuando el contenido de Mn, el contenido de Si, el contenido de Al y el contenido de Cr se expresan respectivamente mediante [Mn], [Si], [Al] y [Cr] en términos de % en masa, y contiene un resto que incluye Fe e impurezas inevitables, la capa de revestimiento es una capa galvanorrecoída que contiene, en términos de % en masa, Fe: 7.0% o más y 15.0% o menos, Al: 0.01% o más y 1.00% o menos, y un resto que incluye Zn e impurezas inevitables, y la capa mixta incluye una porción de hierro base que tiene granos finos que tienen un tamaño superior a 0  $\mu\text{m}$  e igual o inferior a 2  $\mu\text{m}$ , una fase de aleación de Zn-Fe y óxidos que contienen uno o más tipos de Mn, Si, Al y Cr, y en la capa mixta, los óxidos y la fase de aleación de Zn-Fe están presentes en los bordes de grano que forman los granos finos y la fase de aleación de Zn-Fe está entremezclada con la porción de hierro base.

$$[\text{Mn}] + [\text{Si}] + [\text{Al}] + [\text{Cr}] \geq 0.4 \text{ (Expresión 1)}$$

35 El grosor (mm) de la lámina de acero sometida a chapado de cinc no está particularmente limitado. Típicamente, el grosor de la lámina de acero sometida a chapado de cinc es de 0.4 mm a 3.2 mm. Sin embargo, teniendo en cuenta la carga o la productividad de una laminadora, el grosor es preferentemente de 1.0 mm a 3.2 mm.

En primer lugar, se describirá una razón por la que se limita la composición química de la lámina de acero que es un material para revestir (también se puede denominar lámina de acero según esta realización) en la lámina de acero revestida según esta realización. Aquí, el % asociado a la composición representa el % en masa.

C: 0.050% o más y 0.5% o menos

40 El C es un elemento efectivo para garantizar la resistencia del acero. Sin embargo, cuando el contenido de C es inferior a 0.050%, no se puede esperar el efecto de mejora de la resistencia. Por otra parte, cuando el contenido de C es más del 0.5%, la soldabilidad se deteriora y la utilización de la lámina de acero de la presente invención se degrada. Por lo tanto, el contenido de C es 0.050% o más y 0.5% o menos. El contenido de C es preferentemente de 0.100% o más y 0.4% o menos.

45 Mn: 0.01% o más y 3.00% o menos

50 El Mn es un elemento efectivo para garantizar la resistencia del acero. Además, el Mn es un elemento que forma óxidos que suprimen el engrosamiento de los granos en la vecindad de la superficie de la lámina de acero durante el recocido. Sin embargo, cuando el contenido de Mn es inferior al 0.01%, puede no esperarse un efecto de la adición de Mn. Por otra parte, cuando el contenido de Mn es más del 3.00%, la soldabilidad se deteriora y la utilización de la lámina de acero de la presente invención se degrada. Por lo tanto, el contenido de Mn es 0.01% o más y 3.00% o menos. El contenido de Mn es preferentemente de 0.07% o más y de 3.00% o menos.

Además, la lámina de acero necesita contener un tipo o dos o más tipos seleccionados de Si, Al y Cr en los siguientes intervalos.

## ES 2 725 310 T3

Si: 0.01% o más y 3.00% o menos.

5 El Si es un elemento que garantiza la resistencia del acero. Además, el Si es un elemento que forma óxidos que limitan el engrosamiento de los granos en la vecindad de la superficie de la lámina de acero durante el recocido. Para obtener este efecto, el acero debe contener un 0.01% o más de Si. Por lo tanto, el límite inferior del contenido de Si en un caso en el que se añade Si es 0.01%. Por otra parte, cuando el contenido de Si es superior al 3.00%, se generan óxidos gruesos y la capa de revestimiento se desprende fácilmente. Por lo tanto, el límite superior del contenido de Si es 3.00%. El límite superior del contenido de Si es preferentemente 2.00%.

Al: 0.010% o más y 2.00% o menos

10 El Al es un elemento que desoxida el acero. Además, el Al es un elemento que forma óxidos que limitan el engrosamiento de los granos en la vecindad de la superficie de la lámina de acero durante el recocido. Para obtener este efecto, el acero debe contener un 0.010% o más de Al. Por lo tanto, el límite inferior del contenido de Al en un caso en el que se añade Al es de 0.010%. Por otra parte, cuando el contenido de Al es superior al 2.00%, se generan inclusiones gruesas y óxidos, la trabajabilidad se degrada y la capa de revestimiento se desprende fácilmente. Por lo tanto, el límite superior del contenido de Al es 2.00%. Desde el punto de vista de garantizar una alta trabajabilidad, un límite superior preferible del mismo es 1.50%.

Cr: 0.01% o más y 2.00% o menos.

20 El Cr es un elemento efectivo para garantizar la resistencia del acero sin dañar la trabajabilidad, en particular, el alargamiento de la lámina de acero. Además, el Cr es un elemento que forma óxidos que limitan el engrosamiento de los granos en la vecindad de la superficie de la lámina de acero durante el recocido. Para obtener este efecto, el acero necesita contener un 0.01% o más de Cr. Por lo tanto, el límite inferior del contenido de Cr en un caso en el que se añade Cr es de 0.01%. Por otra parte, cuando el contenido de Cr es más del 2.00%, los bordes de grano se fragilizan debido a la segregación de los bordes, y se reduce la tasa de aleación. Por lo tanto, el límite superior del contenido de Cr es 2.00%. Un límite superior preferible del mismo es el 1.50%.

Mn + Si + Al + Cr = 0.400% o más

25 Como se describe anteriormente, todos los Mn, Si, Al y Cr son elementos que forman óxidos que limitan el engrosamiento de los granos en la vecindad de la superficie de la lámina de acero durante el recocido. Sin embargo, cuando Mn + Si + Al + Cr es inferior al 0.400%, la cantidad de óxidos generados es insuficiente, y los granos cerca de la superficie de la lámina de acero se engrosan. Por consiguiente, no se obtiene una estructura fina deseada. Por lo tanto, Mn + Si + Al + Cr es más de 0.400%. Mn + Si + Al + Cr es preferentemente 0.900% o más. El límite superior del mismo no está particularmente limitado y puede ser la suma de los límites superiores de los elementos. Sin embargo, para limitar la generación excesiva de óxidos, el límite superior del mismo es preferentemente 6.000% o menos.

Aquí, los óxidos que limitan el engrosamiento de los granos como se describe anteriormente son óxidos de Mn, Si, Al o Cr, u óxidos compuestos que contienen dos o más tipos de Mn, Si, Al y Cr.

35 Los ejemplos de los óxidos incluyen óxidos de Si, óxidos de Mn, óxidos de Si-Mn, óxidos de Al, óxidos compuestos de Al-Si, óxidos compuestos de Al-Mn, óxidos compuestos de Al-Si-Mn, óxidos de Cr, óxidos compuestos de Cr-Si, óxidos compuestos de Cr-Mn, óxidos compuestos de Cr-Si-Mn, óxidos compuestos de Cr-Al, óxidos compuestos de Cr-Al-Si, óxidos compuestos de Cr-Al-Mn y óxidos compuestos de Cr-Al-Mn-Si. Además, los óxidos también pueden contener Fe.

40 El tamaño de los óxidos es preferentemente no mayor que 1  $\mu\text{m}$  en términos de diámetro medio del círculo equivalente para no deteriorar el alargamiento, y es preferentemente 10 nm o mayor para exhibir un efecto de limitación del movimiento de los bordes de grano de la lámina de acero. El tamaño de los óxidos se puede obtener al observar una muestra pulida de una sección transversal con un aumento de SEM (microscopio electrónico de barrido) de 50000 veces y obtener diámetros del círculo equivalente por medio de análisis de imágenes. El número de óxidos no está particularmente limitado, y es preferible que uno o más óxidos estén presentes en una longitud de 100  $\mu\text{m}$  de la sección transversal a una profundidad d ( $\mu\text{m}$ ) en la dirección a través del grosor durante la observación de la sección transversal.

45 La lámina de acero según esta realización se basa en la composición que contiene los elementos mencionados anteriormente y el resto que incluye hierro e impurezas inevitables. Sin embargo, la lámina de acero puede contener además P, S, O, N, Ti, Nb, Mo, Cu, Ni y B con los siguientes intervalos de contenido según sea necesario. Los límites inferiores de los elementos son 0%. Sin embargo, para obtener los efectos deseados, se pueden emplear los siguientes límites inferiores.

P: 0.100% o menos

55 El P es un elemento que incrementa la resistencia del acero y también es un elemento que se segrega en una porción central de grosor de la lámina de acero y provoca la fragilización de las soldaduras. Por lo tanto, el contenido

de P está limitado a 0.100% o menos. El contenido de P es preferentemente de 0.080% o menos. El límite inferior del mismo no está particularmente limitado. Sin embargo, para garantizar un efecto de mejora de la resistencia, el acero contiene preferentemente 0.001% o más de P.

S: 0.0200% o menos

- 5 El S tiene un efecto adverso sobre la soldabilidad y la fabricabilidad durante la fundición y el laminado en caliente. Por lo tanto, el límite superior del contenido de S es 0.0200%. Además, el S está unido a Mn y forma MnS grueso y, de este modo, reduce la ductilidad y la conformabilidad. Por lo tanto, el límite superior del mismo es preferentemente 0.0050% o menos y más preferentemente 0.0025% o menos. Los efectos de la presente invención se muestran incluso cuando el límite inferior del contenido de S no está particularmente definido. Sin embargo, establecer que el contenido de S sea menos de 0.0001% provoca un incremento significativo de los costes de fabricación y, de este modo, su límite inferior es preferentemente 0.0001% o más.

O: 0.0100% o menos

- 15 El O forma óxidos y deteriora la ductilidad y la conformabilidad, y de este modo el contenido de O necesita estar limitado. Cuando el contenido de O es mayor de 0.0100%, la conformabilidad se deteriora significativamente y, de este modo, el límite superior del contenido de O es 0.0100%. El contenido de O es preferentemente de 0.0080% o menos y más preferentemente de 0.0060% o menos. Los efectos de la presente invención se exhiben incluso cuando el límite inferior del contenido de O no está particularmente definido. Sin embargo, establecer el contenido de O en menos de 0.0001% provoca un aumento significativo en los costes de fabricación, y de este modo, su límite inferior es preferentemente de 0.0001% o más.

- 20 N: 0.0100% o menos

- 25 El N forma nitruros gruesos y deteriora la ductilidad y la conformabilidad, por lo que el contenido de N debe ser limitado. Cuando el contenido de N es superior al 0.0100%, esta tendencia se vuelve significativa y, de este modo, el intervalo del contenido de N se establece en 0.0100% o menos. Además, el N provoca la generación de sopladuras durante la soldadura y, de este modo, el contenido de N es preferentemente lo más pequeño posible. Los efectos de la presente invención se exhiben incluso cuando el límite inferior del contenido de N no está particularmente definido. Sin embargo, establecer el contenido de N en menos de 0.0001% provoca un aumento significativo de los costes de fabricación y, de este modo, su límite inferior es preferentemente de 0.0001% o más.

