

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 991 302**

51 Int. Cl.:

C21D 1/26 (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01)
C21D 9/46 (2006.01)
C22C 18/04 (2006.01)
C23C 2/06 (2006.01)
C23C 2/28 (2006.01)
C23C 30/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.09.2021** **PCT/JP2021/032749**
87 Fecha y número de publicación internacional: **16.03.2023** **WO23037396**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.09.2021** **E 21944420 (5)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2024** **EP 4174203**

54 Título: **Acero chapado por inmersión en caliente**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.12.2024

73 Titular/es:

NIPPON STEEL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 100-8071, JP

72 Inventor/es:

MITSUNOBU, TAKUYA;
SAITO, MAMORU;
TOKUDA, KOHEI y
TAKEBAYASHI, HIROSHI

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 991 302 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

Acero chapado por inmersión en caliente

[Campo Técnico de la Invención]

La presente invención se refiere a un acero chapado por inmersión en caliente.

5 [Antecedentes de la Invención]

Los aceros que tienen una capa galvanizada por inmersión en caliente que contiene Al y Mg formada sobre una superficie (acero chapado por inmersión en caliente a base de Zn-Al-Mg) tienen una excelente resistencia a la corrosión. Por lo tanto, los aceros chapados por inmersión en caliente a base de Zn-Al-Mg se utilizan ampliamente como materiales para miembros estructurales que requieren resistencia a la corrosión, tal como los materiales de construcción.

- 10 Por ejemplo, el Documento de Patente 1 describe un acero chapado que tiene un acero y una capa de recubrimiento que incluye una capa de aleación de Zn-Al-Mg dispuesta sobre una superficie del acero, en el que la capa de recubrimiento tiene una composición química predeterminada, en una imagen de electrones reflejados de la capa de aleación de Zn-Al-Mg que se obtiene observando una superficie de la capa de aleación de Zn-Al-Mg pulida hasta 1/2 del espesor de la capa con un microscopio electrónico de barrido con un aumento de 100 veces, los cristales de Al están presentes y el valor promedio de los perímetros acumulativos de los cristales de Al es de 88 a 195 mm/mm².

- 15 El Documento de Patente 2 describe una lámina de acero chapado que tiene una lámina de acero y una capa de recubrimiento formada en al menos una parte de una superficie de la lámina de acero, en la cual la composición química de la capa de recubrimiento contiene, en % en masa, Al: más de 5,00 % y 35,00 % o menos, Mg: 3,00 % a 15,00 %, Si: 0 % a 2,00 %, Ca: 0 % a 2,00 %, y un resto que consiste en Zn e impurezas, en una sección transversal de la capa de recubrimiento en la dirección de espesor, la relación de área de una estructura laminar en la cual una fase de (Al-Zn) y una fase de MgZn₂ están dispuestas en capas es 10 % a 90 %, y el espaciamiento laminar de la estructura laminar es 2,5 µm o menos, y la relación de área de dendritas (Al-Zn) es 35 % o menos.

[Documento de la Técnica Anterior]

[Documento de Patente]

- 25 [Documento de Patente 1] Publicación Internacional PCT N° WO 2019/221193

[Documento de Patente 2] Publicación Internacional PCT N° WO 2020/213686

[Divulgación de la Invención]

[Problemas que Serán Resueltos por la Invención]

- 30 En los últimos años, también se requiere que los aceros chapados por inmersión en caliente a base de Zn-Al-Mg tengan una resistencia a la corrosión bajo agua corriente. La resistencia a la corrosión bajo agua corriente es la resistencia a la corrosión en estado de exposición al agua corriente. En un entorno de agua corriente, un producto de corrosión unido a la superficie de una capa de recubrimiento por inmersión en caliente se elimina por lavado, y el efecto antioxidante del producto de corrosión se deteriora. Por lo tanto, la resistencia a la corrosión de los aceros bajo agua corriente se evalúa por medios diferentes de aquellos utilizados para la resistencia a la corrosión normal.
- 35 Por ejemplo, los materiales que se utilizan como un material para las superficies de las paredes de los canales de irrigación, a través de los cuales fluye agua de lluvia, agua industrial y similares, en todo momento se requiere que tengan una alta resistencia a la corrosión bajo agua corriente.

- 40 En la técnica anterior, rara vez se han realizado estudios sobre la resistencia a la corrosión bajo agua corriente. Por ejemplo, en el Documento de Patente 1, la resistencia a la corrosión de la porción plana se evaluó de acuerdo con JASO M609-91 y, en esta evaluación, se supuso que una solución corrosiva estaba en un estado sin flujo. Por lo tanto, en el Documento de Patente 1, no se estudia ni evalúa la resistencia a la corrosión bajo agua corriente. También en el Documento de Patente 2, la resistencia a la corrosión después de la pintura se evalúa en un entorno sin agua corriente, y la resistencia a la corrosión bajo agua corriente no se estudia ni evalúa.

- 45 Además, como resultado de estudios, los presentes inventores encontraron que no se puede decir que incluso los aceros chapados por inmersión en caliente a base de Zn-Al-Mg normales que tienen una alta resistencia a la corrosión como se describe en los Documentos de Patente 1 y 2 tengan suficiente resistencia a la corrosión bajo agua corriente. Por ejemplo, en el Documento de Patente 1, en un intervalo de temperaturas desde una temperatura de partida de la solidificación del recubrimiento hasta la temperatura de partida de la solidificación del recubrimiento - 30 °C, el enfriamiento se lleva a cabo a una velocidad de enfriamiento promedio de 12 °C/s o más lenta. Los presentes inventores encontraron que, en un chapado por inmersión en caliente obtenido en tales condiciones de enfriamiento, es probable que la interfaz entre una fase α y la fase de MgZn₂ se corroa bajo un entorno de agua corriente como se describe más adelante. Además, en el Documento de Patente 2, una lámina de recubrimiento original después de detener el enfriamiento controlado se enfría a 335 °C o menos de manera que la velocidad de enfriamiento promedio
- 50

llega a ser 5°C/s o más lenta; sin embargo, en un intervalo de temperaturas de 335 °C o inferior, no se lleva a cabo el control del enfriamiento propuesto para el control de la microestructura de la capa de recubrimiento. Los presentes inventores encontraron que, en un chapado por inmersión en caliente obtenido en tales condiciones de enfriamiento, una fase η cristaliza a partir de una fase α , y es probable que ocurra corrosión en la interfaz entre la fase α y la fase η y en la interfaz entre las fase α y la fase MgZn_2 , y la resistencia a la corrosión bajo agua corriente se ve alterada.

Además, para mejorar la resistencia a la corrosión de los aceros chapados por inmersión en caliente, es efectivo agregar una alta concentración de Mg al recubrimiento; sin embargo, en el caso en el que se haya añadido una concentración tan alta de Mg al recubrimiento, existe otro problema, ya que es probable que se produzca la formación de polvo. La formación de polvo es un fenómeno en el que una capa de recubrimiento por inmersión en caliente se exfolia y se convierte en polvo durante la formación en prensa de un acero chapado en caliente a base de Zn-Al-Mg. Para utilizar aceros chapados por inmersión en caliente a base de Zn-Al-Mg como materiales para una diversidad de componentes estructurales, también se requiere resistencia a la formación de polvo.

En vista de las circunstancias anteriores, un objeto de la presente invención es proporcionar un acero chapado en caliente que sea excelente en términos de resistencia a la formación de polvo y resistencia a la corrosión bajo agua corriente.

[Medios para Resolver el Problema]

La presente invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

[Efectos de la Invención]

De acuerdo con la presente invención, es posible proporcionar un acero chapado por inmersión en caliente que sea excelente en términos de resistencia a la formación de polvo y resistencia a la corrosión bajo agua corriente.

[Breve Descripción de los Dibujos]

La FIG. 1 es una vista en sección transversal de un acero chapado por inmersión en caliente de acuerdo con un aspecto de la presente invención.

La FIG. 2 es una vista esquemática de una fase α que tiene una forma de dendrita.

La FIG. 3 es una vista esquemática de condiciones de enfriamiento en la fabricación de un acero chapado por inmersión en caliente de acuerdo con un aspecto de la presente invención.

[Realizaciones de la Invención]

Los presentes inventores repitieron estudios con respecto a medios para potenciar la resistencia a la corrosión bajo agua corriente de aceros chapados en caliente. Además, los presentes inventores se enfocaron en la relación de orientación del cristal entre una fase α y una fase de MgZn_2 en la superficie de una capa de recubrimiento por inmersión en caliente.

Una capa de recubrimiento por inmersión en caliente de una aleación a base de Zn-Al-Mg contiene una fase α y una fase de MgZn_2 . La fase α es una solución sólida que tiene una estructura de cristal con láti- cúbicas centradas en las caras, cuya composición química está compuesta principalmente de Al y Zn. En un caso en el que Mg, Ni, Fe, Sn, y similares se agregan a la capa de recubrimiento como elementos distintos de Al y Zn, la fase α puede contener 0,5 % o menos de cada uno de estos elementos. La fase α está compuesta principalmente de Al y, por lo tanto, puede ser pasivada y tiene un efecto de mejorar la resistencia a la corrosión de la porción plana de la capa de recubrimiento. Además, la fase α también tiene alta deformabilidad plástica atribuida a su estructura cristalina y, de este modo, también tiene un efecto de mejorar la resistencia a la formación de polvo. La fase de MgZn_2 es una fase de compuesto intermetálico, cuya composición química está compuesta principalmente de Mg y Zn. La fase de MgZn_2 es potencialmente base en entornos corrosivos y, de este modo, tiene resistencia de protección al sacrificio a metales base y mejora la resistencia a la corrosión de la porción plana y la resistencia a la protección de sacrificio de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente convirtiendo un producto corrosivo a base de Zn en una película aislante por Mg.

