

DESCRIPCIÓN

TÍTULO DE LA INVENCION: CHAPA DE ACERO ENCHAPADA

CAMPO DE LA TÉCNICA

[0001]

La presente invención se relaciona con una chapa de acero enchapada.

Se reivindica prioridad de la Solicitud de Patente Japonesa N.º 2022-100351, presentada el 22 de Junio de 2022, cuyo contenido se incorpora aquí como referencia.

ARTE PREVIO

[0002]

Una chapa de acero enchapada por inmersión en caliente en base a Zn-Al-Mg que tiene una capa enchapada con Zn por inmersión en caliente que contiene Al y Mg presenta una excelente resistencia a la corrosión. Por lo tanto, las chapas de acero enchapada por inmersión en caliente en base a Zn-Al-Mg se utilizan ampliamente, por ejemplo, como material para elementos estructurales a los que se exige resistencia a la corrosión, como los materiales de construcción.

[0003]

Por ejemplo, el Documento de Patente 1 describe un material de acero enchapado que incluye un material de acero y una capa enchapada que incluye una capa de aleación de Zn-Al-Mg dispuesta sobre una superficie del material de acero, en donde la capa de aleación de Zn-Al-Mg tiene una fase de Zn y contiene una fase de compuesto intermetálico Mg-Sn en la fase de Zn, la capa enchapada incluye, en % en masa, Zn: más de 65.0%, Al: más de 5.0% hasta menos de 25.0%, Mg: más de 3.0% hasta menos de 12.5%, Sn: 0.1% hasta 20.0%, e impurezas, y tiene una composición química que satisface las siguientes fórmulas 1 a 5.

Fórmula 1: $Bi + In < Sn$

Fórmula 2: $Y + La + Ce \leq Ca$

Fórmula 3: $Si < Sn$

Fórmula 4: $O \leq Cr + Ti + Ni + Co + V + Nb + Cu + Mn < 0.25$

Fórmula 5: $O \leq Sr + Sb + Pb + B < 0.5$

[0004]

El Documento de Patente 2 divulga un material de acero enchapado que incluye un material de acero y una capa enchapada dispuestos en una superficie del material de acero e incluye una capa de aleación Zn-Al-Mg, en el que en una sección transversal de la capa de aleación Zn-Al-Mg, una fracción de área de una fase de $MgZn_2$ es de 45 a 75%, una fracción de área de un total de la fase de $MgZn_2$ y una fase de Al es de 70% o más, y una fracción de área de una estructura eutéctica ternaria de Zn-Al- $MgZn_2$ es 0 a 5%, la capa enchapada incluye, en % en masa, Zn: más de 44.90% hasta menos de 79.90%, Al: más de 15% hasta menos de 35%, Mg: más de 5% hasta menos de 20%, Ca: 0.1% hasta menos de 3.0%, e impurezas, y en un caso en donde un grupo A de elementos es Y, La, y Ce, un grupo B de elementos es Cr, Ti, Ni, Co, V, Nb, Cu, y Mn, un grupo C de elementos es de Sr, Sb, y Pb, y un grupo D de elementos es Sn, Bi, y In, un material de acero enchapado con una composición química en la cual la cantidad total de elementos seleccionados desde el grupo A de elementos es de 0% hasta 0.5%, se describe la cantidad total de Ca y los elementos seleccionados desde el grupo A de elementos es de 0.1% hasta menos de 3.0%, la cantidad total de elementos seleccionados desde el grupo B de elementos es de 0% hasta 0.25%, la cantidad total de elementos seleccionados desde el grupo C de elementos es de 0% hasta 0.5%, y la cantidad total de elementos seleccionados desde el grupo D de elementos es de 0% hasta 20.00%.

[0005]

El Documento de Patente 3 describe una chapa de acero enchapada con Al-Zn-Mg-Si por inmersión en caliente que incluye una película de enchapado sobre una superficie de chapa, en donde la película de enchapado incluye una capa de aleación de interfaz presente en una

interfaz con una chapa de acero base y una capa principal presente en la capa de aleación, la película de enchapado contiene 25 a 80 % en masa de Al, más de 0.6 a 15 % en masa de Si, y más de 0.1 a 25 % en masa de Mg, y la fracción de área de Mg_2Si sobre la superficie de la capa principal es de 10% o más.