Ti: 0.150% o menos

- 30 El Ti es un elemento que contribuye a un incremento de la resistencia de la lámina de acero (lámina de acero de metal base) que es un material para revestir, debido al fortalecimiento del precipitado, el fortalecimiento del grano fino por medio de la limitación del crecimiento de los granos de ferrita y el fortalecimiento de la dislocación por medio de la limitación de la recristalización. Sin embargo, cuando el contenido de Ti es superior al 0.150%, se precipita una gran cantidad de carbonitruros y, de este modo, se deteriora la conformabilidad. Por lo tanto, el contenido de Ti es preferentemente de 0.150% o menos. Desde el punto de vista de la conformabilidad, el contenido de Ti es más preferentemente de 0.120% o menos, e incluso más preferentemente de 0.100% o menos. Los efectos de la presente invención se exhiben incluso cuando el límite inferior del contenido de Ti no está particularmente definido. Sin embargo, con el fin de obtener suficientemente el efecto de incrementar la resistencia por Ti, el contenido de Ti es preferentemente de 0.005% o más. Para un incremento de la resistencia de la lámina de acero metálica base, el contenido de Ti es más preferentemente de 0.010% o más, e incluso más preferentemente de 0.015% o más.

- 40 Nb: 0.150% o menos

- 45 El Nb es un elemento que contribuye a un incremento de la resistencia de la lámina metálica de acero base debido al fortalecimiento del precipitado, al fortalecimiento del grano fino por medio de la limitación del crecimiento de los granos de ferrita y al fortalecimiento de la dislocación por medio de la limitación de la recristalización. Sin embargo, cuando el contenido de Nb es más del 0.150%, se precipita una gran cantidad de carbonitruros, y de este modo se deteriora la conformabilidad. Por lo tanto, el contenido de Nb es preferentemente del 0.150% o menos. Desde el punto de vista de la conformabilidad, el contenido de Nb es más preferentemente 0.120% o menos, e incluso más preferentemente 0.100% o menos. Los efectos de la presente invención se exhiben incluso cuando el límite inferior del contenido de Nb no está particularmente definido. Sin embargo, con el fin de obtener suficientemente el efecto de incrementar la resistencia por Nb, el contenido de Nb es preferentemente de 0.005% o más. Para un incremento de la resistencia de la lámina metálica de acero base, el contenido de Nb es más preferentemente de 0.010% o más, e incluso más preferentemente de 0.015% o más.

Mo: 1.00% o menos

- 55 El Mo es un elemento que limita la transformación de fase a una temperatura alta y es eficaz para incrementar la resistencia. Por lo tanto, se puede añadir Mo en lugar de una porción de C y/o Mn. Cuando el contenido de Mo es más del 1.00%, la trabajabilidad en caliente se daña y, de este modo, se reduce la productividad. Por lo tanto, el contenido de Mo es preferentemente de 1.00% o menos. Los efectos de la presente invención se exhiben incluso

## ES 2 725 310 T3

cuando el límite inferior del contenido de Mo no está particularmente definido. Sin embargo, para obtener suficientemente el efecto de incrementar la resistencia por Mo, el contenido de Mo es preferentemente de 0.01% o más.

Cu: 2.00% o menos

5 El Cu es un elemento que está presente en el acero en forma de partículas finas e incrementa la resistencia. Por lo tanto, se puede añadir Cu en lugar de una porción de C y/o Mn. Cuando el contenido de Cu es superior al 2.00%, la trabajabilidad en caliente se daña y, de este modo, el contenido de Cu es preferentemente del 2.00% o menos. Los efectos de la presente invención se exhiben incluso cuando el límite inferior del contenido de O no está particularmente definido. Sin embargo, para obtener suficientemente el efecto de incrementar la resistencia por Cu,  
10 el contenido de Cu es preferentemente de 0.01% o más.

Ni: 2.00% o menos

15 El Ni es un elemento que limita la transformación de fase a una temperatura alta y es efectivo para incrementar la resistencia. Por lo tanto, se puede añadir Ni en lugar de una porción de C y/o Mn. Cuando el contenido de Ni es más del 2.00%, la soldabilidad se daña, y de este modo, el contenido de Ni es preferentemente del 2.00% o menos. Los efectos de la presente invención se exhiben incluso cuando el límite inferior del contenido de Ni no está particularmente definido. Sin embargo, para obtener suficientemente el efecto de incrementar la resistencia por Ni, el contenido de Ni es preferentemente de 0.01% o más.

B: 0.0100% o menos

20 El B es un elemento que fortalece los bordes de grano y mejora la trabajabilidad secundaria. Sin embargo, el B es también un elemento que deteriora las propiedades de revestimiento. Por lo tanto, el límite superior del mismo es 0.0100%, y preferentemente 0.0075%. El límite inferior del mismo no está particularmente limitado, y es preferentemente 0.0001% o más para garantizar el efecto de mejora.

25 Los efectos de la presente invención se muestran incluso cuando la lámina de acero según esta realización contiene además, como elementos de impureza inevitable elementos distintos de los mencionados anteriormente, un tipo o dos o más tipos de W, Co, Sn, V, Ca, y REM.

A continuación, se describirá una razón por la que se limita la composición de la capa de revestimiento formada sobre la superficie de la lámina de acero en la lámina de acero revestido según esta realización. Aquí, el % asociado a la composición representa el % en masa.

Fe: 7.0% o más y 15.0% o menos

30 Cuando el contenido de Fe en la capa de revestimiento es inferior al 7.0%, se generan porciones que no están aleadas y, de este modo, la apariencia de la superficie es deficiente y la resistencia a la descamación durante el prensado se deteriora. Por otra parte, cuando el contenido de Fe en la capa de revestimiento es más del 15.0%, se generan porciones sobrealeadas y la resistencia a la pulverización durante el prensado se deteriora. Por lo tanto, el contenido de Fe (concentración de Fe) en la capa de revestimiento es de 7.0% o más y de 15.0% o menos. Aquí, el  
35 contenido de Fe en la capa de revestimiento indica la relación (% en masa) de Fe contenido, en un caso en el que la suma de las cantidades de revestimiento de la fase de aleación de Zn-Fe que está presente en la capa galvanorrecocida y la capa mixta, es el denominador

Al: de 0.01% a 1.00%

40 Cuando el contenido de Al (concentración de Al) en la capa de revestimiento es menor de 0.01%, una reacción de aleación de Zn y Fe avanza excesivamente en la capa de revestimiento durante la fabricación de la lámina de acero. Además, cuando el contenido de Al (concentración de Al) en la capa de revestimiento es más del 1.00%, se exhibe un efecto de limitación de la reacción de aleación de Zn-Fe por Al, y de este modo la velocidad de la línea se tiene que reducir para permitir que continúe la reacción de Zn-Fe, dando como resultado el deterioro de la productividad. Por lo tanto, el contenido de Al en la capa de revestimiento es 0.01% o más y 1.00% o menos.

45 En la lámina de acero revestido según esta realización, la capa mixta, que contiene la porción de hierro base, la fase de Fe-Zn, y los óxidos que contienen uno o más tipos de Mn, Si, Al y Cr, se forma entre la lámina de acero anteriormente descrita y capa de revestimiento por galvanorrecocido.

A continuación, se describirán las características estructurales de la lámina de acero revestido según esta realización.

50 Cuando se fabrica la lámina de acero galvanorrecocido, en un caso en el que el recocido se realiza en la lámina de acero que es un material a revestir en un horno de tubo todo radiante (RTF) de tipo lineal, ajustando el potencial de oxígeno en el horno de recocido, los elementos fácilmente oxidables Mn, Si, Al y Cr en la lámina de acero se pueden oxidar y forman óxidos, mientras que las películas de óxido que están presentes en la superficie de la lámina de acero se reducen.

La estructura de la lámina de acero antes del recocido es típicamente una estructura laminada y, en muchos casos, los granos de la misma están formados por granos finos del orden submicrométrico. Cuando la estructura fina se calienta en el horno de recocido y alcanza una cierta temperatura, se produce un crecimiento de grano y los granos gradualmente se vuelven más gruesos.

5 Sin embargo, cuando se ajusta el potencial de oxígeno o el patrón de elevación de la temperatura en el horno de recocido, Mn, Si, Al y Cr (elementos fácilmente oxidables) en la lámina de acero se pueden oxidar preferentemente (oxidación preferencial) en los bordes de grano de la lámina de acero antes de que los granos en la vecindad de la superficie de la lámina de acero se vuelvan gruesos.

10 Los óxidos generados por medio de oxidación preferencial limitan el movimiento de los bordes de grano. Por lo tanto, al ajustar el potencial de oxígeno o el patrón de elevación de la temperatura en el horno de recocido como se describe anteriormente, se puede formar una estructura fina en la que están presentes los óxidos en los bordes de grano mientras se mantiene la estructura laminada fina en la vecindad de la superficie de la lámina de acero que es fina.

15 En la lámina de acero revestida según esta realización, se realiza un chapado con cinc por inmersión en caliente sobre la lámina de acero después del recocido. Por consiguiente, la capa de revestimiento se forma sobre la superficie de la lámina de acero. Además, en la lámina de acero revestida según esta realización, el calentamiento se realiza en la lámina de acero que tiene la capa de revestimiento. Mediante el calentamiento, la capa mixta se forma entre la lámina de acero y la capa de revestimiento aleado (capa galvanorrecocida). La capa mixta se forma a medida que el Zn se infiltra en los bordes de grano de la estructura fina de la lámina de acero desde la capa de revestimiento. Por lo tanto, la capa mixta incluye la porción de hierro base (la porción de lámina de acero), la fase de aleación de Zn-Fe y los óxidos formados en los bordes de grano de la lámina de acero durante el recocido. Además, la fase de aleación de Zn-Fe en la capa mixta se genera a medida que se infiltra Zn desde la capa de revestimiento dentro de los bordes de grano de la estructura fina en la lámina de acero obtenida debido a la acción de limitar el crecimiento de grano de los óxidos formados durante el recocido y el Zn que se infiltra desde la capa de revestimiento reacciona con el Fe en la lámina de acero. Además, dado que la fase de aleación de Zn-Fe en la capa mixta se forma a lo largo de los bordes de grano de la lámina de acero, la fase de aleación de Zn-Fe y la porción de hierro base están en una forma entremezclada. Por lo tanto, la adhesión entre la lámina de acero y la capa de revestimiento se mejora significativamente. Particularmente, en la lámina de acero revestida según esta realización, la fase de aleación de Zn-Fe en la capa mixta tiene preferentemente una forma que sobresale en forma de V (denominada forma de cuña) hacia el centro del grosor de la lámina de acero desde la capa de revestimiento cuando se ve en una sección transversal en la dirección a través del grosor. Este mecanismo de mejora de la adhesión se describirá con referencia a los dibujos.