Los presentes inventores encontraron que es probable que la corrosión ocurra en la interfaz entre la fase α y la fase de MgZn_2 . El potencial natural de la fase α es superior al potencial natural de la fase de MgZn_2 . Por lo tanto, en la interfaz entre la fase α y la fase de MgZn_2 ocurre la corrosión galvánica.

En la evaluación convencional de la resistencia a la corrosión de la porción plana en entornos de agua no corriente, la corrosión en la interfaz entre la fase α y la fase de MgZn_2 no fue considerada como un problema. La razón de esto se considera por ser que, en entornos de agua no corriente, un producto de corrosión generado en la interfaz entre la fase α y la fase de MgZn_2 se une a la superficie de una capa de recubrimiento por inmersión en caliente y exhibe un efecto antioxidante. Sin embargo, en entornos de agua corriente en donde un producto de corrosión se elimina por lavado de la superficie de una capa de recubrimiento por inmersión en caliente, no se puede obtener el efecto antioxidante del producto de corrosión. Por lo tanto, la corrosión que ocurre en la interfaz entre la fase α y la fase de MgZn_2 se considera que altera la resistencia a la corrosión bajo agua corriente.

Además, los presentes inventores encontraron que la resistencia a la corrosión en la interfaz entre la fase α y la fase de MgZn_2 se puede potenciar estableciendo la relación de orientación del cristal entre la fase α y la fase de MgZn_2 dentro de un intervalo específico. Además, los presentes inventores encontraron que la resistencia a la corrosión bajo agua corriente de aceros chapados por inmersión en caliente se puede potenciar mediante el potenciamiento, además de la resistencia a la corrosión de la porción plana, el cual se ha enfocado convencionalmente a la resistencia a la corrosión en la interfaz entre la fase α y la fase de MgZn_2 .

Un acero chapado por inmersión en caliente de acuerdo con una realización de la presente invención y un método de fabricación del mismo obtenido basado en los hallazgos anteriores, se describirá en detalle más adelante. Posteriormente, la marca "%" para el contenido de cada uno de los elementos en la composición química significa "% en masa". El contenido de un elemento en la composición química se puede expresar como una concentración de elementos (por ejemplo, una concentración de Zn, una concentración de Mg, o similares). La expresión "resistencia a la corrosión de la porción plana" se refiere a una propiedad de una capa de recubrimiento por inmersión en caliente (específicamente, una capa de aleación de Zn-Al-Mg) que por sí misma no se corroe fácilmente. La expresión "resistencia a la protección de sacrificio" se refiere a una propiedad de suprimir la corrosión de un acero base en porciones no cubiertas del acero base (por ejemplo, una porción de cara de extremo de corte de un acero chapado, una porción fisurada en una capa de recubrimiento por inmersión en caliente durante el procesamiento y un lugar en donde el acero base se expone debido a la exfoliación de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente). La expresión "resistencia a la corrosión bajo agua corriente" se refiere a una propiedad de la propia capa de recubrimiento por inmersión en caliente que no se corroe fácilmente en entornos de agua corriente en que un producto de corrosión en la superficie del acero chapado se elimina por lavado. La expresión "capa de recubrimiento por inmersión en caliente" significa un recubrimiento de chapado fabricado mediante el denominado tratamiento de galvanización por inmersión en caliente.

Un acero chapado por inmersión en caliente 1 de acuerdo con la presente realización tiene un acero base 11. La forma del acero base no está particularmente limitada, y un ejemplo del acero base es una lámina de acero. Además, el acero base puede ser, por ejemplo, un acero base formado tal como un tubo de acero, un material de construcción y de ingeniería civil (una valla, un tubo corrugado, una cubierta de drenaje, una placa de prevención de arena volante, un perno, un malla de alambre, una barandilla, una pared divisoria o similar), un miembro de un electrodoméstico (una carcasa de una unidad exterior para acondicionadores de aire o similar), o un componente de vehículo (un miembro de suspensión o similar). La conformación es, por ejemplo, una diversidad de métodos de procesamiento de deformación como el prensado, el conformado por laminación y el doblado.

El material del acero base no está particularmente limitado. Como el acero base, es posible utilizar una diversidad de aceros base, por ejemplo, acero general, acero pre-chapado, acero calmado con Al, acero con contenido de carbono ultrabajo, acero con alto contenido de carbono, una diversidad de aceros de alta resistencia a la tracción y algunos aceros de alta aleación (aceros que contienen un elemento de refuerzo tal como Ni o Cr y similares). Como el acero base, se puede utilizar una lámina de acero laminada en caliente, una tira de acero laminada en caliente, una lámina de acero laminada en frío, una tira de acero laminada en frío o similares descritos en JIS G 3302:2010. Tampoco están particularmente limitados un método para fabricar la lámina de acero base (un método de laminación en caliente, un método de decapado, un método de laminación en frío o similares), condiciones de fabricación específicas del mismo y similares.

El acero base puede ser un acero pre-chapado que haya sido previamente chapado. El acero pre-chapado se puede obtener, por ejemplo, mediante un tratamiento electrolítico o un chapado por desplazamiento. El tratamiento electrolítico se lleva a cabo sumergiendo el acero base en un baño de ácido sulfúrico o un baño de cloruro que contiene los iones metálicos de una diversidad de composiciones de pre-chapado y llevando a cabo el tratamiento electrolítico. El chapado por desplazamiento se lleva a cabo sumergiendo el acero base en una solución acuosa que contiene iones metálicos de una diversidad de composiciones de pre-chapado y que tiene un pH ajustado con ácido sulfúrico para provocar la precipitación por desplazamiento de los metales. Un ejemplo de acero pre-chapado es un acero pre-chapado con Ni.

El acero chapado por inmersión en caliente 1 de acuerdo con la presente realización tiene una capa de recubrimiento por inmersión en caliente 12 dispuesta sobre la superficie del acero base. La capa de recubrimiento por inmersión en caliente del acero chapado por inmersión en caliente de acuerdo con la presente realización está compuesta principalmente de una capa de aleación de Zn-Al-Mg debido a una composición química que se describirá más adelante. Además, la capa de recubrimiento por inmersión en caliente del acero chapado por inmersión en caliente de acuerdo con la presente realización puede incluir una capa de aleación de Al-Fe entre el acero base y la capa de aleación de Zn-Al-Mg. Es decir, la capa de recubrimiento por inmersión en caliente puede tener una estructura de capa única de la capa de aleación de Zn-Al-Mg o puede tener una estructura laminada que incluye la capa de aleación de Zn-Al-Mg y la capa de aleación de Al-Fe.

La composición química de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente de acuerdo con la presente realización está compuesta de Zn y otros elementos de la aleación. La composición química de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente se describirá en detalle a continuación. Un elemento para el cual se describe que el límite inferior de la concentración es 0 % es un elemento arbitrario que no es esencial para resolver el problema del acero chapado por inmersión en caliente de acuerdo con la presente realización, pero está contenido en la capa de recubrimiento por inmersión en caliente con el propósito de mejorar las propiedades o similares.

<Al: 10,00 % a 30,00 %>

- 5 El Al forma una fase α que es una solución sólida con Zn y contribuye a la mejora en la resistencia a la corrosión de la porción plana, resistencia a la protección de sacrificio, resistencia a la corrosión bajo agua corriente, y capacidad de trabajo. Por lo tanto, la concentración de Al se establece en 10,00 % o más. La concentración de Al se puede establecer en 11,00 % o más, 12,00 % o más o 15,00 % o más.

- 10 Por otro lado, en un caso en el que existe un exceso de Al, α cristaliza delante de $MgZn_2$. Además, α crece sin satisfacer una relación de orientación de cristal con una fase de $MgZn_2$. Como resultado, no se forma una cantidad suficiente de una estructura que satisface la relación de orientación de cristal de $\alpha/MgZn_2$ y, de este modo, se deteriora la resistencia a la corrosión bajo agua corriente. Por lo tanto, la concentración de Al se establece en 30,00 % o menos. La concentración de Al se puede establecer en 28,00 % o menos, 25,00 % o menos o 20,00 % o menos.

<Mg: 3,00 % a 12,00 %>

Mg es un elemento esencial para asegurar la resistencia a la corrosión de la porción plana, resistencia a la protección de sacrificio y resistencia a la corrosión bajo agua corriente. Por lo tanto, la concentración de Mg se establece en 3,00 % o más. La concentración de Mg se puede establecer en 4,00 % o más, 5,00 % o más o 6,00 % o más.

- 15 Por otro lado, cuando la concentración de Mg es excesiva, la capacidad de trabajo, en particular, la propiedad de formación de polvo, se deteriora. Por lo tanto, la concentración de Mg se establece en 12,00 % o menos. La concentración de Mg se puede establecer en 11,00 % o menos, 10,00 % o menos, 8,00 % o menos, menos de 8,00 % o 6,00 % o menos.