[0006]

En los últimos años, a los materiales de acero enchapado por inmersión en caliente de los materiales de construcción utilizados para tejados, paredes y similares se les exige que tengan tanto resistencia a la corrosión en plano, que es la resistencia a la corrosión de la capa enchapada propiamente dicha, y resistencia a la corrosión en la superficie de extremo, que es la resistencia a la corrosión de una porción de una superficie de extremo cortado. Por otro lado, no se ha estudiado una técnica para lograr tanto resistencia a la corrosión en plano así como también resistencia a la corrosión en la superficie de extremo con un alto nivel.

Listado de Citación

Documento de Patente

[0007]

Documento de Patente 1: Publicación Internacional PCT N.º WO 2018/139619

Documento de Patente 2: Publicación Internacional PCT N.º WO 2018/139620

Documento de Patente 3: Solicitud de Patente Japonesa sin Examinar, Primera Publicación N.º 2016-166414

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Problema Técnico

[0008]

La presente invención se ha realizado teniendo en cuenta las circunstancias anteriores, y un objeto de la presente invención es proporcionar una chapa de acero enchapada que es excelente tanto en la resistencia a la corrosión en plano como en la resistencia a la corrosión de

la superficie en extremos.

Solución al Problema

[0009]

Con el objetivo de solucionar el problema de arriba, la presente invención emplea las siguientes configuraciones.

[1] Una chapa de acero enchapada que incluye:

una chapa de acero, y una capa enchapada dispuesta sobre una superficie de la chapa de acero,

en donde la capa enchapada tiene una composición química que contiene, en % en masa,

Al: 10.0 a 25.0%,

Mg: 3.0 a 10.0%,

Fe: 0.01 a 2.0%, y

Si: más de 0 a 2.0%, y

que además contiene uno o más seleccionados desde un grupo que consiste de los siguientes, grupo A, grupo B, y grupo C,

con un resto que incluye Zn e impurezas, y

una densidad numérica de fases de Mg_2Si con un eje mayor de $2\ \mu m$ o más expuestas en la superficie de la capa enchapada es de 3 a 150 por área de $10,000\ \mu m^2$.

[Grupo A] Ni: 0 a 1.0%

[Grupo B] Ca: 0 a 0.05%

[Grupo C] 0 a 5% en total de uno o más de Sb: 0 a 0.5%, Pb: 0 a 0.5%, Cu: 0 a 1.0%, Sn: 0 a 1.0%, Ti: 0 a 1.0%, Cr: 0 a 1.0%, Nb: 0 a 1.0%, Zr: 0 a 1.0%, Mn: 0 a 1.0%, Mo: 0 a 1.0%, Ag: 0 a 1.0%, Li: 0 a 1.0%, La: 0 a 0.5%, Ce: 0 a 0.5%, B: 0 a 0.5%, Y: 0 a 0.5%, P: 0 a 0.5%, Sr: 0 a 0.5%, Co: 0 a 0.5%, Bi: 0 a 0.5%, In: 0 a 0.5%, V: 0 a 0.5%, y W: 0 a 0.5%

[2] La chapa de acero enchapada de acuerdo con [1], en donde

Mg y Si en la composición química de la capa enchapada son Mg: 4.5 a 8 % en masa y Si: 0.1 a 2 % en masa, y

la densidad numérica de fases de Mg_2Si con un eje mayor de $2\text{ }\mu\text{m}$ o más expuestas en la superficie de la capa enchapada es de 15 a 150 por área de $10,000\text{ }\mu\text{m}^2$.

[3] La chapa de acero enchapada de acuerdo con [1], en donde

Al, Mg, y Si en la composición química de la capa enchapada son Al: 15 a 25 % en masa, Mg: 4.5 a 8 % en masa, y Si: 0.1 a 2 % en masa, y

la densidad numérica de fases Mg_2Si con un eje mayor de $2\text{ }\mu\text{m}$ o más expuestas en la superficie de la capa enchapada es de 30 a 150 por área de $10,000\text{ }\mu\text{m}^2$.