20 Las FIGS. 1A a 1C ilustran esquemáticamente un mecanismo para mejorar significativamente la adhesión del revestimiento. La FIG. 1A muestra un aspecto en el que se realiza el chapado de cinc en la lámina de acero que tiene la estructura fina en la que los óxidos están presentes en los bordes de grano (que contienen los óxidos). La FIG. 1B muestra un aspecto de la fase de aleación de Zn-Fe en forma de cuña generada en la vecindad de los óxidos que están presentes en los bordes de grano por reacciones entre la infiltración de Zn de la capa de revestimiento y el Fe en la lámina de acero. La FIG. 1C muestra un aspecto de una capa de revestimiento de Zn-Fe (capa de revestimiento de aleación) formada por el galvanorrecocido.

25 Como se muestra en la FIG. 1A, el chapado de cinc por inmersión en caliente se realiza en la lámina de acero que tiene una estructura 1 fina en la que los óxidos 4 están presentes en los bordes de grano, formando por ello una capa 2 de revestimiento. Los óxidos 4 están presentes en la mayoría de los bordes de grano, y el Zn se infiltra fácilmente en los bordes de grano en los que los óxidos 4 están presentes desde la capa 2 de revestimiento. Mediante un calentamiento después del revestimiento, el Zn que se infiltra desde la capa 2 de revestimiento se une a Fe en la lámina de acero en algunos de los bordes de grano en los que están presentes los óxidos 4. Además, como se muestra en la FIG. 1B la fase de aleación de Zn-Fe (compuestos intermetálicos) 5 que está presente entre la lámina de acero y la capa de revestimiento y tiene una forma que sobresale en forma de V (forma de cuña) hacia la lámina de acero se forma alrededor de los óxidos 4.

30 Además, como se muestra en la FIG. 1C, a medida que avanza el calentamiento, la capa 2 de revestimiento se alea desde un lado cercano a la interfase con la lámina de acero, formando por ello una capa de revestimiento de aleación (capa recocida galvanizada) 3. Además, la capa 3 de revestimiento de aleación incorpora la estructura 1 fina cerca de la superficie de la lámina de acero y crece hacia la lámina de acero. Esta región se convierte en una capa 13 mixta descrita anteriormente. Los inventores encontraron que la capa 13 mixta está presente entre la capa de revestimiento de aleación y la lámina de acero, en la capa mixta, ya que la fase de aleación de Zn-Fe 5 (compuestos intermetálicos) está entremezclada con una porción 11 de hierro base, la capa de revestimiento 3 de aleación y la lámina de acero están unidas firmemente entre sí, y de este modo la adhesión entre la capa 3 de revestimiento de aleación y la lámina de acero se incrementa drásticamente. Este punto es el hallazgo para la base de la presente invención.

35 Como se describe anteriormente, al realizar el calentamiento, la fase de aleación de Zn-Fe se genera no solo en la capa 13 mixta sino también en la capa 3 de revestimiento de aleación. Es preferible que la fase de aleación de Zn-

5 Fe en la capa mixta se forme como se describe anteriormente. Además, los inventores también encontraron que cuando la aleación de Zn-Fe en una región de capa superficial de revestimiento que es una región de 1  $\mu\text{m}$  o más pequeña de la superficie de la capa 3 de revestimiento de aleación (en el lado opuesto a la lámina de acero) en la estructura 3 es una fase de aleación de Zn-Fe que contiene una fase  $\zeta$  que no contiene los óxidos, la fuerza en la adhesión a otros miembros se puede incrementar adicionalmente.

10 Como se describe anteriormente, una porción de la estructura fina en la vecindad de la superficie de la lámina de acero se incorpora a la capa de revestimiento de aleación desde el lado de la superficie de la lámina de acero y se convierte en la capa mixta por el calentamiento. Los inventores encontraron que el control del proceso de oxidación interna ajustando la atmósfera de recocido y la velocidad de calentamiento es importante para formar la capa mixta. El ajuste de la atmósfera de recocido y la velocidad de calentamiento se describirán más adelante.

En la lámina de acero, cuando la estructura fina en la que están presentes los óxidos en los bordes de grano se forma hasta un cierto grosor, la aleación de la interfase entre la lámina de acero y la capa de revestimiento avanza rápidamente y se obtiene una capa mixta deseada después de que termina el calentamiento.

15 Las FIGS. 2A y 2B ilustran una correlación entre "la estructura fina en la que los óxidos están presentes en los bordes de grano" formada en la vecindad de la superficie de la lámina de acero y la capa de revestimiento. La FIG. 2A muestra esquemáticamente un aspecto de "la estructura fina en la que están presentes los óxidos en los bordes de grano" formada en la vecindad de la superficie de la lámina de acero, y la FIG. 2B muestra esquemáticamente un aspecto de "la estructura fina en la que los óxidos están presentes en los bordes de grano" en la capa mixta.

20 Cuando se forma la capa de revestimiento y el calentamiento se realiza en la superficie de la lámina de acero mostrada en la FIG. 2A, la capa de revestimiento de aleación incorpora "la estructura fina en la que los óxidos están presentes en los bordes de grano" y crece hacia la lámina de acero como se muestra en la FIG. 2B. Como resultado, en la lámina de acero revestida según esta realización, se forma la capa mixta que incluye "la estructura fina en la que los óxidos están presentes en los bordes de grano". Además, la fase de Zn-Fe se forma en los bordes de grano.

25 La "fase de aleación de Zn-Fe en forma de cuña" que está presente en los bordes de grano de "la estructura fina en la que están presentes los óxidos en los bordes de grano" en la capa mixta tiene la función de conectar estructuralmente la capa de revestimiento de aleación y la lámina de acero entre sí, y de este modo la adhesión de revestimiento de la lámina de acero de la presente invención se mejora drásticamente.

30 Con el fin de garantizar una mejora significativa de la adhesión del revestimiento, en la lámina de acero revestida según esta realización, la capa mixta descrita anteriormente se forma entre la lámina de acero y la capa de revestimiento. Además, la capa mixta descrita anteriormente se forma para incluir la porción de hierro base que tiene granos finos (estructura fina) que tienen un tamaño mayor de 0  $\mu\text{m}$  e igual o menor de 2  $\mu\text{m}$ , la fase de aleación de Zn-Fe, y óxidos que contiene uno o más tipos de Mn, Si, Al y Cr. Además, en la capa mixta descrita anteriormente, los óxidos y la fase de aleación de Zn-Fe están presentes en los bordes de grano que forman los granos finos, y la fase de aleación de Zn-Fe se forma con una forma de estar entremezclada con la porción de hierro base.

35 Como se describe anteriormente, la estructura de la lámina de acero antes del recocido es típicamente una estructura laminada y, en muchos casos, los granos de la misma están formados por granos finos del orden submicrométrico. En base a esto, con el fin de formar una cantidad suficiente de "fase de aleación de Zn-Fe en forma de cuña" en los bordes de grano en la capa mixta, la estructura fina de la porción de hierro base se especificó para una estructura fina que tiene granos finos con un tamaño de grano de 2  $\mu\text{m}$  o menor. El tamaño de grano de la estructura fina es preferentemente de 1  $\mu\text{m}$  o menor. Además, aunque no es necesario especificar el límite inferior del mismo, debido a la necesidad de la presencia de la estructura fina, el límite inferior del mismo es superior a 0  $\mu\text{m}$ .

40 La capa mixta 13 es más quebradiza que la lámina 1 de acero y la capa 3 de revestimiento de aleación. Por lo tanto, cuando el grosor de la capa mixta es superior a 10  $\mu\text{m}$ , el agrietamiento se produce fácilmente durante el doblado. Por lo tanto, el grosor de la capa mixta es preferentemente de 10  $\mu\text{m}$  o menor.

45 Con el fin de garantizar una plegabilidad suficiente, el grosor de la capa mixta es más preferentemente de 5  $\mu\text{m}$  o más pequeño.

50 Para obtener suficiente adhesión del revestimiento, cuando se observan 10 o más campos visuales de la capa mixta a lo largo de la interfase entre la capa mixta y la capa de revestimiento usando un microscopio electrónico de barrido con un aumento de 5000 veces, se observan uno o más granos finos que tienen los bordes de grano en los que está presente la fase de aleación de Zn-Fe en el 20% o más de la totalidad de los campos visuales observados.

55 En un caso en el que la relación de los campos visuales en los que se observan los granos finos que tienen los bordes de grano en los que se observa la fase de aleación de Zn-Fe es inferior al 20%, se puede garantizar una adhesión del revestimiento suficiente en un intervalo de trabajo de prensa en el que se postula una típica placa interna de vehículo. Sin embargo, en un caso en el que se aplica un trabajo extremo, como doblado, desdoblado o deslizamiento, por ejemplo, se propone una placa externa de vehículo, existe la preocupación de que la adhesión del revestimiento pueda ser insuficiente, y de este modo existe una posibilidad de que las aplicaciones y usos de la

presente invención pueden ser limitados, lo que no es preferible.

En un caso de mejorar adicionalmente la resistencia de adhesión, es preferible que reduciendo la temperatura en el procedimiento de calentamiento, la región de la capa superficial en la capa de revestimiento que es una región de 1  $\mu\text{m}$  o más pequeña de la superficie de la capa de revestimiento tenga la fase de aleación de Zn-Fe que contiene una fase  $\zeta$  21 que no contiene los óxidos, como se muestra en FIG. 5.

En la fase de aleación de Zn-Fe, la fase  $\zeta$  es relativamente blanda y no contiene los óxidos, y de este modo tiene un cierto grado de deformabilidad. Por lo tanto, cuando se aplica tensión a la capa superficial de la capa de revestimiento, la región de la capa superficial en la capa de revestimiento se puede deformar hasta cierto grado. Por consiguiente, cuando la región de la capa superficial en la capa de revestimiento se adhiere a otro miembro con un adhesivo, la adhesión al miembro es densa.

La razón por la que la fase  $\zeta$  no contiene óxidos no está clara. Sin embargo, se cree que la fase  $\zeta$  no se genera durante el calentamiento, y una fase de aleación de Zn-Fe que contiene la fase  $\zeta$  se precipita por una reacción entre el Fe eluido de la superficie de la lámina de acero en un baño de cinc fundido durante la inmersión en el baño de cinc fundido y Zn en el baño.

A continuación, se describirá un método de fabricación de la lámina de acero revestida según esta realización.