<Sn: 0 % a 2,00 %>

- 20 La concentración de Sn puede ser 0 %. Por otro lado, Sn es un elemento que forma un compuesto intermetálico con Mg y mejora la resistencia a la protección de sacrificio de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente. Por lo tanto, la concentración de Sn se puede establecer en 0,05 % o más, 0,10 % o más, 0,20 % o más o 0,50 % o más.

- 25 Sin embargo, cuando la concentración de Sn es excesiva, se deterioran la resistencia a la corrosión de la porción plana y la resistencia a la corrosión bajo agua corriente. Por lo tanto, la concentración de Sn se establece en 2,00 % o menos. La concentración de Sn se puede establecer en 1,80 % o menos, 1,50 % o menos o 1,20 % o menos.

<Si: 0 % a 2,50 %>

La concentración Si puede ser 0 %. Incidentalmente, Si contribuye a la mejora en la resistencia a la corrosión de la porción plana y la resistencia a la corrosión bajo agua corriente. Por lo tanto, la concentración de Si se puede establecer en 0,05 % o más, 0,10 % o más, 0,20 % o más o 0,50 % o más.

- 30 Por otro lado, cuando la concentración de Si es excesiva, se deterioran la resistencia a la corrosión de la porción plana, la resistencia a la protección de sacrificio y la capacidad de trabajo. Por lo tanto, la concentración de Si se establece en 2,50 % o menos. La concentración de Si se puede establecer en 2,40 % o menos, 1,80 % o menos o 1,20 % o menos.

<Ca: 0 % a 3,00 %>

- 35 La concentración de Ca puede ser 0 %. Incidentalmente, Ca es un elemento capaz de ajustar la cantidad óptima de Mg eluido para impartir resistencia a la corrosión de la porción plana y resistencia a la corrosión bajo agua corriente. Por lo tanto, la concentración de Ca puede ser 0,05 % o más, 0,1 % o más o 0,5 % o más.

- 40 Por otro lado, cuando la concentración de Ca es excesiva, se deterioran la resistencia a la corrosión de la porción plana, la resistencia a la corrosión bajo agua corriente y la capacidad de trabajo. Por lo tanto, la concentración de Ca se establece en 3,00 % o menos. La concentración de Ca se puede establecer en 2,40 % o menos, 1,80 % o menos o 1,20 % o menos.

<Ni, Cr, Ti, Co, V, Nb, Cu, y Mn: 0 % o más y menos de 0,25 % cada uno>

La concentración de cada uno de Ni, Cr, Ti, Co, V, Nb, Cu y Mn puede ser 0 %. Incidentalmente, estos contribuyen a la mejora en la resistencia a la protección de sacrificio. Por lo tanto, la concentración de cada uno de Ni, Cr, Ti, Co, V, Nb, Cu y Mn se puede establecer en 0,05 % o más, 0,08 % o más o 0,1 % o más.

- 45 Por otro lado, cuando la concentración de cada uno de Ni, Cr, Ti, Co, V, Nb, Cu y Mn es excesiva, se deterioran la resistencia a la corrosión de la porción plana y la resistencia a la corrosión bajo agua corriente. Por lo tanto, la concentración de cada uno de Ni, Cr, Ti, Co, V, Nb, Cu, y Mn se establece en menos de 0,25 %. La concentración de cada uno de Ni, Cr, Ti, Co, V, Nb, Cu y Mn se puede establecer en 0,22 % o menos, 0,20 % o menos o 0,15 % o menos.

<Bi: 0 % o más y menos de 5,000 %>

- 50 La concentración de Bi puede ser 0 %. Incidentalmente, Bi contribuye a la mejora en la resistencia a la protección de

sacrificio. Por lo tanto, la concentración de Bi se puede establecer en 0,100 % o más, 1,000 % o más o 3,000 % o más.

Por otro lado, cuando la concentración de Bi es excesiva, se deterioran la resistencia a la corrosión de la porción plana y la resistencia a la corrosión bajo agua corriente. Por lo tanto, la concentración de Bi se establece en menos de 5,000 %. La concentración de Bi se puede establecer en 4,800 % o menos, 4,500 % o menos o 4,000 % o menos.

5 <In: 0 % o más y menos de 2,00 %>

La concentración de In puede ser 0 %. Incidentalmente, In contribuye a la mejora en la resistencia a la protección de sacrificio. Por lo tanto, la concentración de In puede ser 0,10 % o más, 0,50 % o más o 1,00 % o más.

Por otro lado, cuando la concentración de In es excesiva, se deterioran la resistencia a la corrosión de la porción plana y la resistencia a la corrosión bajo agua corriente. Por lo tanto, la concentración de In se establece en menos de 2,00 %.

10 La concentración de In se puede establecer en 1,80 % o menos, 1,50 % o menos o 1,00 % o menos.

<Y: 0 % a 0,50 %>

La concentración de Y puede ser 0%. Incidentalmente, Y contribuye a la mejora en la resistencia a la protección de sacrificio. Por lo tanto, la concentración de Y puede ser 0,10 % o más, 0,15 % o más o 0,20 % o más.

15 Por otro lado, cuando la concentración de Y es excesiva, se deterioran la resistencia a la corrosión de la porción plana y la resistencia a la corrosión bajo agua corriente. Por lo tanto, la concentración de Y se establece en 0,50 % o menos. La concentración de Y puede ser 0,30 % o menos, 0,25 % o menos o 0,22 % o menos.

<La y Ce: 0 % o más y menos de 0,50 % cada uno>

20 La concentración de cada uno de La y Ce puede ser 0 %. Incidentalmente, La y Ce contribuyen a la mejora en la resistencia a la protección de sacrificio. Por lo tanto, la concentración de La y la concentración de Ce se puede establecer cada una en 0,10 % o más, 0,15 % o más o 0,20 % o más.

Por otro lado, cuando la concentración de La y la concentración de Ce son excesivas, se deterioran la resistencia a la corrosión de la porción plana y la resistencia a la corrosión bajo agua corriente. Por lo tanto, la concentración de La y la concentración de Ce se establece cada una en menos de 0,50 %. La concentración de La y la concentración de Ce se puede establecer cada una en 0,40 % o menos, 0,30 % o menos o 0,25 % o menos.

25 <Fe: 0 % a 5,00 %>

La concentración de Fe puede ser 0 %. Por otro lado, Fe puede estar contenido en la capa de recubrimiento por inmersión en caliente. Se ha confirmado que, cuando la concentración de Fe es 5,00 % o menos, no existe influencia adversa en el desempeño de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente. La concentración de Fe se puede establecer, por ejemplo, en 0,05 % o más, 0,10 % o más, 0,50 % o más o 1,00 % o más. La concentración de Fe se puede establecer, por ejemplo, en 4,00 % o menos, 3,50 % o menos o 3,00 % o menos. Puesto que no existen casos en los que el Fe se incorpore a partir de una lámina de acero base, la concentración de Fe puede ser 0,05 % o más.

30 La concentración de Fe se puede establecer, por ejemplo, en 4,00 % o menos, 3,50 % o menos o 3,00 % o menos. Puesto que no existen casos en los que el Fe se incorpore a partir de una lámina de acero base, la concentración de Fe puede ser 0,05 % o más.

<Sr, Sb, Pb, y B: 0 % o más y menos de 0,50 % cada uno>

35 La concentración de cada uno de Sr, Sb, Pb y B puede ser 0 %. Incidentalmente, Sr, Sb, Pb y B contribuyen a la mejora en la resistencia a la protección de sacrificio. Por lo tanto, la concentración de cada uno de Sr, Sb, Pb y B se puede establecer en 0,05 % o más, 0,10 % o más o 0,15 % o más.

Por otro lado, cuando la concentración de cada uno de Sr, Sb, Pb, y B es excesiva, se deterioran la resistencia a la corrosión de la porción plana y la resistencia a la corrosión bajo agua corriente. Por lo tanto, la concentración de cada uno de Sr, Sb, Pb y B se establece en menos de 0,50 %. La concentración de cada uno de Sr, Sb, Pb y B se puede establecer en 0,40 % o menos, 0,30 % o menos o 0,25 % o menos.

40 <Resto: Zn e impurezas>

El resto de la composición de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente de acuerdo con la presente realización es Zn e impurezas. Zn es un elemento que proporciona resistencia a la corrosión de la porción plana y resistencia a la protección de sacrificio a la capa de recubrimiento por inmersión en caliente. Las impurezas se refieren a componentes que están contenidos en materias primas o componentes que se incorporan en las etapas de fabricación y componentes que no están intencionadamente contenidos. Por ejemplo, en la capa de recubrimiento por inmersión en caliente existen casos en los que una pequeña cantidad de componentes distintos del Fe se incorporan como impurezas debido a una difusión atómica mutua entre el acero base y un baño de recubrimiento.

45 y componentes que no están intencionadamente contenidos. Por ejemplo, en la capa de recubrimiento por inmersión en caliente existen casos en los que una pequeña cantidad de componentes distintos del Fe se incorporan como impurezas debido a una difusión atómica mutua entre el acero base y un baño de recubrimiento.

La composición química de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente se mide por el siguiente método. Primero, se obtiene una solución ácida mediante exfoliación y disolución de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente utilizando un ácido que contiene un inhibidor que suprime la corrosión del acero base. A continuación, la solución ácida obtenida es analizada con ICP. Esto hace posible obtener la composición química de la capa de

50 en caliente utilizando un ácido que contiene un inhibidor que suprime la corrosión del acero base. A continuación, la solución ácida obtenida es analizada con ICP. Esto hace posible obtener la composición química de la capa de

recubrimiento por inmersión en caliente. Las especies de ácido no están particularmente limitadas en la medida en que las especies de ácido sean un ácido capaz de disolver la capa de recubrimiento por inmersión en caliente. La composición química que se mide por el método descrito anteriormente es la composición química promedio de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente completa.