[4] La chapa de acero enchapada de acuerdo con una cualquiera de [1] a [3], en que

Al, Mg, y Si en la composición química de la capa enchapada son Al: 15 a 25 % en masa, Mg: 4.5 a 8 % en masa, y Si: 0.1 a 2 % en masa, y

una densidad numérica de fases de Mg-Si-Zn-Al con un eje mayor de $2\text{ }\mu\text{m}$ o más expuestas en la superficie de la capa enchapada es de 5 a 150 por área de $10,000\text{ }\mu\text{m}^2$.

[5] La chapa de acero enchapada de acuerdo con una cualquiera de [1] a [3], en donde

Sn en la composición química de la capa enchapada es Sn: 0.05 a 0.5 % en masa, y se detecta una fase de Mg_2Sn en la capa enchapada mediante medición por difracción de rayos X para la capa enchapada.

[6] La chapa de acero enchapada de acuerdo con [4], en donde Sn en la composición

química de la capa enchapada es Sn: 0.05 a 0.5 % en masa, y se detecta una fase de Mg_2Sn en la capa enchapada mediante medición por difracción de rayos X para la capa enchapada.

[7] La chapa de acero enchapada de acuerdo con [1], en donde la capa enchapada tiene

una composición química que contiene el Grupo A en % en masa.

[8] La chapa de acero enchapada de acuerdo con [1], en donde la capa enchapada tiene

una composición química que contiene el Grupo B en % en masa.

[9] La chapa de acero enchapada de acuerdo con [1], en donde la capa enchapada tiene una composición química que contiene el Grupo C en % en masa.

Efectos ventajosos de la invención

[0010]

De acuerdo con los aspectos de arriba de la presente invención, resulta posible proveer una chapa de acero enchapada que resulta excelente tanto en la resistencia a la corrosión en plano como en la resistencia a la corrosión de la superficie en extremos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[0011]

La FIG. 1 es una vista esquemática en sección transversal del material de acero enchapado por inmersión en caliente de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES

[0012]

Cortando la chapa de acero enchapada, la superficie de extremo de la chapa de acero se expone en la superficie del extremo cortado de la chapa de acero enchapada. La resistencia a la corrosión de la superficie de extremo (de aquí en adelante, mencionado como resistencia a la corrosión en la superficie de extremo) de la chapa de acero se consigue generalmente del siguiente modo. Es decir, esto se consigue formando una capa enchapada que contiene un elemento con una tendencia a la ionización mayor que la del metal base (por ejemplo, Zn, Mg, o lo similar) como una capa enchapada sobre la superficie de chapa, produciendo un producto de corrosión al corroer preferentemente la capa enchapada al metal base, y evitando que la superficie de extremo de la chapa de acero se corra por el producto de corrosión. Por lo tanto, la mejora en la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo mediante una capa

enchapada y la mejora en la resistencia a la corrosión en plano, que es la resistencia a la corrosión de la propia capa enchapada, no son compatibles.

[0013]

Por lo tanto, los presentes inventores han llevado a cabo estudios intensivos con el objetivo de mejorar tanto la resistencia a la corrosión en plano así como también la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo de una capa enchapada que contiene Al y Mg. La capa enchapada que contiene Al, Mg, Si, y Zn puede contener una fase de Mg_2Si . La fase de Mg_2Si contiene una cantidad relativamente grande de Mg que puede contribuir a la resistencia a la corrosión de la superficie de extremo de la chapa de acero, aunque la fase de Mg_2Si de la chapa de acero enchapada convencional suele estar presente en el interior de la capa enchapada, particularmente en una región próxima a una interfaz con la chapa de acero, y su forma es generalmente voluminosa. Por lo tanto, en la fase inicial de corrosión de la capa chapada, la fase de Mg_2Si no se vio afectada por la corrosión.

[0014]

Sin embargo, como resultado de estudios intensivos, los presentes inventores han logrado cristalizar una cantidad relativamente grande de la fase de Mg_2Si en forma de aguja en la superficie de la capa enchapada ajustando las condiciones de fabricación de la capa enchapada. La presencia de una gran cantidad de la fase de Mg_2Si sobre la superficie de la capa enchapada provoca corrosión de la fase de Mg_2Si desde una etapa inicial de corrosión de la capa enchapada. Con la corrosión de la fase de Mg_2Si , los iones de Mg se producen como productos de corrosión, y los iones de Mg evitan la corrosión de la superficie de extremo de la chapa de acero. De esta manera, la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo se mejora de manera exitosa.