La fabricación de la lámina de acero revestida según esta realización incluye: un primer procedimiento de elevación de la temperatura para calentar la lámina de acero que tiene la composición descrita anteriormente en una atmósfera que contiene 0.1% en vol. o más y 50% en vol. o menos de hidrógeno e incluyendo el resto nitrógeno e impurezas inevitables y tiene un punto de rocío superior a  $-30^{\circ}\text{C}$  e igual o inferior a  $20^{\circ}\text{C}$  a una primera velocidad de elevación de la temperatura de  $0.2^{\circ}\text{C/s}$  o superior y  $4^{\circ}\text{C/s}$  o inferior, que es una velocidad media de elevación de la temperatura entre  $650^{\circ}\text{C}$  y  $740^{\circ}\text{C}$ ; un segundo procedimiento de elevación de la temperatura para calentar la lámina de acero de  $740^{\circ}\text{C}$  a una temperatura de recocido de  $750^{\circ}\text{C}$  o superior y de  $900^{\circ}\text{C}$  o inferior en la misma atmósfera que la del primer procedimiento de elevación de la temperatura, después del primer procedimiento de elevación de la temperatura; un procedimiento de recocido que permite que la lámina de acero se retenga en la misma atmósfera que la del segundo procedimiento de elevación de temperatura a la temperatura de recocido durante 30 segundos o más y 300 segundos o menos después del segundo procedimiento de elevación de temperatura; un procedimiento de enfriamiento de enfriamiento de la lámina de acero después del procedimiento de recocido; y un procedimiento de galvanorrecoado que comprende; un procedimiento de chapado para realizar un chapado por inmersión en caliente en la lámina de acero después del procedimiento de enfriamiento; y un procedimiento de calentamiento para realizar un calentamiento en la lámina de acero a una temperatura de  $420^{\circ}\text{C}$  a  $550^{\circ}\text{C}$  después del procedimiento de chapado.

Es preferible que el recocido se realice en un horno de tubo todo radiante de una instalación de revestimiento por inmersión en caliente continuo. La atmósfera de recocido de reducción antes del revestimiento es una atmósfera en la que la relación de hidrógeno a gas de la atmósfera es de 0.1% en vol. a 50% en vol. y el resto contiene nitrógeno e impurezas inevitables. Cuando el contenido de hidrógeno es inferior a 0.1% en vol., las películas de óxido que están presentes en la superficie de la lámina de acero no se pueden reducir suficientemente y no se puede garantizar la humectabilidad del revestimiento. Por lo tanto, el contenido de hidrógeno de la atmósfera de recocido de reducción es de 0.1% en vol. o más.

Cuando el contenido de hidrógeno en la atmósfera de recocido de reducción es mayor de 50% en vol., el punto de rocío (que corresponde a la presión de vapor de agua  $\text{PH}_2\text{O}$ ) del mismo se incrementa excesivamente, y de este modo existe una necesidad de introducir una instalación que evite la condensación de rocío. La introducción de una nueva instalación conduce a un incremento del coste de producción y, de este modo, el contenido de hidrógeno de la atmósfera de recocido de reducción es de 50% en vol. o menos. El contenido de hidrógeno es preferentemente de 0.1% en vol. o más y 40% en vol. o menos.

El punto de rocío de la atmósfera de reducción de recocido es superior a  $-30^{\circ}\text{C}$  e igual o inferior a  $20^{\circ}\text{C}$ . Cuando el punto de rocío de la misma es de  $-30^{\circ}\text{C}$  o inferior, resulta difícil garantizar un potencial de oxígeno necesario para oxidar internamente los elementos fácilmente oxidables tales como el Si y el Mn que están en el acero. El punto de rocío de la misma es preferentemente de  $-25^{\circ}\text{C}$  o superior. Por otra parte, cuando el punto de rocío de la misma es superior a  $20^{\circ}\text{C}$ , la concentración de rocío ocurre significativamente en una tubería a través de la que fluye el gas de reducción, y de este modo es difícil el control de la atmósfera estable. Por lo tanto, el punto de rocío de la misma es de  $20^{\circ}\text{C}$  o inferior. El punto de rocío de la misma es preferentemente de  $15^{\circ}\text{C}$  o inferior.

Además, es preferible que el  $\log(\text{PH}_2\text{O}/\text{PH}_2)$  de la atmósfera de recocido de reducción se ajuste para que sea 0 o menos. Cuando se incrementa el  $\log(\text{PH}_2\text{O}/\text{PH}_2)$  de la misma, se acelera la aleación. Sin embargo, cuando el  $\log(\text{PH}_2\text{O}/\text{PH}_2)$  de la misma es mayor de 0, los óxidos que se generan en la superficie de la lámina de acero antes del recocido no se pueden reducir suficientemente. Como resultado, no se puede garantizar la humectabilidad del revestimiento. Por lo tanto, el límite superior del  $\log(\text{PH}_2\text{O}/\text{PH}_2)$  de la misma es preferentemente 0. El límite superior de la misma es más preferentemente  $-0.1$  o inferior.

La composición y el punto de rocío de la atmósfera de recocido de reducción y la velocidad de calentamiento y la temperatura de recocido de la lámina de acero son importantes para permitir que los óxidos y la fase de aleación de Zn-Fe estén presentes en los bordes de grano que forman el grano fino en la capa mixta y para formar la capa mixta en la que la fase de aleación de Zn-Fe en la capa mixta está entremezclada con la porción de hierro base.

5 La lámina de acero se calienta en la atmósfera de recocido de reducción a una primera velocidad de elevación de la temperatura de 0.2°C/s o superior y de 6°C/s o inferior, que es una velocidad media de elevación de la temperatura entre 650°C y 740°C. (primer procedimiento de elevación de la temperatura). Después del primer procedimiento de elevación de la temperatura, la lámina de acero se calienta desde 740°C hasta una temperatura de recocido de 750°C o superior y 900°C o inferior en la atmósfera (segundo procedimiento de elevación de la temperatura).

10 Cuando la primera velocidad de elevación de la temperatura (velocidad de calentamiento) es demasiado alta y los granos en la lámina de acero se vuelven más gruesos antes de que la oxidación interna avance suficientemente. Por consiguiente, no se obtiene una morfología estructural necesaria para la presente invención. Por lo tanto, la primera velocidad de elevación de la temperatura es de 4°C/s o inferior. El límite inferior de la misma es preferentemente de 0.2°C/s o superior desde el punto de vista de la productividad.

15 La velocidad de elevación de la temperatura en el segundo procedimiento de elevación de la temperatura no necesita estar particularmente limitada. Sin embargo, desde el punto de vista de la productividad, es preferible que la velocidad de elevación de la temperatura sea igual o superior a 0.2°C/s e igual o inferior al límite superior de la capacidad de la instalación. Al controlar la velocidad de calentamiento a 740°C como se describe anteriormente, se generan óxidos en una región que se va a convertir en la capa mixta cuando se realice el revestimiento en un procedimiento subsecuente antes de la transformación debido a la oxidación interna en ferrita que tiene una alta velocidad de difusión. Por lo tanto, se cree que se puede generar la capa mixta descrita anteriormente.

20 Después del segundo procedimiento de elevación de la temperatura, se realiza el recocido en el que la lámina de acero se mantiene a una temperatura de recocido de 750°C o superior y de 900°C o inferior durante 30 segundos o más y 300 segundos o menos (procedimiento de recocido). Aquí, la retención no representa solo la retención isotérmica y también puede permitir un cambio de temperatura en el intervalo de temperatura anterior. Cuando la temperatura de recocido es inferior a 750°C, la película de óxidos generada en la superficie de la lámina de acero antes del recocido no se puede reducir suficientemente, y puede haber casos en los que no se pueda garantizar la humectabilidad del revestimiento. Cuando la temperatura de recocido es superior a 900°C, la conformabilidad en la prensa se deteriora y se incrementa la cantidad de calor necesaria para el calentamiento, lo que da como resultado un incremento de los costes de fabricación. Además, a una temperatura de recocido de 900°C o superior, es probable que el engrosamiento de los granos avance significativamente, y existe la preocupación de que la estructura fina que se forma en la superficie de la lámina de acero pueda disiparse una vez. Por lo tanto, la temperatura de recocido es de 750°C o superior y de 900°C o inferior. Una temperatura de recocido preferible es de 760°C o superior y de 880°C o inferior.

35 Después del procedimiento de recocido, se realiza el enfriamiento (procedimiento de enfriamiento). La velocidad de enfriamiento no está particularmente limitada. Sin embargo, desde el punto de vista de las propiedades del material, una velocidad media de enfriamiento entre 740°C y 650°C es de 0.5°C/s o superior. Cuando el límite superior de la velocidad de enfriamiento es de 20°C/s, es probable que los bordes de grano en una región que se convierte en la capa mixta cuando se realiza subsecuentemente el revestimiento sufran una segregación de componentes y, subsecuentemente, la capa mixta se genera fácilmente. Por lo tanto, es preferible que una velocidad media de enfriamiento entre 740°C y 650°C sea de 0.5°C/s o superior y de 20°C/s o inferior. La velocidad media de enfriamiento es más preferentemente de 15°C/s o inferior e incluso más preferentemente de 6°C/s o inferior.

45 Con respecto a la lámina de acero revestida según esta realización, el chapado de cinc por inmersión en caliente se realiza en la lámina de acero sometida al enfriamiento después del recocido para formar la capa de revestimiento (procedimiento de chapado). Es preferible que el chapado por inmersión en caliente se realice usando un baño de cinc fundido que contiene de 0.01% a 1.00% de Al a una temperatura del baño de 430°C a 500°C.

50 Cuando el contenido de Al es inferior a 0.01%, la capa de aleación de Zn-Fe en el baño de cinc fundido crece rápidamente, puede haber casos en los que no se pueda formar una capa de revestimiento deseada, por ejemplo, la concentración de Fe en la capa de revestimiento está excesivamente incrementada, solo controlando un tiempo de inmersión en función del tipo de acero. Además, se incrementa la cantidad de escoria de fondo generada en el baño de cinc fundido y se generan defectos de la superficie provocados por la escoria. Por lo tanto, existe preocupación de que pueda ocurrir un fallo en la apariencia externa en la lámina de acero.

55 Por otra parte, cuando el contenido de Al es más de 1.00%, se muestra un efecto significativo de limitación de la reacción de aleación de Zn-Fe por el Al, y de este modo se tiene que reducir la velocidad de la línea para permitir que la reacción de Zn-Fe pueda avanzar, dando como resultado el deterioro de la productividad.

Cuando la temperatura de baño del baño de cinc fundido es inferior a 430°C, dado que el punto de fusión del cinc es de aproximadamente 420°C, existe la preocupación de que el control de la temperatura del baño sea inestable y que una porción del baño se pueda solidificar. Cuando su temperatura de baño es superior a 500°C, se reduce la vida útil de instalaciones, tales como un rodillo sumergido o un recipiente del cinc. Por lo tanto, la temperatura de baño del

baño de cinc fundido es preferentemente de 430°C a 500°C. Su temperatura de baño es más preferentemente de 440°C a 480°C.

5 La cantidad de revestimiento no está particularmente limitada, y es preferentemente de 1  $\mu\text{m}$  o más en términos de una cantidad de revestimiento de superficie desde el punto de vista de la resistencia a la corrosión. Además, la cantidad de un revestimiento de superficie es preferentemente de 20  $\mu\text{m}$  o inferior desde el punto de vista de la trabajabilidad, la soldabilidad y la eficiencia económica.

10 El calentamiento se realiza a de 420°C a 550°C (procedimiento de calentamiento). Cuando la temperatura en el procedimiento de calentamiento es inferior a 420°C, el progreso de aleación se retrasa, y existe una posibilidad de que pueda quedar una capa de Zn sobre la capa superficial de revestimiento. La temperatura en el procedimiento de calentamiento es preferentemente de 450°C o superior. Por otra parte, cuando la temperatura en el procedimiento de calentamiento es superior a 550°C, la aleación progresa excesivamente, y una fase  $\Gamma$  que es quebradiza se espesa en la interfase entre el revestimiento y la lámina de acero, y de este modo se degrada la adhesión del revestimiento durante el trabajo.