- 5 A continuación, se describirá la estructura metalográfica de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente.

<Fase α >

10 La estructura metalográfica de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente 12 contiene 5 a 45 % de área de una fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm . Esta relación de área es la relación de área de la fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm a todas las fases que configuran la capa de recubrimiento por inmersión en caliente 12.

15 La fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm mejora la resistencia a la corrosión de la porción plana y la resistencia a la formación de polvo de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente. Sin embargo, en un caso en el que la cantidad de la fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm es menor que 5 % de área, estos efectos no se pueden obtener. Por lo tanto, la cantidad de la fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm se establece en 5 % de área o más. La cantidad de fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm se puede establecer en 6 % de área o más, 8 % de área o más o 10 % de área o más.

20 Por otro lado, en un caso en el que la cantidad de la fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm es más de 45 % de área, la cantidad de la fase α llega a ser excesiva con respecto a la fase de MgZn_2 . Por lo tanto, la fase α crece en un estado de no ser adyacente a la fase de MgZn_2 , como resultado llega a ser difícil formar una relación de orientación de cristal en la interfaz entre la fase α y la fase de MgZn_2 , y se deteriora la resistencia a la corrosión bajo agua corriente. Por lo tanto, la cantidad de la fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm se establece en 45 % de área o menos. La cantidad de la fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm se puede establecer en 42 % de área o menos, 40 % de área o menos o 35 % de área o menos.

25 Las relaciones de área de una fase α que tiene un diámetro de grano de menos de 0,5 μm y la relación de área de una fase α que tiene un diámetro de grano de más de 2 μm no están particularmente limitadas en la medida en que la relación de área de la fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm está dentro del intervalo descrito anteriormente. En el momento de evaluar la estructura de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente, se ignoran las relaciones de área de la fase α que tiene un diámetro de grano de menos de 0,5 μm y la fase α que tiene un diámetro de grano de más de 2 μm .

30 <Fase de MgZn_2 >

La fase de MgZn_2 mejora la resistencia a la corrosión de la porción plana, resistencia a la corrosión bajo agua corriente, y resistencia a la formación de polvo de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente 12. Sin embargo, en un caso en el que la cantidad de la fase de MgZn_2 es menor que 15 % de área, estos efectos no se pueden obtener. Por lo tanto, la cantidad de la fase de MgZn_2 se establece en 15 % de área o más. La cantidad de la fase de MgZn_2 se puede establecer en 18 % de área o más, 20 % de área o más o 25 % de área o más.

35 Por otro lado, en un caso en el que la cantidad de la fase de MgZn_2 es más de 70 % de área, se deteriora la resistencia al polvo del acero chapado por inmersión en caliente. Esto es debido a que la fase de MgZn_2 es frágil. Por lo tanto, la cantidad de la fase de MgZn_2 se establece en 70 % de área o menos. La cantidad de la fase de MgZn_2 se puede establecer en 65 % de área o menos, 60 % de área o menos o 50 % de área o menos.

40 La capa de recubrimiento por inmersión en caliente 12 puede contener fases distintas de la fase α y la fase de MgZn_2 . Por ejemplo, en la capa de recubrimiento por inmersión en caliente que tiene la composición química descrita anteriormente, pueden estar contenidas una fase de Mg_2Sn , una estructura eutéctica ternaria de $\alpha/\eta/\text{MgZn}_2$, una fase de $\eta\text{-Zn}$, una fase de Al-Ca-Si , y similares. En la medida en que los contenidos de la fase α y la fase de MgZn_2 están dentro de los intervalos descritos anteriormente, es posible asegurar la resistencia a la corrosión bajo agua corriente y la resistencia a la formación de polvo y, de este modo, la configuración de fases distintas de la fase α y la fase de MgZn_2 no está particularmente limitada.

<Interfaz entre la fase α y la fase de MgZn_2 >

50 El potencial natural de la fase α es superior al potencial natural de la fase de MgZn_2 . Por lo tanto, en la interfaz entre la fase α y la fase de MgZn_2 ocurre la corrosión galvánica. Esto llega a ser particularmente significativo en un caso en el que la cantidad de la fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm es 5 % de área o más. Esto es debido a que la longitud de la interfaz de la fase α que está expuesta a un entorno de agua corriente aumenta cuando aumenta la cantidad de una fase α fina que tiene un diámetro de grano de 2 μm o menos. Con el fin de mejorar la resistencia a la corrosión bajo agua corriente del acero chapado por inmersión en caliente, es necesario aumentar la resistencia a la corrosión en la interfaz entre la fase α y la fase de MgZn_2 .

55 Por las razones anteriores, en la capa de recubrimiento por inmersión en caliente del acero chapado por inmersión en

caliente de acuerdo con la presente realización, entre las fases α que tienen un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm , la relación de área de una fase α que tiene una relación de orientación $(111)_{\alpha} // (0001)_{\text{MgZn}_2}$ a la fase MgZn_2 adyacente se establece en 25 % a 100 %. En otras palabras, en la capa de recubrimiento por inmersión en caliente del acero chapado por inmersión en caliente de acuerdo con la presente realización, se satisface la siguiente fórmula.

$$0,25 \leq A2/A1 \leq 1,00$$

A1: El área de la fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm , el cual se mide en una sección transversal de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente

A2: El área de la fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm , el cual se mide en la sección transversal de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente, y que tiene la relación de orientación de $(111)_{\alpha} // (0001)_{\text{MgZn}_2}$ con la fase MgZn_2 adyacente.

Aquí, "la fase α que tiene la relación de orientación de $(111)_{\alpha} // (0001)_{\text{MgZn}_2}$ con la fase MgZn_2 adyacente" se refiere a una fase α que es adyacente a la fase de MgZn_2 y en la cual un plano (111) de la fase α y un plano (0001) de la fase MgZn_2 adyacente son paralelos entre sí.

En un caso en el que existe la relación de orientación de $(111)_{\alpha} // (0001)_{\text{MgZn}_2}$ entre la fase α y la fase de MgZn_2 adyacente a ésta, la interfaz entre estas fases es químicamente estable y tiene una alta resistencia a la corrosión. Por lo tanto, cuando aumenta la cantidad de la fase α que tiene la relación de orientación de $(111)_{\alpha} // (0001)_{\text{MgZn}_2}$, es posible suprimir la corrosión en la interfaz de la fase y potenciar la resistencia a la corrosión bajo agua corriente. Por la razón anterior, A2/A1 se establece en 0,25 o más. A2/A1 se puede establecer en 0,35 o más, 0,50 o más o 0,60 o más. Puesto que A2/A1 es preferiblemente lo más alta posible, A2/A1 puede ser 1,00. Por otro lado, A2/A1 también puede ser 0,95 o menos, 0,90 o menos o 0,85 o menos.

Un método para medir la relación de área de la fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm es como se describe a continuación. La superficie de la capa de recubrimiento de una muestra cortada a 30 mm \times 30 mm se ajusta para ser plana por pulido mecánico. A continuación, la superficie de la capa de recubrimiento es químicamente pulida mediante pulido coloidal y se pule hasta que la superficie cae en un estado de superficie en espejo. La superficie de la capa de recubrimiento después del pulido se observa con un microscopio electrónico de barrido (SEM). Específicamente, se captura una imagen de distribución de elementos utilizando SEM-EDS a un aumento de 5000 veces. En esta imagen de distribución de elementos, las fases en las que Al y Zn coexisten se especifican como las fases α . Después de que las fases α se especifican, una fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm se selecciona a partir de las fases α que están contenidas en el campo visual. Después de eso, la relación de área de la fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm se calcula mediante binarización por lo cual se utiliza el software de análisis de imagen. Con respecto a una fase α que tiene una forma granular, el diámetro de grano de la fase α se refiere al diámetro del círculo equivalente. Además, con respecto a una fase α que crece dendríticamente, el diámetro de grano de la fase α se refiere al eje menor de una dendrita. El eje menor de la dendrita es el valor máximo de las anchuras de la dendrita que son medidas en una dirección ortogonal a la dirección del eje principal de la dendrita como se muestra en la Figura 2.

Un método para medir la relación de área de la fase de MgZn_2 es como se describe más adelante. La superficie de la capa de recubrimiento de una muestra cortada a 30 mm \times 30 mm se ajusta para ser plana mediante pulido mecánico. A continuación, la superficie de la capa de recubrimiento se pule químicamente mediante pulido coloidal y se pule hasta que esta superficie caiga en un estado de superficie en espejo. La superficie de la capa de recubrimiento después del pulido se observa con un microscopio electrónico de barrido (SEM). Específicamente, se captura una imagen de distribución de elemento utilizando SEM-EDS en un aumento de 5000 veces. En esta imagen de distribución de elementos, las fases en las que Mg y Zn coexisten están especificadas como las fases de MgZn_2 . Después de que se especifican las fases de MgZn_2 , la relación de área de las fases de MgZn_2 que están contenidas en el campo visual se calculan mediante binarización por lo cual se utiliza el software de análisis de imágenes.