[0015]

Adicionalmente, debido a que una gran cantidad de la fase de Mg_2Si se encuentra

presente en la superficie de la capa enchapada, la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo debido al producto de corrosión de la fase de Mg_2Si puede mejorarse desde la etapa inicial de la corrosión, de manera tal que la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo puede mejorarse sin sacrificar la resistencia a la corrosión en plano de la capa enchapada, logrando así tanto la resistencia a la corrosión en plano de la capa enchapada así como también la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo.

[0016]

A continuación, se describirá la chapa de acero enchapada de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

Una chapa de acero enchapada de la presente realización incluye una chapa de acero, y una capa enchapada dispuesta sobre una superficie de la chapa de acero, en donde la capa enchapada tiene una composición química que contiene, en % en masa, Al: 10.0 a 25.0%, Mg: 3.0 a 10.0%, Fe: 0.01 a 2.0%, y Si: más de 0 a 2.0%, y además contiene uno o más seleccionados desde un grupo que consiste de los siguientes, grupo A, grupo B, y grupo C, con un resto que incluye Zn e impurezas, y una densidad numérica de fases de Mg_2Si con un eje mayor de $2\ \mu m$ o más expuestas en la superficie de la capa enchapada es de 3 a 150 por área de $10,000\ \mu m^2$.

[0017]

[Grupo A] Ni: 0 a 1.0%

[Grupo B] Ca: 0 a 0.05%

[Grupo C] 0 a 5% en total de uno o más de Sb: 0 a 0.5%, Pb: 0 a 0.5%, Cu: 0 a 1.0%, Sn: 0 a 1.0%, Ti: 0 a 1.0%, Cr: 0 a 1.0%, Nb: 0 a 1.0%, Zr: 0 a 1.0%, Mn: 0 a 1.0%, Mo: 0 a 1.0%, Ag: 0 a 1.0%, Li: 0 a 1.0%, La: 0 a 0.5%, Ce: 0 a 0.5%, B: 0 a 0.5%, Y: 0 a 0.5%, P: 0 a 0.5%, Sr: 0 a 0.5%, Co: 0 a 0.5%, Bi: 0 a 0.5%, In: 0 a 0.5%, V: 0 a 0.5%, y W: 0 a 0.5%

[0018]

En la siguiente descripción, la expresión “%” de la cantidad de cada elemento en una

composición química significa “% en masa”. A la cantidad de un elemento en una composición química se la puede mencionar como una concentración de elemento (por ejemplo, concentración de Zn, concentración de Mg, y lo similar). La “resistencia a la corrosión en plano” indica una propiedad de que la propia capa enchapada (específicamente, la capa de aleación Zn-Al-Mg) tiene menos probabilidades de corroerse. La “resistencia a la corrosión en la superficie de extremo” indica una propiedad de suprimir la corrosión de una chapa de acero en una porción expuesta de la chapa de acero (por ejemplo, una superficie del extremo cortado de una chapa de acero enchapada). La “capa de enchapado” significa una película de enchapado producida mediante el denominado tratamiento de enchapado por inmersión en caliente.

[0019]

Tal como se ilustra en la FIG. 1, una chapa de acero enchapada 1 de acuerdo con la realización incluye una chapa de acero 11. La forma de la chapa de acero 11 no se encuentra particularmente limitada. Adicionalmente, la chapa de acero 11 puede ser, por ejemplo, una chapa de acero base conformada como un tubo de acero, material de ingeniería civil y material de construcción (alcantarilla, tubo corrugado, tapa de canal de drenaje, placa contra las salpicaduras, perno, malla metálica, barandilla, muro de contención de agua, y similares), una parte miembro de un electrodoméstico (carcasa de una unidad exterior de un acondicionador de aire, o lo similar), un componente de vehículo (un miembro de suspensión, o lo similar), y elementos del estilo. El conformado se realiza, por ejemplo, mediante diversos métodos de trabajo plástico, como prensa, conformación por laminado y plegado.