15 Es preferible que, durante el calentamiento, la velocidad media de elevación de la temperatura de 420°C a 460°C sea de 20°C/s o superior y de 100°C/s o inferior, y la velocidad media de elevación de la temperatura de 460°C a 550°C sea de 2°C/s o superior y de 40°C/s o inferior.

Al realizar el calentamiento a tal velocidad de elevación de la temperatura, la fase  $\zeta$  se forma fácilmente en la capa superficial de la capa de revestimiento.

20 Aquí, en un caso en el que la temperatura en el procedimiento de calentamiento sea de 460°C o inferior, la velocidad media de elevación de la temperatura desde 420°C hasta la temperatura en el procedimiento de calentamiento puede ser de 20°C/s o superior y de 100°C/s o inferior.

25 En un caso en el que la fase  $\zeta$  se forme en la capa superficial de la capa de revestimiento para mejorar la resistencia en la adhesión a otros miembros, la temperatura en el procedimiento de calentamiento es preferentemente de 420°C o superior y de 500°C o inferior. Cuando la temperatura en el procedimiento de calentamiento es superior a 500°C, la fase  $\zeta$  se vuelve inestable y se divide en una fase  $\delta_1$  y una fase de Zn.

Además, es preferible proporcionar un procedimiento de trabajos extremos de rectificado de realizar trabajos extremos de rectificado antes del primer procedimiento de elevación de temperatura. Al realizar trabajos extremos de rectificado, el tamaño de grano de los granos finos de hierro base en la capa mixta se puede refinar adicionalmente.

30 En cuanto a las condiciones de trabajo extremo de rectificado, la cantidad de rectificado está preferentemente en un intervalo de 0.01  $\text{g}/\text{m}^2$  a 3.00  $\text{g}/\text{m}^2$ . Cuando la cantidad de rectificado es menor que 0.01  $\text{g}/\text{m}^2$ , no se exhibe un efecto de refinamiento de los granos de hierro base mediante los trabajos extremos de rectificado. Cuando la cantidad de rectificado es superior a 3.00  $\text{g}/\text{m}^2$ , existe una posibilidad de que la apariencia externa se vea afectada negativamente. Incluso cuando se realiza trabajo extremo de rectificado, la rugosidad del hierro base formado durante el trabajo extremo de rectificado se suaviza mediante procedimientos subsecuentes, desde el recocado hasta el chapado de cinc por inmersión en caliente. Es decir, cuando la capa mixta se forma como se describe en esta memoria descriptiva, el Fe de la lámina de acero se difunde dentro del revestimiento de cinc y se mueve hacia la interfase entre el hierro y el revestimiento como se muestra en FIG. 1. Por lo tanto, incluso cuando se realiza trabajo extremo de rectificado, las partes cóncavas-convexas (rugosidad) de la superficie de la lámina de acero no se mantienen mientras están en el estado después del trabajo extremo de rectificado.

40 Además, la superficie de la lámina de acero sufre una fuerte cizalladura y se deforma plásticamente por el trabajo extremo de rectificado, y de este modo se introducen una gran cantidad de dislocaciones y se incrementa la velocidad de difusión de átomos. Como resultado, se piensa que la oxidación interna avanza adicionalmente en ferrita.

45 Además, realizar el revestimiento de una capa superior sobre la lámina de acero revestida de la presente invención con el propósito de mejorar las propiedades de revestimiento y la soldabilidad, o realizar varios procedimientos de conversión química tales como un tratamiento con fosfato, un tratamiento para mejorar la soldabilidad y un tratamiento para mejorar la lubricidad no se aparta de la presente invención.

### Ejemplos

50 A continuación, se describirán ejemplos de la presente invención. Las condiciones de los ejemplos son solo un ejemplo condicional empleado para verificar la aplicabilidad y los efectos de la presente invención, y la presente invención no está limitada al ejemplo condicional. La presente invención puede emplear varias condiciones sin apartarse del espíritu de la presente invención con tal de que se consiga el objetivo de la presente invención.

#### Ejemplo

Las láminas de acero laminado en frío con un grosor de 0.4 mm a 3.2 mm y las composiciones mostradas en la

Tabla 1 se usaron como láminas de partidas, y se fabricaron láminas de acero galvanorrecocido usando un simulador de revestimiento por inmersión en caliente de tipo vertical. Las condiciones de recocido de reducción antes del revestimiento se muestran en la Tabla 2. La temperatura máxima de llegada era de 800°C, y el tiempo de mantenimiento a la temperatura máxima de llegada era de 100 segundos.

5 La lámina de acero se enfrió a 450°C en nitrógeno gaseoso subsecuentemente al recocido y se sumergió en un baño de cinc fundido que contenía 0.13% de Al durante 3 segundos. La temperatura del baño de cinc fundido era de 450°C, que era la misma que la temperatura a la que la lámina de acero entra en el baño.

10 Después del revestimiento, la cantidad de revestimiento de cinc se ajustó a de 5 µm a 15 µm con un limpiador de gas, y se realizó un procedimiento de calentamiento. La temperatura en el procedimiento de calentamiento era la temperatura mostrada en la Tabla 2, y la cantidad de Fe en la capa de revestimiento se estableció como se muestra en la Tabla 2. Después del calentamiento, la lámina de acero se enfrió a temperatura ambiente en el nitrógeno gaseoso. La composición de la capa de revestimiento se midió fundiendo la capa de revestimiento con un ácido y realizando un análisis químico usando ICP.

15 Además, la observación de la estructura de la interfase entre la capa de revestimiento y la lámina de acero se realizó procesando la lámina de acero que se cortó en 10 mm × 10 mm usando un pulidor de sección transversal y a continuación observando 20 o más campos visuales de cada muestra con un aumento de 5000 a 50000 veces usando un FE-SEM. Los datos de imágenes obtenidos se sometieron a análisis de imágenes, y para la estructura de la interfase entre el revestimiento y la lámina de acero en el lado de la lámina de acero, se midieron los tamaños de grano en una dirección paralela a la interfase inicial de la lámina de acero. Una estructura que tiene un tamaño de grano de 2 µm o menor se especificó como una estructura fina.

25 La FIG. 3 muestra una estructura fina en la que están presentes óxidos en los bordes de grano después del recocido, y la FIG. 4 muestra una estructura fina en una capa mixta después del galvanorrecocido. Se puede ver en la FIG. 3 que la estructura fina en la que están presentes óxidos en los bordes de grano se forma cerca de la superficie de la lámina de acero. Además, se puede ver en la FIG. 4 que una capa mixta que tiene la estructura fina en la que están presentes óxidos en los bordes de grano se forma entre la lámina de acero y la capa de revestimiento de aleación.

30 Cuando no se podía ver una estructura fina que tiene granos con un tamaño de grano de 2 µm o menor, no se midió el tamaño medio de grano de la estructura fina. En las tablas, con respecto al tamaño medio de grano de la estructura fina, "-" representa que no se observó la estructura fina. Además, a partir de los datos de imágenes, se comprobó la presencia o ausencia de la infiltración de la capa de aleación de Zn-Fe en los bordes de grano de la estructura fina como se muestra en FIG. 1C.

Para las láminas de acero, se examinaron la resistencia a la pulverización, la resistencia a la tracción y la resistencia a la adhesión. Los resultados se muestran en la Tabla 2 junto con las condiciones de recocido de reducción, los resultados de observación de las estructuras de interfase y similares.

35 En todos los ejemplos (Ensayos Nos. 1 a 19, 21, 22, 27 a 32, 35 a 42 y 48) que cumplían las condiciones de la presente invención, la resistencia a la pulverización era excelente.

En un caso en el que se formó una fase ζ en la capa superficial de revestimiento, se podía obtener una mayor resistencia de adhesión.

ES 2 725 310 T3

[Tabla 1]

(% en masa)

Tipo de acero	C	Si	Mn	Al	Cr	P	S	Mo	B	O	N	Ti	Nb	Cu	Ni	=Si+Mn+Al+Cr	Nota
S1	0,086	0,13	1,0	0,028	-	0,011	0,0021	-	-	0,0018	0,0018	-	-	-	-	1,208	Ejemplo de la invención
S2	0,090	0,49	1,79	0,031	-	0,009	0,0018	-	-	0,0022	0,0019	-	-	-	-	2,311	Ejemplo de la invención
S3	0,098	0,98	2,03	0,025	-	0,080	0,0020	-	-	0,0024	0,0017	-	-	-	-	3,035	Ejemplo de la invención
S4	0,230	1,22	2,23	0,029	-	0,010	0,0015	-	-	0,0021	0,0017	-	-	-	-	3,479	Ejemplo de la invención
S5	0,250	1,81	2,86	0,029	-	0,008	0,0026	-	-	0,0016	0,0017	-	-	-	-	4,699	Ejemplo de la invención
S6	0,150	2,45	0,26	0,028	-	0,017	0,0013	-	-	0,0019	0,0022	-	-	-	-	2,738	Ejemplo de la invención
S7	0,120	2,91	2,55	0,019	-	0,007	0,0015	-	-	0,0019	0,0021	-	-	-	-	5,479	Ejemplo de la invención
S8	0,450	0,12	2,03	0,034	-	0,045	0,0028	-	-	0,0026	0,0017	-	-	-	-	2,184	Ejemplo de la invención
S9	0,110	0,12	0,05	0,530	-	0,011	0,0011	-	-	0,0016	0,0019	-	-	-	-	0,700	Ejemplo de la invención
S10	0,220	0,45	2,20	1,020	-	0,013	0,0022	-	-	0,0015	0,0025	-	-	-	-	3,670	Ejemplo de la invención
S11	0,250	1,19	2,45	1,080	-	0,008	0,0016	-	-	0,0017	0,0029	-	-	-	-	4,720	Ejemplo de la invención
S12	0,080	0,11	0,25	0,037	0,61	0,026	0,0018	-	-	0,0021	0,0019	-	-	-	-	1,007	Ejemplo de la invención
S13	0,250	0,65	2,50	0,032	1,25	0,011	0,0026	-	-	0,0034	0,0017	-	-	-	-	4,432	Ejemplo de la invención
S14	0,230	1,06	2,38	0,033	1,02	0,010	0,0015	-	-	0,0022	0,0022	-	-	-	-	4,493	Ejemplo de la invención
S15	0,170	0,15	0,35	0,450	0,61	0,013	0,0120	-	-	0,0020	0,0019	-	-	-	-	1,560	Ejemplo de la invención
S16	0,210	0,52	2,03	0,350	0,51	0,010	0,0011	-	-	0,0017	0,0020	-	-	-	-	3,410	Ejemplo de la invención
S17	0,170	1,22	1,75	0,031	-	0,011	0,0120	-	0,0025	0,0017	0,0022	-	-	-	-	3,001	Ejemplo de la invención
S18	0,220	1,18	2,25	0,033	-	0,012	0,0021	0,15	-	0,0019	0,0025	-	-	-	-	3,463	Ejemplo de la invención