Un método para medir la relación de área de la fase α que tiene la relación de orientación de $(111)_{\alpha} // (0001)_{\text{MgZn}_2}$ a la fase MgZn_2 adyacente entre las fases α que tienen un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm es como se describe a continuación.

Primero, la superficie de la capa de recubrimiento es pulida de forma especular y es pulida químicamente según sea necesario. A continuación, la superficie pulida se observa con un SEM en un aumento de 5000 veces. Además, se seleccionan cinco campos visuales en los que la fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm se pueden reconocer visualmente en una relación de área de 5 % o más. El análisis de la orientación del cristal se lleva a cabo utilizando EBSD en estos campos visuales. Además, se obtienen una figura del polo (111) de la fase α y una figura del polo (0001) de la fase de MgZn_2 . Estas figuras del polo se comparan y se selecciona una orientación del cristal en la que coincidan las orientaciones de la fase α y la fase de MgZn_2 .

Una orientación del cristal en la que coinciden las figuras polares de orientación del cristal se puede especificar por el procedimiento anterior. Una fase α que tiene una orientación del cristal dentro de $\pm 10^\circ$ a partir de esta orientación del cristal en el sistema de medición se muestra en un mapa de IPF. La imagen de este mapa de IPF es binarizada y analizada por imágenes, con lo que es posible calcular la relación de área de la fase α que tiene una orientación del

crystal dentro de $\pm 10^\circ$ de la orientación del cristal en la que coinciden las orientaciones de la fase α y la fase de MgZn_2 y que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm a la fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm en los campos visuales observados.

5 Las otras constituciones de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente no están particularmente limitadas en la medida en que la relación de área de la fase α , la relación de área de la fase de MgZn_2 y el estado de interfaz entre la fase α y la fase de MgZn_2 están dentro de los intervalos descritos anteriormente. La configuración de un acero chapado por inmersión en caliente normal puede ser apropiadamente adoptada por la capa de recubrimiento por inmersión en caliente del acero chapado por inmersión en caliente de acuerdo con la presente realización. Un ejemplo de una configuración preferible de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente es como se describe más adelante.

10 La cantidad de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente unida por superficie se establece preferiblemente, por ejemplo, dentro de un intervalo de 20 a 150 g/m^2 . Cuando la cantidad de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente unida por superficie se establece en 20 g/m^2 o más, es posible potenciar adicionalmente la resistencia a la corrosión bajo agua corriente del acero chapado por inmersión en caliente. Por otro lado, cuando la cantidad de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente unida por superficie se establece en 150 g/m^2 o menos, es posible potenciar adicionalmente la capacidad de trabajo del acero chapado por inmersión en caliente.

Un método para fabricar un acero chapado por inmersión en caliente de acuerdo con la presente realización no está particularmente limitado. Por ejemplo, de acuerdo con las condiciones de fabricación que se describirán a continuación, se puede obtener el acero chapado por inmersión en caliente de acuerdo con la presente realización.

El método para fabricar un acero chapado por inmersión en caliente de acuerdo con la presente realización incluye

20 una etapa de sumergir un acero base en un baño de recubrimiento por inmersión en caliente y luego levantar el acero base para unir una capa de recubrimiento por inmersión en caliente a la superficie del acero base y

una etapa de enfriar la capa de recubrimiento por inmersión en caliente, y

el enfriamiento incluye, como se muestra en la FIG. 3,

25 primer enfriamiento para enfriar rápidamente la capa de recubrimiento por inmersión en caliente inmediatamente después de ser levantado del baño de recubrimiento por inmersión en caliente a una temperatura de parada del enfriamiento rápido de 360 $^\circ\text{C}$ o superior y 520 $^\circ\text{C}$ o inferior a una velocidad de enfriamiento de una velocidad de enfriamiento promedio de 15 $^\circ\text{C/s}$ o más rápida,

segundo enfriamiento para enfriar lentamente la capa de recubrimiento por inmersión en caliente de la temperatura de parada del enfriamiento rápido a 335 $^\circ\text{C}$ a una velocidad de enfriamiento de 5 $^\circ\text{C/s}$ o más lenta, y

30 tercer enfriamiento para enfriar rápidamente la capa de recubrimiento por inmersión en caliente de 335 $^\circ\text{C}$ a 70 $^\circ\text{C}$ a una velocidad de enfriamiento de 70 $^\circ\text{C/s}$ o más rápida.

Primero, un acero base se sumergió en un baño de recubrimiento por inmersión en caliente. La composición química del baño de recubrimiento por inmersión en caliente puede ser apropiadamente ajustada de manera que se puede obtener la composición química descrita anteriormente de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente. Además,

35 la temperatura del baño de recubrimiento por inmersión en caliente tampoco está particularmente limitada, y se puede seleccionar apropiadamente una temperatura en la cual se puede llevar a cabo el chapado por inmersión en caliente. Por ejemplo, la temperatura del baño de recubrimiento se puede establecer en un valor superior al punto de fusión del baño de recubrimiento en aproximadamente 20 $^\circ\text{C}$ o más.

40 A continuación, el acero base se levanta del baño de recubrimiento por inmersión en caliente. La cantidad de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente unida puede ser controlada controlando la velocidad de elevación del acero base. La cantidad de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente unida también puede ser controlada llevando a cabo la limpieza del acero base al cual la capa de recubrimiento por inmersión en caliente se ha unido según sea necesario. La cantidad de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente unida no está particularmente limitada y se puede ajustar, por ejemplo, dentro del intervalo descrito anteriormente.

45 Además, se enfría la capa de recubrimiento por inmersión en caliente. El enfriamiento está compuesto de primer enfriamiento, segundo enfriamiento y tercer enfriamiento.

En el primer enfriamiento, el metal fundido (capa de recubrimiento por inmersión en caliente) unido a la superficie del acero base se enfría rápidamente. Específicamente, el metal fundido se enfría de una manera acelerada a una temperatura de parada del enfriamiento rápido (temperatura controlada de parada del enfriamiento) dentro de un

50 intervalo de temperaturas de 360 $^\circ\text{C}$ o superior y 520 $^\circ\text{C}$ o inferior por medios de enfriamiento acelerado tales como pulverización de un medio de enfriamiento. La temperatura de parada del enfriamiento rápido es la temperatura de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente cuando se detiene el enfriamiento acelerado. La velocidad de enfriamiento promedio en el primer enfriamiento se establece en 15 $^\circ\text{C/s}$ o más rápida. La velocidad de enfriamiento promedio en el primer enfriamiento es un valor obtenido dividiendo la diferencia entre la temperatura del baño de

recubrimiento y la temperatura de parada del enfriamiento rápido por el tiempo transcurrido desde cuando el acero base se levanta del baño de recubrimiento a cuando se detiene el enfriamiento acelerado.

En el segundo enfriamiento, la capa de recubrimiento por inmersión en caliente se enfría lentamente. Específicamente, la velocidad de enfriamiento promedio en un intervalo de temperaturas a partir de la temperatura de parada del enfriamiento rápido descrita anteriormente a 335 °C se establece en 5 °C/s o inferior. La velocidad de enfriamiento promedio en el intervalo de temperaturas de la temperatura de parada del enfriamiento rápido a 335 °C es un valor obtenido dividiendo la diferencia entre la temperatura de parada del enfriamiento rápido y 335 °C por un tiempo requerido por la temperatura de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente para que caiga la temperatura de parada del enfriamiento rápido a 335 °C. La velocidad de enfriamiento descrita anteriormente se puede lograr, por ejemplo, dejando la capa de recubrimiento por inmersión en caliente en la atmósfera después que se detiene el enfriamiento acelerado. Sin embargo, en un caso en el que la temperatura del aire de un entorno de fabricación es extremadamente baja, se puede requerir un tratamiento de calor para reducir la velocidad de caída de temperatura de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente.

En el tercer enfriamiento, la capa de recubrimiento por inmersión en caliente es enfriada rápidamente de nuevo. Específicamente, la velocidad de enfriamiento promedio en un intervalo de temperaturas de 335 °C a 70 °C se establece en 70 °C/s o más rápida. La velocidad de enfriamiento promedio en el intervalo de temperaturas de 335 °C a 70 °C es un valor obtenido dividiendo la diferencia entre 335 °C y 70 °C (265 °C) por un tiempo requerido para que la temperatura de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente caiga de 335 °C a 70 °C. La velocidad de enfriamiento descrita anteriormente se puede lograr, por ejemplo, enfriando el acero chapado por inmersión en caliente con agua cuando la temperatura de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente se reduce a casi 335 °C.

Cuando la capa de recubrimiento por inmersión en caliente se enfría para así satisfacer las condiciones descritas anteriormente, es posible formar una capa de recubrimiento por inmersión en caliente en la que la cantidad de la fase α que tiene la relación de orientación de $(111)_{\alpha} // (0001)_{\text{MgZn}_2}$ es 25 % de área o más. Los presentes inventores presumen que la razón de ello es como se describe a continuación.

En el primer enfriamiento, el metal fundido se enfría rápidamente. Esto hace que tanto la fase α como la fase de MgZn_2 cristalicen del metal fundido.

Posteriormente, en el segundo enfriamiento, la capa de recubrimiento por inmersión en caliente en la cual tanto la fase α como la fase de MgZn_2 se ha cristalizado se enfría lentamente. Esto hace posible que los cristales crezcan en un estado en el que la fase α y la fase de MgZn_2 están en contacto entre sí. Como resultado, es posible alinear la orientación del cristal en la interfaz entre la fase α y la fase de MgZn_2 y completar la solidificación del metal fundido en un estado en el que se ha establecido la relación de orientación de $(111)_{\alpha} // (0001)_{\text{MgZn}_2}$.