[0020]

El material de la chapa de acero 11 no se encuentra particularmente limitado. La chapa de acero 11 puede ser, por ejemplo, diversas chapas de acero, tal como un acero en general, acero calmado con Al, acero ultra bajo en carbono, aceros con alto contenido en carbono, diversos aceros de alta resistencia a la tracción y algunos aceros de alta aleación (aceros que

contienen un elemento de refuerzo como Ni, Cr, y similares). La chapa de acero 11 puede ser una chapa de acero laminada en caliente, un fleje de acero laminado en caliente, una chapa de acero laminada en frío, un fleje de acero laminado en frío, y similares descritos en la JIS G 3302: 2010. El método de fabricación de la chapa de acero (método de laminación en caliente, método de decapado, método de laminación en frío, etc.), las condiciones específicas de fabricación de los mismos, y similares tampoco están particularmente limitadas.

[0021]

Como se describirá más adelante, una chapa de acero 11 cuya rugosidad superficial se ha ajustado, se utiliza como una chapa de acero para ser una chapa original enchapada. La rugosidad superficial de la chapa de acero se puede ajustar mediante, por ejemplo, un método en el cual la superficie de un rodillo de laminación o un rodillo de pasada de acabado superficial se configuran para que tengan una rugosidad superficial predeterminada, y la forma superficial del rodillo se transfiere al momento del laminado o la pasada de acabado superficial.

[0022]

La chapa de acero enchapada 1 de acuerdo con la realización tiene una capa enchapada 12 dispuesta sobre una superficie de la chapa de acero 11. La capa enchapada 12 de la chapa de acero enchapada 1 de acuerdo con la presente realización se encuentra compuesta principalmente de una capa de aleación de Zn-Al-Mg debido a la composición química descrita más adelante. Adicionalmente, la capa enchapada 12 de la chapa de acero enchapada 1 de acuerdo con la presente realización puede incluir una capa de aleación interfacial que contiene Fe y Al como principales componentes entre la chapa de acero 11 y la capa de aleación Zn-Al-Mg. Esto es, la capa enchapada 12 puede tener una estructura de una sola capa, de la capa de aleación de Zn-Al-Mg, o una estructura multicapa que incluye la capa de aleación de Zn-Al-Mg y la capa de aleación interfacial.

[0023]

La composición química de la capa enchapada de acuerdo con la presente forma de realización está compuesta de Zn y otros elementos de aleación. La composición química de la capa enchapada se describirá detalladamente a continuación. Nótese que los elementos cuya concentración tiene un límite inferior del 0% como se describen no son esenciales para resolver el problema de la chapa de acero enchapada de acuerdo con la presente realización, aunque son elementos opcionales que se pueden incluir en la capa enchapada con el propósito de, por ejemplo, mejorar las características.

[0024]

<Al: 10.0 a 25.0%>

El Al contribuye en mejorar la resistencia a la corrosión en plano, resistencia a la corrosión en la superficie de extremo, y trabajabilidad. Por lo tanto, la concentración de Al es de 10.0% o más. La concentración de Al puede ser de 11.0% o más, 12.0% o más, o 15.0% o más. Por otro lado, cuando el Al resulta excesivo, la concentración de Mg y la concentración de Zn disminuyen de manera relativa, y se deteriora la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo. Por lo tanto, la concentración de Al es de 25.0% o menos. La concentración de Al puede ser de 24.0% o menos, 22.0% o menos, o 20.0% o menos.

[0025]

<Mg: 3.0 a 10.0%>

El Mg es un elemento esencial para asegurar la resistencia a la corrosión en plano y resistencia a la corrosión en la superficie de extremo. El Mg también resulta necesario para cristalizar una fase de Mg_2Si . Por lo tanto, la concentración de Mg es de 3.0% o más. La concentración de Mg puede ser de 4.0% o más, 5.0% o más, o 6.0% o más. Por otro lado, cuando la concentración de Mg es excesiva, la trabajabilidad, en particular la resistencia al pulverizado puede verse deteriorada, y puede deteriorarse aún más la resistencia a la corrosión en plano. Por lo tanto, la concentración de Mg es de 10.0% o menos. La concentración de Mg

puede ser de 8.0% o menos o 7.0% o menos.

[0026]

<Fe: 0.01% hasta 2.0%>

La concentración de Fe puede ser 0%, aunque el Fe puede estar contenido en la capa enchapada en una cantidad de 0.01% o más. Se ha confirmado que, cuando la concentración de Fe es de 2.0% o menos, el desempeño de la capa enchapada no se ve afectado negativamente. La concentración de Fe puede ser, por ejemplo, 0.05% o más, 0.1% o más, 0.5% o más, o 1.0% o más. La concentración es de 2.0% o menos. La concentración de Fe puede ser de 1.8% o menos o 1.5% o menos. Debido a que el Fe puede ser mezclado de la chapa de acero base, la concentración de Fe puede ser 0.05% o más.