[Tabla 1] (continuación)

(% en masa)

Tipo de acero	C	Si	Mn	Al	Cr	P	S	Mo	B	O	N	Ti	Nb	Cu	Ni	=Si+Mn+Al+Cr	Nota
S19	0,220	0,15	0,20	0,100	-	0,011	0,0023	-	-	0,0021	0,0018	-	-	-	-	0,450	Ejemplo de la invención
S20	0,180	1,25	2,24	0,025	-	0,009	0,0014	-	-	0,0018	0,0015	0,03	0,04	-	-	3,515	Ejemplo de la invención
S21	0,195	1,10	2,01	0,032	-	0,011	0,018	-	-	0,0024	0,0019	-	-	0,30	1,00	3,142	Ejemplo de la invención
S22	0,152	3,51	2,24	0,430	-	0,012	0,0022	-	-	0,0023	0,0014	-	-	-	-	6,180	Ejemplo comparativo
S23	0,001	0,01	0,16	0,019	-	0,008	0,0017	-	-	0,0016	0,0017	-	-	-	-	0,190	Ejemplo comparativo

[Tabla 2]

Ensayo n.º	Tipo de acero	Condiciones de calentamiento y recocido					Condiciones de enfriamiento		Revestimiento						Tratamiento de aleación		Presencia o ausencia de fase de infiltración de Zn-Fe en la estructura fina de borde de grano	Presencia o ausencia de fase en la que no están presentes óxidos (lado de la capa superficial=	Propiedades			Nota
		Velocidad de ascenso de la temperatura entre 650°C y 740 °C (°C/s)	Temperatura de recocido (°C)	Tiempo de retención (s)	Concentración de hidrógeno (%)	Punto de rocío (°C)	Velocidad de ascenso de enfriamiento entre 740°C y 650°C (°C/s)	Condiciones de enfriamiento	Cantidad de revestimiento (µm)	Concentración de Fe en la capa de revestimiento (%)	Concentración de Al en la capa de revestimiento (%)	Temperatura del baño de cinc fundido (°C)	Velocidad de ascenso de temperatura entre 420°C y 460°C	Velocidad de ascenso de temperatura desde 460°C hasta la temperatura de tratamiento de la aleación	Temperatura del tratamiento de aleación (°C)	Tamaño medio de grano de la estructura fina (µm)			Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la pulverización	Resistencia de adhesión	
1	S1	2,0	800	120	5	0	20	10	10,5	0,11	455	50	10	510	1,10	G	450	G	G	Ejemplo de la invención		
2	S2	2,0	800	120	5	0	10	10	10,6	0,13	460	100	10	510	0,88	VG	830	G	G	Ejemplo de la invención		
3	S3	2,0	800	120	5	0	10	10	9,9	0,10	460	50	10	510	0,85	VG	810	G	G	Ejemplo de la invención		
4	S4	2,0	800	120	5	0	20	10	10,4	0,12	470	50	2	510	0,81	VG	790	G	G	Ejemplo de la invención		
5	S5	2,0	750	150	5	0	20	10	10,7	0,12	460	20	-	450	0,75	VG	1100	VG	VG	Ejemplo de la invención		
6	S6	2,0	800	120	5	0	20	10	9,6	0,15	460	50	10	510	0,86	VG	1120	G	G	Ejemplo de la invención		
7	S7	2,0	800	120	5	0	40	10	9,8	0,12	460	50	40	510	0,71	VG	120	G	G	Ejemplo de la invención		
8	S8	2,0	800	120	5	0	10	10	10,2	0,13	450	50	10	510	1,01	G	790	G	G	Ejemplo de la invención		
9	S9	2,0	850	120	5	0	1	10	9,9	0,14	460	50	10	510	1,41	G	390	G	G	Ejemplo de la invención		
10	S10	2,0	800	120	5	0	10	10	10,3	0,16	460	100	10	510	0,83	VG	840	G	G	Ejemplo de la invención		
11	S11	2,0	900	30	5	0	20	10	10,3	0,08	460	50	20	550	0,74	VG	810	G	G	Ejemplo de la invención		
12	S12	2,0	800	120	5	0	0,5	10	10,5	0,11	460	50	10	510	1,22	G	400	G	G	Ejemplo de la invención		
13	S13	2,0	800	120	5	0	5	10	10,0	0,13	430	50	10	510	0,78	VG	410	G	G	Ejemplo de la invención		
14	S14	2,0	900	90	5	0	1	10	9,6	0,14	460	50	10	510	0,78	VG	990	G	G	Ejemplo de la invención		
15	S15	2,0	800	120	5	0	0,5	10	9,9	0,11	460	50	5	510	1,19	G	390	G	G	Ejemplo de la invención		
16	S16	2,0	800	120	5	0	2	10	10	0,13	460	50	10	510	0,82	VG	630	G	G	Ejemplo de la invención		

[Tabla 2] (continuación)

Ensayo núm.	Tipo de acero	Condiciones de calentamiento y recocido					Revestimiento						Tratamiento de aleación	Nota								
		Condición de trabajos extremos de rectificando	Velocidad de ascenso de la temperatura entre 650°C y 740 °C (°C/s)	Temperatura de recocido (°C)	Tiempo de retención (s)	Concentración de hidrógeno (%)	Punto de rocío (°C)	Condiciones de enfriamiento	Cantidad de revestimiento (µm)	Concentración de Fe en la capa de revestimiento (%)	Concentración de Al en la capa de revestimiento (%)	Temperatura del baño de cinc fundido (°C)			Velocidad de ascenso de temperatura entre 420°C y 460°C	Velocidad de ascenso de temperatura desde 460°C hasta la temperatura de tratamiento de la aleación						
17	S17	1,5	2,0	850	120	5	0	5	10	9,9	0,12	460	35	10	510	0,85	Presente	Ausente	VG	1020	G	Ejemplo de la invención
18	S18	1,5	2,0	750	300	5	0	5	10	10,1	0,09	500	50	10	510	0,90	Presente	Ausente	VG	1050	G	Ejemplo de la invención
19	S19	1,5	2,0	800	120	5	0	20	10	10,5	0,10	460	50	15	510	1,82	Presente	Ausente	G	360	G	Ejemplo de la invención
20	S4	1,5	10,0	800	120	5	0	5	10	9,5	0,12	480	50	10	510	-	Ausente	Ausente	NG	610	G	Ejemplo comparativo
21	S4	1,3	0,5	800	120	5	0	10	10	9,5	0,12	460	50	10	510	0,79	Presente	Ausente	VG	790	G	Ejemplo de la invención
22	S4	1,5	4,0	850	120	5	0	5	5	10,8	0,12	460	80	-	460	1,02	Presente	Presente	G	640	VG	Ejemplo de la invención
23	S4	1,5	10,0	800	120	5	0	5	5	10,3	0,11	470	50	20	510	-	Ausente	Ausente	NG	630	G	Ejemplo comparativo
24	S4	2,8	0,5	770	120	5	0	20	15	10,2	0,13	460	50	10	510	0,80	Presente	Ausente	VG	820	G	Ejemplo de la invención
25	S4	1,5	7,0	800	120	5	0	5	15	9,4	0,12	460	50	10	510	-	Ausente	Ausente	NG	610	G	Ejemplo comparativo
26	S4	1,5	0,5	800	120	5	-40	0,5	10	9,1	0,10	450	50	10	510	-	Ausente	Ausente	NG	650	G	Ejemplo comparativo
27	S4	1,5	0,7	800	120	5	-25	5	10	10,3	0,12	460	75	10	510	1,05	Presente	Ausente	G	570	G	Ejemplo de la invención
28	S4	3,0	0,5	850	120	15	20	2	10	9,9	0,09	460	50	25	470	1,19	Presente	Presente	G	590	VG	Ejemplo de la invención
29	S4	1,5	1,0	800	80	0,5	-20	5	10	10,5	0,13	460	50	10	510	1,03	Presente	Ausente	G	620	G	Ejemplo de la invención
30	S4	1,5	4,0	800	120	0,5	5	20	10	10,9	0,12	450	50	10	510	1,01	Presente	Ausente	G	790	G	Ejemplo de la invención
31	S4	1,5	2,0	870	120	5	0	10	10	9,9	0,09	460	50	10	530	1,11	Presente	Ausente	G	820	G	Ejemplo de la invención
32	S4	2,0	2,0	800	120	5	0	20	10	10,6	0,13	480	60	30	510	1,79	Presente	Ausente	G	830	G	Ejemplo de la invención

[Tabla 2] (continuación)

Ensayo n.º	Tipo de acero	Condición de trabajos extremos de rectificad		Condiciones de calentamiento y recocido					Condiciones de enfriamiento		Revestimiento						Tratamiento de aleación		Nota				
		Condición de trabajos extremos de rectificad	Condición de trabajos extremos de rectificad	Velocidad de ascenso de la temperatura entre 650°C y 740 °C (°C/s)	Temperatura de recocido (°C)	Tiempo de retención (s)	Concentración de hidrógeno (%)	Punto de rocío (°C)	Velocidad de ascenso de enfriamiento entre 740°C y 650°C (°C/s)	Cantidad de revestimiento (µm)	Concentración de Fe en la capa de revestimiento (%)	Concentración de Al en la capa de revestimiento (%)	Temperatura del baño de cinc fundido (°C)	Velocidad de ascenso de temperatura entre 420°C y 460°C	Velocidad de ascenso de temperatura desde 460°C hasta la temperatura de tratamiento de la aleación	Tamaño medio de grano de la estructura fina (µm)	Presencia o ausencia de infiltración de fase de aleación de Zn-Fe en la estructura fina de borde de grano	Presencia o ausencia de fase en la que no están presentes óxidos (grado de la capa superficial=					
33	S4	1,5	10,0	800	120	5	0	5	10	10,5	0,11	460	50	10	510	-	Ausente	NG	620	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la pulverización	Resistencia de adhesión	Ejemplo comparativo
34	S4	1,5	1,7	650	120	5	0	10	10	10,2	0,12	460	50	10	510	-	Ausente	NG	795	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la pulverización	Resistencia de adhesión	Ejemplo comparativo
35	S4	1,5	0,5	800	120	5	0	20	10	9,5	0,09	460	70	40	510	0,88	Presente	VG	810	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la pulverización	Resistencia de adhesión	Ejemplo de la invención
36	S4	1,5	2,0	800	180	5	15	10	10	10,5	0,12	450	50	10	510	0,79	Presente	VG	890	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la pulverización	Resistencia de adhesión	Ejemplo de la invención
37	S5	2,4	2,5	850	120	5	0	40	10	10,4	0,12	460	50	10	480	0,65	Presente	VG	1240	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la pulverización	Resistencia de adhesión	Ejemplo de la invención
38	S5	1,5	2,0	800	120	5	0	20	10	10,6	0,13	460	50	10	510	1,46	Presente	G	1050	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la pulverización	Resistencia de adhesión	Ejemplo de la invención
39	S2	1,5	2,0	800	120	5	0	10	10	10,1	0,09	465	40	35	510	1,02	Presente	G	860	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la pulverización	Resistencia de adhesión	Ejemplo de la invención
40	S2	1,5	2,0	800	120	5	0	10	10	10,5	0,12	460	50	10	510	1,79	Presente	G	840	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la pulverización	Resistencia de adhesión	Ejemplo de la invención
41	S20	1,5	2,0	800	120	5	0	10	10	10,8	0,25	480	50	10	510	1,50	Presente	G	840	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la pulverización	Resistencia de adhesión	Ejemplo de la invención
42	S21	1,3	2,0	800	120	5	0	10	10	11,2	0,19	460	50	3	510	1,20	Presente	G	880	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la pulverización	Resistencia de adhesión	Ejemplo de la invención
43	S17	1,5	2,0	950	120	5	0	10	10	12,4	0,27	460	30	10	510	-	Ausente	NG	1020	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la pulverización	Resistencia de adhesión	Ejemplo comparativo
44	S22	1,7	2,0	800	120	5	0	10	10	9,4	0,29	480	50	10	510	1,10	Presente	NG	1230	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la pulverización	Resistencia de adhesión	Ejemplo comparativo
45	S11	1,5	2,0	800	120	0,05	0	10	10	11,4	0,22	460	50	5	510	0,89	Presente	NG	810	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la pulverización	Resistencia de adhesión	Ejemplo comparativo
46	S5	1,8	2,0	800	120	5	0	10	10	18,2	0,005	460	50	10	510	0,95	Presente	NG	1100	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la pulverización	Resistencia de adhesión	Ejemplo comparativo
47	S17	1,5	2,0	800	120	5	0	10	10	19,1	0,21	460	20	10	600	1,06	Presente	NG	1020	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la pulverización	Resistencia de adhesión	Ejemplo comparativo
48	S4	0	0,5	800	120	5	0	10	10	9,5	0,12	480	50	10	510	1,98	Presente	G	790	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la pulverización	Resistencia de adhesión	Ejemplo de la invención
49	S23	0	2,0	800	120	5	0	10	10	14,5	0,22	460	50	10	510	-	Ausente	NG	290	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la pulverización	Resistencia de adhesión	Ejemplo comparativo