En el tercer enfriamiento, la capa de recubrimiento por inmersión en caliente que contiene una gran cantidad de la fase α en que la relación de orientación de $(111)_{\alpha} // (0001)_{\text{MgZn}_2}$ se ha establecido es enfriada rápidamente de nuevo. Esto hace posible suprimir la transformación de fase sólida en la cual una fase η se precipita de la fase α y preserva la relación de orientación de $(111)_{\alpha} // (0001)_{\text{MgZn}_2}$.

[Ejemplos]

El efecto de un aspecto de la presente invención se describirá más específicamente utilizando ejemplos. Aquí, las condiciones en los ejemplos son simplemente ejemplos de condiciones adoptadas para confirmar la viabilidad y el efecto de la presente invención. La presente invención no se limita a estos ejemplos de condiciones. La presente invención es capaz de adoptar una diversidad de condiciones dentro del alcance de la esencia de la presente invención siempre que se logre el objetivo de la presente invención.

Los aceros base se sumergieron en una diversidad de baños de recubrimiento por inmersión en caliente y se levantaron para unir capas de recubrimiento por inmersión en caliente a las superficies de los aceros base, y luego las capas de recubrimiento por inmersión en caliente se enfriaron bajo una diversidad de condiciones, fabricando así una diversidad de aceros chapados en caliente. Las composiciones químicas de las capas de recubrimiento por inmersión en caliente fueron las que se muestran en la Tabla 1A y la Tabla 1B. En el caso en el que el contenido de Fe de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente fuera inferior a 0,05 %, se muestra un símbolo "-" en la Tabla 1A y la Tabla 1B. Las condiciones de fabricación se establecieron como se muestra en la Tabla 2A y la Tabla 2B. Además, se evaluaron las estructuras metalográficas de las capas de recubrimiento y los resultados se muestran en la Tabla 3A y la Tabla 3B. Además, se evaluaron la resistencia a la formación de polvo y la resistencia a la corrosión bajo agua corriente de los aceros chapados en caliente y los resultados se muestran en la Tabla 4A y la Tabla 4B.

Las composiciones químicas de las capas de recubrimiento por inmersión en caliente y las estructuras metalográficas de las capas de recubrimiento por inmersión en caliente se evaluaron por los medios descritos anteriormente. Algunos de los aceros base se pre-chaparon con Ni antes de ser galvanizados por inmersión en caliente. La composición de la pre-chapa de Ni se incluye en las composiciones químicas de las capas de recubrimiento por inmersión en caliente descritas en la Tabla 1 y la Tabla 1B.

La resistencia a la formación de polvo se evaluó mediante los siguientes medios. El acero chapado por inmersión en

caliente se dobló en V a 90° utilizando una matriz que tiene un radio de curvatura de 5 mm, y se presionó una cinta de celofán de 24 mm de ancho y se despegó de una porción de valle doblada en V. Además, se evaluó visualmente la presencia o ausencia de formación de polvo. Un acero chapado en caliente para el cual no se adjuntó un polvo de exfoliación con formación de polvo a la cinta se evaluó como "AA", un acero chapado en caliente para el cual un polvo de exfoliación con formación de polvo estaba ligeramente adherido se evaluó como "A", y un acero chapado por inmersión al que se le añadió un polvo de exfoliación con formación de polvo se evaluó como "B". Los aceros chapados en caliente con un resultado de evaluación de A o AA se consideraron aceros que tienen una excelente resistencia a la formación de polvo.

La resistencia a la corrosión bajo agua corriente se evaluó mediante los siguientes medios. Se produjo una probeta con una forma con dimensiones de 200 mm x 100 mm x 0,8 mm cortando el acero chapado en caliente. Se pegó una cinta en tramos de 5 mm de ancho desde la superficie extrema cortada sobre una superficie opuesta a una superficie de evaluación y sobre la superficie de evaluación para evitar el contacto con soluciones corrosivas. Además, la probeta se colocó sobre una mesa con un ángulo de inclinación de 60° con respecto al plano horizontal. Además, se repitieron alternativamente una etapa de exposición de la probeta a agua corriente y una etapa de secado de la probeta. En la etapa de exponer la probeta a agua corriente, se hizo fluir una solución de NaCl al 0,5 % a un caudal de 100 ml/min durante 6 horas. En la etapa de secado, la probeta se dejó reposar durante 18 horas. En ambas etapas, el entorno de ensayo se configuró en la atmósfera y la temperatura se mantuvo a 25 °C. Después de que habían pasado 336 horas, se midió la pérdida de peso por corrosión por unidad de área de la capa de recubrimiento. Una probeta para la cual la pérdida de peso por corrosión fue de 30 g/m² o menos se evaluó como "AA", una probeta para la cual la pérdida de peso por corrosión fue de 60 g/m² o menos se evaluó como "A" y una probeta para la cual la pérdida de peso por corrosión fue superior a 60 g/m² se evaluó como "B". Los aceros chapados en caliente con un resultado de evaluación de A o AA se consideraron aceros con una excelente resistencia a la corrosión bajo agua corriente. De acuerdo con el método de evaluación descrito anteriormente, es posible determinar que los aceros chapados en caliente que tienen una alta resistencia a la corrosión bajo agua corriente también tienen una alta resistencia a la corrosión de la porción plana.

[Tabla 1A]

| Clasificación | Nº | Componentes de capa de recubrimiento (% en masa) | | | | | | | | | |
|---------------|-----|--|-------|-------|------|------|------|------|------|--------------------|-----------|
| | | Zn | Al | Mg | Sn | Si | Ca | Ni | Fe | Otros elementos | |
| | | | | | | | | | | Tipo | Total (%) |
| Ejemplo | a1 | Resto | 10,00 | 3,00 | 0,08 | 0,05 | 0,10 | 0,21 | 0,10 | - | 0 |
| Ejemplo | a2 | Resto | 11,01 | 3,04 | 0,08 | 0,20 | 0,00 | 0,19 | 0,05 | Co: 0,01 | 0,01 |
| Ejemplo | a3 | Resto | 10,04 | 5,05 | 0,08 | 0,20 | 0,21 | 0,10 | 0,10 | Bi: 0,005 | 0,005 |
| Ejemplo | a4 | Resto | 12,09 | 4,96 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | - | - | 0 |
| Ejemplo | a5 | Resto | 14,05 | 6,00 | 0,08 | 0,19 | 0,18 | 0,19 | 0,08 | Sb: 0,08 | 0,08 |
| Ejemplo | a6 | Resto | 16,02 | 6,09 | 2,00 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 0,10 | Sr: 0,05 | 0,05 |
| Ejemplo | a7 | Resto | 18,99 | 5,99 | 0,01 | 0,22 | 0,20 | 0,10 | 0,10 | - | 0 |
| Ejemplo | a8 | Resto | 19,11 | 6,07 | 0,05 | 0,18 | 0,19 | 0,22 | 0,10 | Pb: 0,02, In: 0,01 | 0,03 |
| Ejemplo | a9 | Resto | 19,24 | 7,51 | 0,00 | 0,17 | 0,20 | 0,23 | 0,15 | - | 0 |
| Ejemplo | a10 | Resto | 19,06 | 11,01 | 0,15 | 0,20 | 3,00 | 0,10 | 0,16 | V: 0,01 | 0,01 |
| Ejemplo | a11 | Resto | 20,01 | 5,08 | 0,05 | 0,22 | 0,28 | 0,21 | 0,10 | B: 0,004 | 0 |
| Ejemplo | a12 | Resto | 20,11 | 3,13 | 0,10 | 0,80 | 0,30 | 0,00 | 1,30 | Nb: 0,02 | 0 |
| Ejemplo | a13 | Resto | 20,18 | 7,70 | 0,10 | 0,21 | 0,31 | 0,18 | 0,10 | La: 0,01, Ce: 0,01 | 0,02 |
| Ejemplo | a14 | Resto | 22,43 | 8,01 | 0,10 | 0,22 | 0,30 | 0,20 | 0,10 | Ti: 0,01 | 0,01 |
| Ejemplo | a15 | Resto | 24,28 | 5,42 | 0,10 | 0,60 | 0,33 | 0,00 | 0,90 | Cu: 0,2 | 0,2 |
| Ejemplo | a16 | Resto | 28,87 | 8,05 | 0,10 | 1,29 | 0,36 | 0,16 | 1,41 | Y: 0,02 | 0,02 |
| Ejemplo | a17 | Resto | 30,00 | 10,00 | 0,10 | 2,50 | 0,30 | 0,20 | 1,30 | Cr: 0,05 | 0,05 |