[0027]

<Si: más de 0% hasta 2.0%>

El Si contribuye con la mejora en la resistencia a la corrosión en plano. El Si también resulta necesario para cristalizar una fase de Mg_2Si . Por lo tanto, la concentración de Si puede ser de más de 0%, 0.01% o más, 0.02% o más, o 0.06% o más. Por otro lado, cuando la concentración de Si es excesiva, la resistencia a la corrosión en plano y la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo se deterioran. Por lo tanto, la concentración de Si es de 2.0% o menos. La concentración de Si puede ser de 1.8% o menos, 1.6% o menos, 1.2% o menos, o 1.0% o menos.

[0028]

Además, la capa enchapada de la forma de realización puede contener uno o más seleccionados desde un grupo que consiste de los siguientes, Grupo A, Grupo B, y Grupo C.

[0029]

[Grupo A] Ni: 0 a 1.0%

[Grupo B] Ca: 0 a 0.05%

[Grupo C] 0 a 5% en total de uno o más de Sb: 0 a 0.5%, Pb: 0 a 0.5%, Cu: 0 a 1.0%, Sn: 0 a 1.0%, Ti: 0 a 1.0%, Cr: 0 a 1.0%, Nb: 0 a 1.0%, Zr: 0 a 1.0%, Mn: 0 a 1.0%, Mo: 0 a 1.0%, Ag: 0 a 1.0%, Li: 0 a 1.0%, La: 0 a 0.5%, Ce: 0 a 0.5%, B: 0 a 0.5%, Y: 0 a 0.5%, P: 0 a 0.5%, Sr: 0 a 0.5%, Co: 0 a 0.5%, Bi: 0 a 0.5%, In: 0 a 0.5%, V: 0 a 0.5%, y W: 0 a 0.5%

[0030]

<Ni: 0 a 1.0%>

La concentración de Ni como Grupo A puede ser 0%. Por otro lado, el Ni contribuye con la mejora en la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo. Por lo tanto, la concentración de Ni puede ser 0.05% o más, 0.08% o más, o 0.1% o más. Por otro lado, cuando la concentración de Ni resulta excesiva, se deteriora la resistencia a la corrosión en plano. Por lo tanto, la concentración de Ni es de 1.0% o menos. La concentración de Ni puede ser 0.8% o menos, 0.6% o menos, o 0.5% o menos.

[0031]

<Ca: 0% hasta 0.05%>

La concentración de Ca como Grupo B puede ser 0%. Por otro lado, el Ca es un elemento con la capacidad de ajustar la cantidad óptima de elución de Mg para impartir resistencia a la corrosión en plano. Por lo tanto, la concentración de Ca puede ser 0.005% o más o 0.01% o más. Por otro lado, cuando la concentración de Ca resulta excesiva, la resistencia a la corrosión en plano y trabajabilidad se deterioran. Por lo tanto, la concentración de Ca es de 0.05% o menos. La concentración de Ca puede ser 0.04% o menos.

[0032]

Además, la capa enchapada de acuerdo con la presente realización puede contener, como Grupo C, uno o dos o más elementos seleccionados desde Sb: 0 a 0.5%, Pb: 0 a 0.5%, Cu: 0 a 1.0%, Sn: 0 a 1.0%, Ti: 0 a 1.0%, Cr: 0 a 1.0%, Nb: 0 a 1.0%, Zr: 0 a 1.0%, Mn: 0 a 1.0%, Mo: 0 a 1.0%, Ag: 0 a 1.0%, Li: 0 a 1.0%, La: 0 a 0.5%, Ce: 0 a 0.5%, B: 0 a 0.5%, Y: 0

a 0.5%, P: 0 a 0.5%, Sr: 0 a 0.5%, Co: 0 a 0.5%, Bi: 0 a 0.5%, In: 0 a 0.5%, V: 0 a 0.5%, y W: 0 a 0.5%. El total de estos elementos es 0 a 5%. Si el total excede 5%, la resistencia a la corrosión en plano o la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo se puede reducir.