Un método de evaluación de la resistencia a la pulverización era el siguiente.

Resistencia a la pulverización

5 La lámina de acero galvanorrecocido fabricada en el método descrito anteriormente se cortó en un tamaño de 40 mm de ancho x 250 mm de longitud, y se procesó a una altura moldeada de 65 mm usando una matriz de rebordes semirredondos que tienen un tamaño de  $r = 5$  mm con un radio del hombro de punzón de 5 mm y un radio del hombro de matriz de 5 mm. Durante el procesado, las capas de revestimiento que se desprendieron se midieron y evaluaron según los siguientes criterios.

En el ensayo No. 45, no se generaron defectos de revestimiento.

Criterios de evaluación

10 Cantidad de revestimiento pelado:

más pequeño de  $3 \text{ g/m}^2$ : VG (MUY BUENO)

$3 \text{ g/m}^2$  o mayor y menor de  $6 \text{ g/m}^2$ : G (BUENO)

$6 \text{ g/m}^2$  o mayor y menor de  $10 \text{ g/m}^2$ : NG (NO BUENO)

15 Además, se realizó un ensayo de tracción con un método según la JIS Z 2241 para obtener la resistencia a la tracción.

Además, se realizó un método de evaluación de la resistencia de adhesión de la siguiente manera usando un ensayo de cizalladura por tracción.

20 La lámina de acero galvanorrecocido fabricada con el método descrito anteriormente se cortó de un tamaño de 25 mm de ancho x 100 mm de longitud, se prepararon dos láminas que tenían el tamaño y se aplicó un agente adhesivo a porciones que se solapan de las láminas a unir entre sí en un estado en el que las láminas se desplazaron unas de otras 12.5 mm en la dirección a través de la longitud.

25 Se usó un adhesivo basado en epoxi disponible comercialmente como agente adhesivo, y se aplicó a la superficie de adhesión de 25 mm x 12.5 mm de modo que el grosor es de alrededor de  $100 \mu\text{m}$ . Las piezas de ensayo preparadas se enfriaron y se dejaron durante 5 horas, y se retiraron a una velocidad de 50 m/min en una atmósfera de  $0^\circ\text{C}$  para el ensayo de cizalladura por tracción. Se midió la carga máxima hasta la rotura y se midió la resistencia de adhesión usando una resistencia a la cizalladura por tracción obtenida dividiendo la carga máxima entre un área de cizalladura (área de adhesión).

Criterios de evaluación

Resistencia a la cizalladura por tracción:

30  $180 \text{ Kg/mm}^2$  o superior: VG

$140 \text{ Kg/mm}^2$  o superior e inferior a  $180 \text{ Kg/mm}^2$ : G

inferior a  $140 \text{ Kg/mm}^2$ : NG

**Aplicabilidad industrial**

35 Como se describe anteriormente, según la presente invención, se puede proporcionar una lámina de acero galvanorrecocido que tiene una adhesión de revestimiento drásticamente mejorada. Por lo tanto, la presente invención es altamente aplicable a la industria de fabricación de lámina de acero galvanizado.

**Breve descripción de los símbolos de referencia.**

1: ESTRUCTURA FINA (GRANOS GRANOS)

2: CAPA DE REVESTIMIENTO

40 3: CAPA DE REVESTIMIENTO DE ALEACIÓN

4: ÓXIDO

5: FASE DE ALEACIÓN DE Zn-Fe

6: PELÍCULA DE ÓXIDO

11: PORCIÓN DE HIERRO BASE

45 13: CAPA MIXTA

21: FASE  $\xi$

**REIVINDICACIONES**

1. Una lámina de acero galvanorrecocido que comprende:  
una lámina de acero  
una capa de revestimiento sobre una superficie de la lámina de acero; y  
5 una capa mixta formada entre la lámina de acero y la capa de revestimiento,  
en la que  
la lámina de acero contiene, en términos de % en masa,  
C: 0.050% o más y 0.50% o menos, y  
Mn: 0.01% o más y 3.00% o menos,  
10 además contiene uno o más de  
Si: 0.01% o más y 3.00% o menos,  
Al: 0.010% o más y 2.00% o menos, y  
Cr: 0.01% o más y 2.00% o menos,  
limita las cantidades de P, S, O, N, Ti, Nb, Mo, Cu, Ni y B a  
15 P: 0.100% o menos,  
S: 0.0200% o menos,  
O: 0.0100% o menos,  
N: 0.0100% o menos,  
Ti: 0.150% o menos,  
20 Nb: 0.150% o menos,  
Mo: 1.00% o menos,  
Cu: 2.00% o menos,  
Ni: 2.00% o menos, y  
B: 0.0100% o menos,  
25 satisface la siguiente Expresión 1 cuando el contenido de Mn, el contenido de Si, el contenido de Al y el contenido  
de Cr se expresan respectivamente mediante [Mn], [Si], [Al] y [Cr] en términos de % en masa, y  
 $[Mn] + [Si] + [Al] + [Cr] \geq 0.4$  (Expresión 1), y  
contiene un resto que incluye Fe e impurezas inevitables;  
la capa de revestimiento es una capa galvanorrecocida que contiene, en términos de % en masa,  
30 Fe: 7.0% o más y 15.0% o menos,  
Al: 0.01% o más y 1.00% o menos, y  
un resto que incluye Zn e impurezas inevitables;  
la capa mixta incluye  
una porción de hierro base que tiene granos finos que tienen un tamaño mayor de 0  $\mu\text{m}$  e igual o menor de 2  $\mu\text{m}$ ,  
35 una fase de aleación de Zn-Fe, y  
óxidos que contienen uno o más tipos de Mn, Si, Al y Cr, y en la que en la capa mixta, los óxidos y la fase de  
aleación de Zn-Fe están presentes en bordes de grano que forman los granos finos, y la fase de aleación de Zn-Fe  
está entremezclada con la porción de hierro base

2. La lámina de acero galvanorecocado según la reivindicación 1,  
 en la que la región de la capa superficial en la capa de revestimiento que es una región de 1  $\mu\text{m}$  o menor de la superficie de la capa de revestimiento es una fase de aleación de Zn-Fe que contiene una fase  $\zeta$  que no contiene los óxidos.
- 5 3. La lámina de acero galvanorecocado según la reivindicación 1 o 2,  
 en la que un grosor medio de la capa mixta en una dirección a lo largo de una dirección a través del grosor de la lámina de acero es de 10  $\mu\text{m}$  o menor.
- 10 4. La lámina de acero galvanorecocado según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,  
 en la que la fase de aleación de Zn-Fe en la capa mixta tiene una forma que sobresale en forma de V hacia un centro del grosor de la lámina de acero desde la capa de revestimiento cuando se ve en una sección transversal en la dirección a través del grosor de la lámina de acero.
- 15 5. La lámina de acero galvanorecocado según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4,  
 en la que, cuando se observan 10 o más campos visuales de la capa mixta a lo largo de una interfase entre la capa mixta y la capa de revestimiento usando un microscopio electrónico de barrido con un aumento de 5000 veces, los granos finos que tienen los bordes de grano en los que la fase de aleación de Zn-Fe está presente en la capa mixta se observan en el 20% o más de la totalidad de campos visuales observados.
- 20 6. La lámina de acero galvanorecocado según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5,  
 en la que la fase de aleación de Zn-Fe en la capa mixta se genera por una reacción entre Zn que se infiltra desde la capa de revestimiento durante un galvanorecocado y Fe en la lámina de acero.
- 25 7. Un método para fabricar una lámina de acero galvanorecocado según la reivindicación 1, comprendiendo el método:  
 un primer procedimiento de elevación de la temperatura de calentamiento de la lámina de acero que tiene la composición como se define en la reivindicación 1, en una atmósfera que contiene 0.1% en vol. o más y 50% en vol. o menos de hidrógeno y un resto que incluye nitrógeno e impurezas inevitables y tiene un punto de rocío superior a -30°C e igual o inferior a 20°C a una primera velocidad de elevación de la temperatura de 0.2°C/s o superior y de 4°C/s o inferior, que es una velocidad media de elevación de la temperatura entre 650°C y 740°C;  
 un segundo procedimiento de elevación de la temperatura para calentar la lámina de acero de 740°C a una temperatura de recocado de 750°C o superior y de 900°C o inferior en la misma atmósfera que la del primer procedimiento de elevación de la temperatura, después del primer procedimiento de elevación de la temperatura;  
 30 un procedimiento de recocado para permitir que la lámina de acero se retenga en la misma atmósfera que la del segundo procedimiento de elevación de la temperatura a la temperatura de recocado durante 30 segundos o más y 300 segundos o menos, después del segundo procedimiento de elevación de la temperatura;  
 un procedimiento de enfriamiento, de enfriamiento de la lámina de acero después del procedimiento de recocado; y un procedimiento de galvanorecocado que comprende;
- 35 un procedimiento de chapado para realizar el chapado de cinc por inmersión en caliente en la lámina de acero después del procedimiento de enfriamiento y  
 un procedimiento de calentamiento para realizar un calentamiento en la lámina de acero a una temperatura de 420°C a 550°C después del procedimiento de chapado.
- 40 8. El método de fabricación de una lámina de acero galvanorecocado según la reivindicación 7,  
 en el que la temperatura en el procedimiento de calentamiento es de 420°C o superior y de 500°C o inferior.
9. El método de fabricación de una lámina de acero galvanorecocado según la reivindicación 7 u 8, que comprende además:  
 un procedimiento de trabajo extremo de rectificado para realizar un trabajo extremo de rectificado en condiciones de una cantidad de rectificado de 0.01 g/m<sup>2</sup> a 3.00 g/m<sup>2</sup> antes del primer procedimiento de elevación de la temperatura.
- 45 10. El método de fabricación de una lámina de acero galvanorecocado según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9,  
 en el que una velocidad media de enfriamiento entre 740°C y 650°C en el procedimiento de enfriamiento es de 0.5°C/s o mayor.