[Tabla 1B]

| Clasificación | Nº | Componentes de capa de recubrimiento (% en masa) | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|--|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|------|-------------|-----------------|-----------|
| | | Zn | Al | Mg | Sn | Si | Ca | Ni | Fe | Otros elementos | |
| | | | | | | | | | | Tipo | Total (%) |
| Ejemplo Comparativo | b1 | Resto | <u>5,05</u> | 3,02 | 1,00 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,22 | - | 0 |
| Ejemplo Comparativo | b2 | Resto | 15,05 | <u>2,09</u> | 0,70 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,30 | - | 0 |
| Ejemplo Comparativo | b3 | Resto | 18,88 | <u>15,03</u> | 0,10 | 0,09 | 0,00 | 0,11 | 0,12 | - | 0 |
| Ejemplo Comparativo | b4 | Resto | 19,04 | 8,06 | 0,10 | <u>3,00</u> | 0,00 | 0,24 | 0,10 | - | 0 |
| Ejemplo Comparativo | b5 | Resto | <u>32,40</u> | 8,01 | 1,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | <u>8,00</u> | - | 0 |
| Ejemplo Comparativo | b6 | Resto | 19,04 | 8,14 | 1,00 | 0,00 | <u>3,50</u> | 0,22 | 0,08 | - | 0 |
| Ejemplo Comparativo | b7 | Resto | 19,04 | 4,22 | 1,00 | 0,21 | 0,18 | 0,00 | 0,22 | - | 0 |
| Ejemplo Comparativo | b8 | Resto | 19,55 | 4,00 | 1,00 | 0,24 | 0,21 | 0,19 | 0,10 | - | 0 |
| Ejemplo Comparativo | b9 | Resto | 20,10 | 3,07 | 0,05 | 0,20 | 0,34 | 0,14 | 0,08 | - | 0 |
| Ejemplo Comparativo | b10 | Resto | 15,24 | 8,09 | <u>2,50</u> | 0,21 | 0,30 | 0,22 | 0,13 | - | 0 |
| Ejemplo Comparativo | b11 | Resto | 29,42 | <u>2,96</u> | 0,05 | 0,20 | 0,32 | 0,00 | 0,92 | - | 0 |
| Ejemplo Comparativo | b12 | Resto | 22,49 | 6,05 | 0,05 | 0,24 | 0,30 | 0,16 | 1,61 | - | 0 |

Las partes subrayadas indican que los valores correspondientes están fuera del alcance de la presente invención.

[Tabla 2A]

| Nº | Temperatura del baño de recubrimiento | Condiciones de enfriamiento | | | | Cantidad unida a la superficie única |
|-----|---------------------------------------|--|---|--|---|--------------------------------------|
| | | Velocidad de enfriamiento promedio de la temperatura del baño a la temperatura controlada de parada del enfriamiento | Temperatura controlada de parada del enfriamiento | Velocidad de enfriamiento promedio de temperatura controlada de parada del enfriamiento a 335 °C | Velocidad de enfriamiento a 335 °C o inferior | |
| | | (°C/s) | (°C) | (°C/s) | (°C/s) | |
| a1 | 410 | 15 | 360 | 5 | 70 | 116 |
| a2 | 450 | 15 | 380 | 5 | 70 | 141 |
| a3 | 500 | 15 | 410 | 5 | 70 | 101 |
| a4 | 470 | 15 | 420 | 5 | 70 | 80 |
| a5 | 470 | 15 | 410 | 5 | 70 | 55 |
| a6 | 470 | 15 | 410 | 5 | 70 | 88 |
| a7 | 480 | 15 | 420 | 5 | 70 | 76 |
| a8 | 480 | 15 | 420 | 5 | 100 | 92 |
| a9 | 480 | 15 | 420 | 5 | 70 | 66 |
| a10 | 480 | 15 | 420 | 5 | 70 | 65 |
| a11 | 500 | 15 | 395 | 5 | 70 | 66 |
| a12 | 540 | 25 | 440 | 2 | 70 | 59 |
| a13 | 510 | 15 | 450 | 5 | 70 | 95 |

| | | | | | | |
|-----|-----|----|-----|---|----|----|
| a14 | 510 | 15 | 450 | 5 | 90 | 46 |
| a15 | 515 | 15 | 420 | 1 | 70 | 20 |
| a16 | 510 | 15 | 455 | 5 | 70 | 69 |
| a17 | 510 | 15 | 460 | 5 | 70 | 76 |

[Tabla 2B]

| Nº | Temperatura del baño de recubrimiento | Condiciones de enfriamiento | | | | Cantidad unida a la superficie única |
|-----|---------------------------------------|---|---|--|---|--------------------------------------|
| | | Velocidad de enfriamiento promedio de la temperatura del baño a temperatura controlada de parada del enfriamiento | Temperatura controlada de parada del enfriamiento | Temperatura de enfriamiento promedio de temperatura controlada de parada del enfriamiento a 335 °C | Velocidad de enfriamiento a 335 °C o inferior | |
| | (°C) | (°C/s) | (°C) | (°C/s) | (°C/s) | (g/m ²) |
| b1 | 420 | 15 | <u>345</u> | 5 | 70 | 42 |
| b2 | 465 | 15 | 420 | 5 | 70 | 53 |
| b3 | 495 | 15 | 460 | 5 | 70 | 55 |
| b4 | 520 | 15 | 460 | 5 | 70 | 85 |
| b5 | 580 | 15 | 490 | 5 | 70 | 115 |
| b6 | 450 | 15 | 460 | 5 | 70 | 99 |
| b7 | 510 | 6 | 460 | 5 | 70 | 55 |
| b8 | 510 | 15 | 460 | <u>15</u> | 70 | 95 |
| b9 | 510 | 15 | 460 | 5 | <u>10</u> | 43 |
| b10 | 510 | 15 | 440 | 5 | 70 | 29 |
| b11 | 560 | <u>2</u> | 410 | 5 | 70 | 99 |
| b12 | 510 | 15 | 440 | <u>15</u> | 70 | 20 |

Las partes subrayadas indican que los valores correspondientes están fuera de los intervalos de condiciones de fabricación preferibles.

[Tabla 3A]

| Nº | Pre-chapado con Ni | Capa de recubrimiento | | |
|----|--------------------|---|-------------------------|--|
| | | Fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm | Fase de MgZn_2 | Velocidad de fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm que satisface la relación de orientación del cristal con la fase de MgZn_2 |
| | | (% de área) | (% de área) | (% de área) |
| a1 | Presente | 5 | 15 | 25 |
| a2 | Presente | 16 | 20 | 45 |
| a3 | Presente | 19 | 41 | 50 |
| a4 | - | 23 | 42 | 39 |
| a5 | Presente | 24 | 55 | 85 |
| a6 | Presente | 25 | 51 | 57 |

| | | | | |
|-----|----------|----|----|-----|
| a7 | Presente | 26 | 59 | 95 |
| a8 | Presente | 25 | 62 | 95 |
| a9 | Presente | 33 | 62 | 58 |
| a10 | Presente | 27 | 70 | 89 |
| a11 | Presente | 37 | 40 | 90 |
| a12 | - | 45 | 23 | 35 |
| a13 | Presente | 29 | 64 | 100 |
| a14 | Presente | 38 | 58 | 89 |
| a15 | - | 45 | 45 | 55 |
| a16 | Presente | 44 | 52 | 94 |
| a17 | Presente | 45 | 53 | 92 |

[Tabla 3B]

| Nº | Pre-chapado con Ni | Capa de recubrimiento | | |
|-----|--------------------|---|-------------------------|--|
| | | Fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm | Fase de MgZn_2 | Velocidad de fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm que satisface la relación de orientación del cristal con la fase de MgZn_2 |
| | | (% de área) | (% de área) | (% de área) |
| b1 | - | <u>4</u> | 15 | <u>0</u> |
| b2 | - | 25 | <u>0</u> | <u>0</u> |
| b3 | Presente | 27 | <u>75</u> | 95 |
| b4 | Presente | 41 | 44 | 79 |
| b5 | - | 40 | 45 | <u>12</u> |
| b6 | Presente | 42 | 44 | 89 |
| b7 | - | 44 | 25 | <u>10</u> |
| b8 | Presente | 40 | 25 | 7 |
| b9 | Presente | 41 | 20 | <u>9</u> |
| b10 | Presente | 29 | 45 | 85 |
| b11 | - | 43 | 22 | <u>12</u> |
| b12 | Presente | 35 | 52 | <u>11</u> |

Las partes subrayadas indican que los valores correspondientes están fuera del alcance de la presente invención.

[Tabla 4A]

| Nº | Resistencia a la formación de polvo | Resistencia a la corrosión bajo agua corriente |
|----|-------------------------------------|--|
| a1 | AA | A |
| a2 | AA | A |
| a3 | AA | AA |
| a4 | AA | AA |
| a5 | AA | AA |
| a6 | AA | A |

| | | |
|-----|----|----|
| a7 | AA | AA |
| a8 | AA | AA |
| a9 | AA | A |
| a10 | A | AA |
| a11 | AA | AA |
| a12 | AA | A |
| a13 | AA | AA |
| a14 | A | AA |
| a15 | AA | AA |
| a16 | A | AA |
| a17 | A | AA |

[Tabla 4B]

| Nº | Resistencia a la formación de polvo | Resistencia a la corrosión bajo agua corriente |
|-----|-------------------------------------|--|
| b1 | B | B |
| b2 | AA | B |
| b3 | B | B |
| b4 | B | B |
| b5 | A | B |
| b6 | B | B |
| b7 | B | B |
| b8 | AA | B |
| b9 | AA | B |
| b10 | A | B |
| b11 | AA | B |
| b12 | AA | B |