## ES 2 725 310 T3

11. El método de fabricación de una lámina de acero galvanorecocido según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10,

en el que el procedimiento de recocido se realiza en horno de tubo todo radiante de una instalación de revestimiento por inmersión en caliente continuo.

5 12. El método de fabricación de una lámina de acero galvanorecocido según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11,

en el que la lámina de acero se sumerge en un baño de cinc fundido que contiene 0.01% o más y 1.00% o menos de Al y tiene una temperatura del baño de 430°C o superior y 500°C o inferior en el procedimiento de chapado.

10 13. El método de fabricación de una lámina de acero galvanorecocido según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12,

en el que, en el procedimiento de calentamiento, una velocidad media de elevación de la temperatura entre 420°C y 460°C es de 20°C/s o superior y de 100°C/s o inferior, y

una velocidad media de elevación de la temperatura de 460°C a 550°C es de 2°C/s o superior y de 40°C/s o inferior.

FIG. 1A

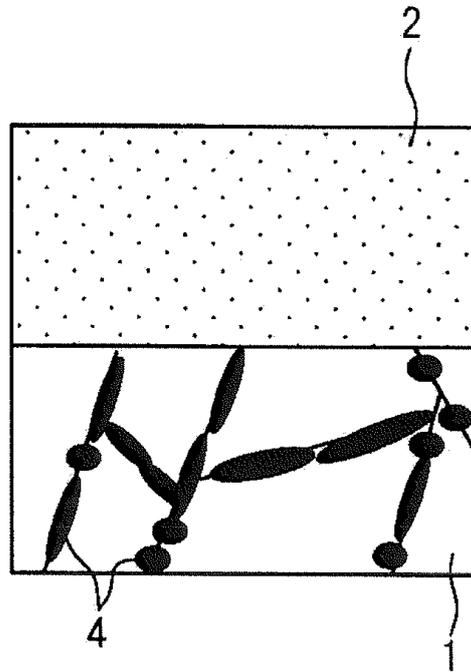


FIG. 1B

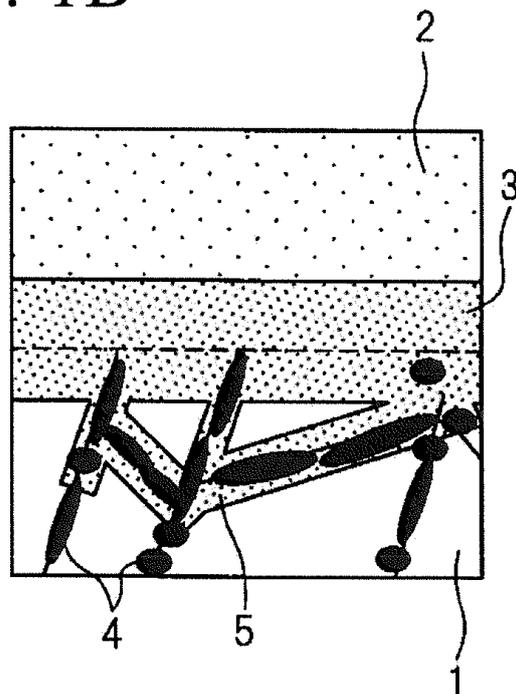


FIG. 1C

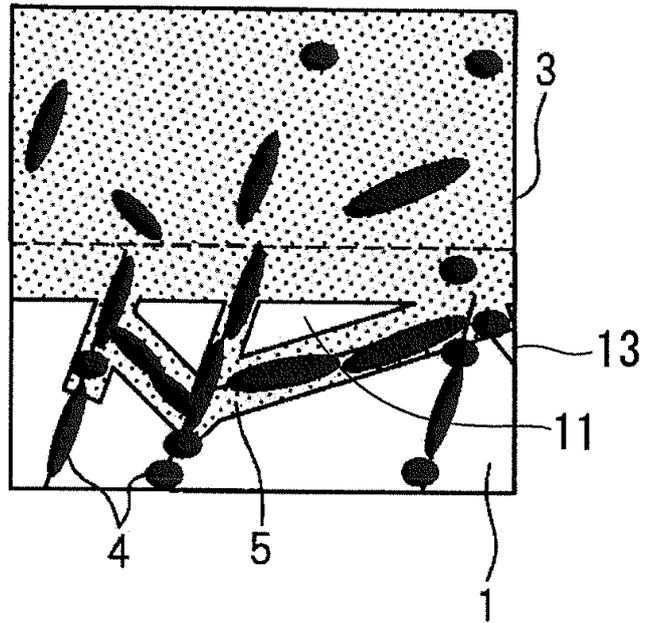


FIG. 2A

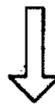
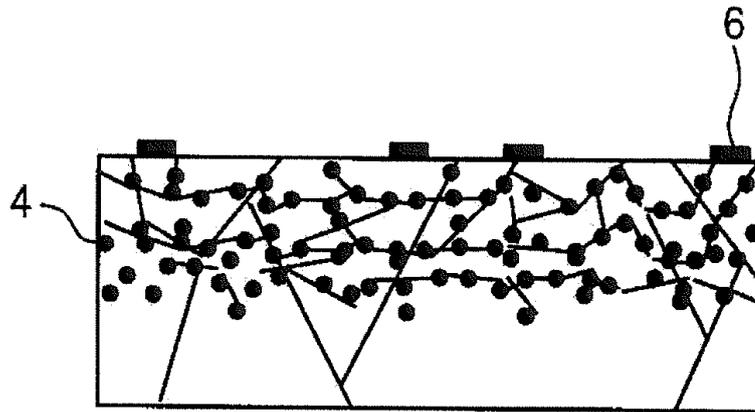


FIG. 2B

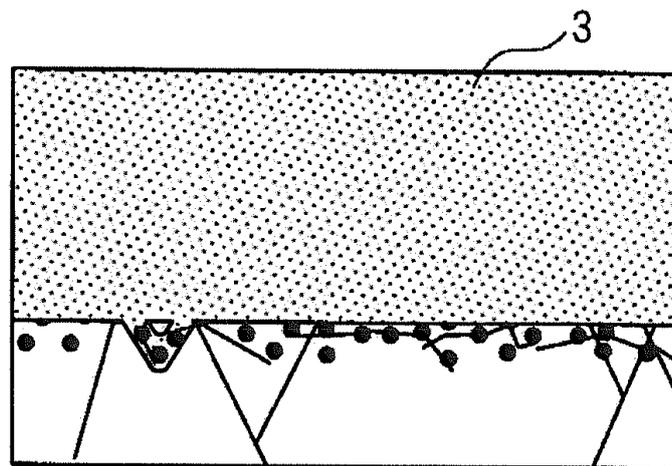


FIG. 3

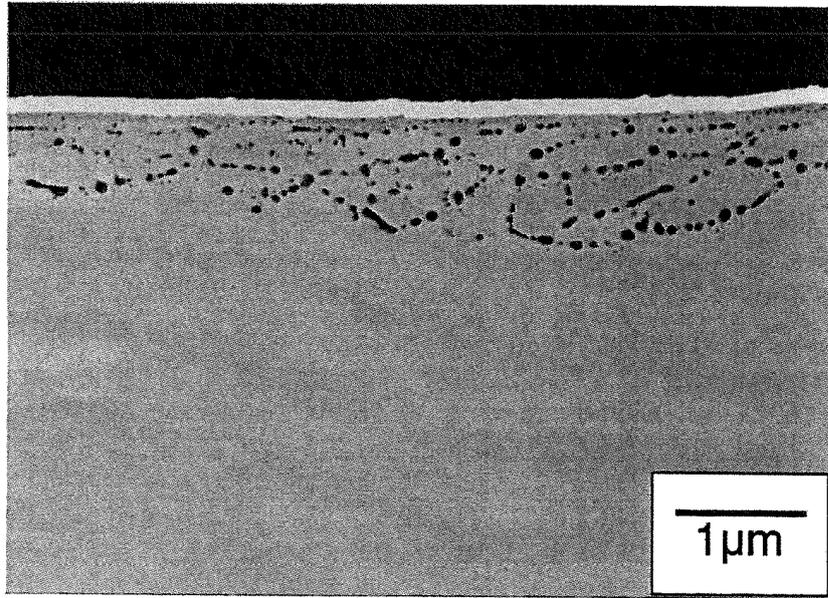


FIG. 4

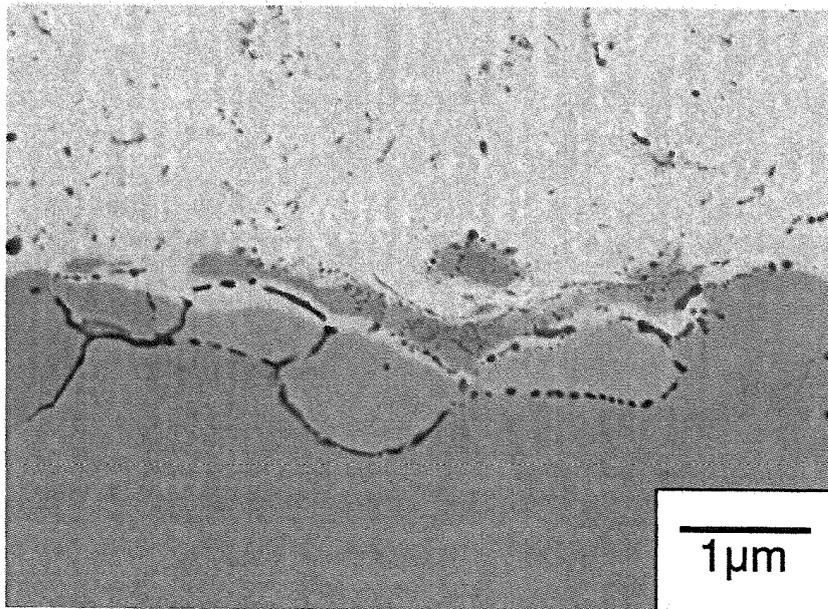


FIG. 5