- 5 En el Ejemplo Comparativo b1, la cantidad de Al en la capa de recubrimiento por inmersión en caliente fue insuficiente. Por lo tanto, en el Ejemplo Comparativo b1, la fase α fue insuficiente. Además, puesto que el crecimiento del cristal ocurre en un estado en donde la fase α y la fase de MgZn_2 no estuvieron en contacto entre sí, en el Ejemplo Comparativo b1, la proporción de la fase α que tiene una relación de orientación de cristal apropiada con la fase de MgZn_2 también fue insuficiente. Como resultado, en el Ejemplo Comparativo b1, tanto la resistencia a la formación de polvo como la resistencia a la corrosión bajo agua corriente fueron insuficientes.
- 10 En el Ejemplo Comparativo b2, la cantidad de Mg en la capa de recubrimiento por inmersión en caliente fue insuficiente. Por lo tanto, en el Ejemplo Comparativo b2, la fase de MgZn_2 fue insuficiente. Como resultado, en el Ejemplo Comparativo b2, la resistencia a la corrosión bajo agua corriente fue insuficiente.
- 15 En el Ejemplo Comparativo b3, la cantidad de Mg en la capa de recubrimiento por inmersión en caliente fue excesiva. Por lo tanto, en el Ejemplo Comparativo b3, la fase de MgZn_2 frágil se volvió excesiva, y tanto la resistencia a la formación de polvo como la resistencia a la corrosión bajo agua corriente fueron insuficientes.
- En el Ejemplo Comparativo b4, la cantidad de Si en la capa de recubrimiento por inmersión en caliente fue excesiva. Por lo tanto, una gran cantidad de un compuesto a base de Si frágil se formó en la capa de recubrimiento por inmersión en caliente del Ejemplo Comparativo b3, y tanto la resistencia a la formación de polvo como la resistencia a la corrosión bajo agua corriente fueron insuficientes.
- 20 En el Ejemplo Comparativo b5, la cantidad de Al en la capa de recubrimiento por inmersión en caliente fue excesiva. Por lo tanto, en el Ejemplo Comparativo b5, la cantidad de la fase α en donde los cristales crecen en un estado en

donde la fase α no está en contacto con la fase de $MgZn_2$ aumenta, y la proporción de la fase α que tiene una relación de orientación de cristal apropiada con la fase de $MgZn_2$ llega a ser pequeña. Como resultado, en el Ejemplo Comparativo b5, la resistencia a la corrosión bajo agua corriente fue insuficiente.

- 5 En el Ejemplo Comparativo b6, la cantidad de Ca en la capa de recubrimiento por inmersión en caliente fue excesiva. Por lo tanto, se formó una gran cantidad de compuesto a base de Ca frágil en la capa de recubrimiento por inmersión en caliente del Ejemplo Comparativo b6, y tanto la resistencia a la formación de polvo como la resistencia a la corrosión bajo agua corriente fueron insuficientes.

- 10 En el Ejemplo Comparativo b7 y el Ejemplo Comparativo b11, la velocidad de enfriamiento promedio en el primer enfriamiento fue insuficiente. Por lo tanto, en el Ejemplo Comparativo b7 y el Ejemplo Comparativo b11, el crecimiento del cristal ocurrió en un estado en donde la fase α y la fase de $MgZn_2$ no estuvieron en contacto entre sí, y la proporción de la fase α que tiene una relación de orientación de cristal apropiada con la fase de $MgZn_2$ fue insuficiente. Como resultado, en el Ejemplo Comparativo b7 y el Ejemplo Comparativo b11, la resistencia a la corrosión bajo agua corriente fue insuficiente. Además, en el Ejemplo Comparativo b7, la resistencia a la formación de polvo también fue insuficiente.

- 15 En el Ejemplo Comparativo b8 y el Ejemplo Comparativo b12, la velocidad de enfriamiento promedio en el segundo enfriamiento fue excesiva. Por lo tanto, en los Ejemplos Comparativos b8 y b12 no fue posible hacer crecer de manera suficiente la fase α y la fase de $MgZn_2$ en un estado de estar en contacto entre sí, y la proporción de la fase α que tiene una relación de orientación de cristal apropiada con la fase de $MgZn_2$ fue insuficiente. Como resultado, en el Ejemplo Comparativo b8 y el Ejemplo Comparativo b12, la resistencia a la corrosión bajo agua corriente fue insuficiente.

- 20 En el Ejemplo Comparativo b9, la velocidad de enfriamiento promedio en el tercer enfriamiento fue insuficiente. Por lo tanto, en el Ejemplo Comparativo b9, la fase α se separó en una fase α rica en Al y una fase η rica en Zn en el tercer enfriamiento, y la proporción de la fase α que tiene una relación de orientación de cristal apropiada con la fase de $MgZn_2$ fue insuficiente. Como resultado, en el Ejemplo Comparativo b9, la resistencia a la corrosión bajo agua corriente fue insuficiente.

- 25 En el Ejemplo Comparativo b10, la cantidad de Sn en la capa de recubrimiento por inmersión en caliente fue excesiva. Por lo tanto, en el Ejemplo Comparativo b10 se formaron los compuestos a base de Sn que tienen baja resistencia a la corrosión, y la resistencia a la corrosión bajo agua corriente fue insuficiente.

- 30 Por otro lado, los ejemplos de acuerdo con la presente invención, en los cuales la composición química y la estructura metalográfica de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente fueron apropiadamente controlados, fueron excelentes en términos de resistencia a la formación de polvo y resistencia a la corrosión bajo agua corriente.

[Breve Descripción de los Símbolos de Referencia]

1 acero chapado por inmersión en caliente

11 acero base

12 capa de recubrimiento por inmersión en caliente.

REIVINDICACIONES

1. Un acero chapado por inmersión en caliente que comprende:

un acero base; y

una capa de recubrimiento por inmersión en caliente dispuesta sobre una superficie del acero base,

5 en donde una composición química de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente es, en % en masa,

Al: 10,00 % a 30,00 %,

Mg: 3,00 % a 12,00 %,

Sn: 0 % a 2,00 %,

Si: 0 % a 2,50 %,

10 Ca: 0 % a 3,00 %,

Ni: 0 % o más y menos de 0,25 %,

Cr: 0 % o más y menos de 0,25 %,

Ti: 0 % o más y menos de 0,25 %,

Co: 0 % o más y menos de 0,25 %,

15 V: 0 % o más y menos de 0,25 %,

Nb: 0 % o más y menos de 0,25 %,

Cu: 0 % o más y menos de 0,25 %,

Mn: 0 % o más y menos de 0,25 %,

Bi: 0 % o más y menos de 5,000 %,

20 In: 0 % o más y menos de 2,00 %,

Y: 0 % a 0,50 %,

La: 0 % o más y menos de 0,50 %,

Ce: 0 % o más y menos de 0,50 %,

Fe: 0 % a 5,00 %,

25 Sr: 0 % o más y menos de 0,50 %,

Sb: 0 % o más y menos de 0,50 %,

Pb: 0 % o más y menos de 0,50 % y

B: 0 % o más y menos de 0,50 %,

un resto consiste en Zn e impurezas,

30 una estructura metalográfica de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente contiene 5 a 45 % de área de una fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm ,

la estructura metalográfica de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente contiene 15 a 70 % de área de una fase de MgZn_2 y

35 entre las fases α que tienen el diámetro de grano de 0,5 a 2 μm , una relación de área de la fase α que tiene una relación de orientación $(111)_\alpha // (0001)_{\text{MgZn}_2}$ a la fase MgZn_2 adyacente es 25 % a 100 %,

en donde la estructura metalográfica de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente, la relación de área de la fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm , la relación de área de la fase de MgZn_2 y la relación de área de la fase α que tiene la relación de orientación $(111)_\alpha // (0001)_{\text{MgZn}_2}$ a la fase MgZn_2 adyacente entre las fases α que tienen un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm se miden como se describe en la descripción.

2. El acero chapado por inmersión en caliente de acuerdo con la reivindicación 1, en donde, entre las fases α que tienen el diámetro de grano de 0,5 a 2 μm , la relación de área de la fase α que tiene la relación de orientación de $(111)_{\alpha} // (0001)_{\text{MgZn}_2}$ a la fase MgZn_2 adyacente es 60 % a 100 %.
3. El acero chapado por inmersión en caliente de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde la composición química de la capa de recubrimiento por inmersión en caliente es, en % en masa,
- 5 Mg: 5,00 % a 8,00 % y
- Sn: 0,05 % a 2,00 %.

FIG. 1

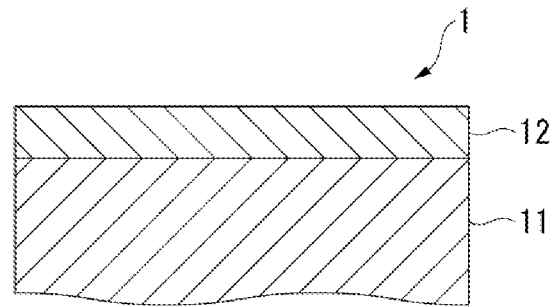


FIG. 2

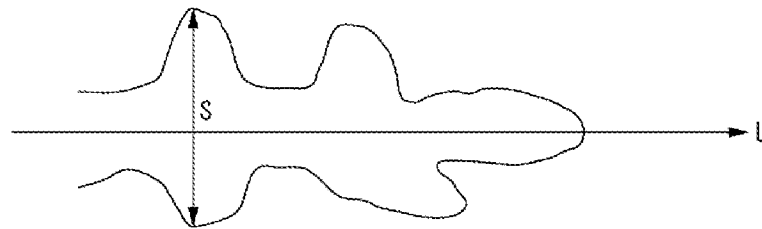


FIG. 3