[0033]

<Sb, Pb: 0 a 0.5%, para cada uno de ellos>

La concentración de Sb y Pb puede ser 0%. Por otro lado, Sb y Pb contribuyen a mejorar la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo. Por lo tanto, la concentración de cada uno de Sb y Pb puede ser 0.05% o más, 0.10% o más, o 0.15% o más. Por otro lado, cuando la concentración de Sb y Pb resultan excesivas, se deteriora la resistencia a la corrosión en plano. Por lo tanto, la concentración de cada uno de Sb y Pb es de 0.5% o menos. La concentración de cada uno de Sb y Pb puede ser 0.4% o menos, 0.3% o menos, o 0.25% o menos.

[0034]

<Cu, Ti, Cr, Nb, Zr, Mn, Mo, Ag, y Li: 0 a 1.0%, para cada uno de ellos>

La concentración de cada uno de Cu, Ti, Cr, Nb, Zr, Mn, Mo, Ag, y Li puede ser 0%. Por otro lado, ellos contribuyen a mejorar la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo. Por lo tanto, la concentración de cada uno de Cu, Ti, Cr, Nb, Zr, Mn, Mo, Ag, y Li puede ser 0.05% o más, 0.08% o más, o 0.10% o más. Por otro lado, cuando las concentraciones de Cu, Ti, Cr, Nb, Zr, Mn, Mo, Ag, y Li resultan excesiva, se deteriora la resistencia a la corrosión en plano. Por lo tanto, la concentración de cada uno de Cu, Ti, Cr, Nb, Zr, Mn, Mo, Ag, y Li es de 1.0% o menos. La concentración de cada uno de Cu, Ti, Cr, Nb, Zr, Mn, Mo, Ag, y Li puede ser 0.8% o menos, 0.7% o menos, o 0.6% o menos.

[0035]

<Sn: 0 a 1.0%>

La concentración de Sn puede ser 0%. Por otro lado, el Sn es un elemento que forma

un compuesto intermetálico con Mg y mejora la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo de la capa enchapada. Por lo tanto, la concentración de Sn puede ser 0.05% o más, 0.1% o más, o 0.2% o más. Sin embargo, cuando la concentración de Sn resulta excesiva, se deteriora la resistencia a la corrosión en plano. Por lo tanto, la concentración de Sn es de 1.0% o menos. La concentración de Sn puede ser 0.8% o menos, 0.6% o menos, o 0.5% o menos.

[0036]

<La, Ce, B, Y, P, y Sr: 0 a 0.5%, para cada uno de ellos>

La concentración de cada uno de La, Ce, B, Y, P, y Sr puede ser 0%. Por otro lado, La, Ce, B, Y, P, y Sr contribuyen a mejorar la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo. Por lo tanto, la concentración de cada uno de La, Ce, B, Y, P, y Sr puede ser 0.10% o más, 0.15% o más, o 0.20% o más. Por otro lado, cuando la concentración de cada uno de La, Ce, B, Y, P, y Sr resulta excesiva, se deteriora la resistencia a la corrosión en plano. Por lo tanto, la concentración de cada uno de La, Ce, B, Y, P, y Sr es de 0.5% o menos. La concentración de cada uno de La, Ce, B, Y, P, y Sr puede ser 0.4% o menos o 0.3% o menos.

[0037]

<Co, Bi, In, V, y W: 0 a 0.5%, para cada uno de ellos>

La concentración de cada uno de Co, Bi, In, V, y W puede ser 0%. Por otro lado, Co, Bi, In, V, y W contribuye a mejorar la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo. Por lo tanto, la concentración de cada uno de Co, Bi, In, V, y W puede ser 0.10% o más, 0.15% o más, o 0.20% o más, respectivamente. Por otro lado, cuando la concentración de cada uno de Co, Bi, In, V, y W resulta excesiva, se deteriora la resistencia a la corrosión en plano. Por lo tanto, la concentración de cada uno de Co, Bi, In, V, y W es de 0.5% o menos. La concentración de cada uno de Co, Bi, In, V, y W puede ser 0.4% o menos o 0.3% o menos.

[0038]

<Resto: Zn e impurezas>

El resto en los componentes de la capa enchapada de acuerdo con la realización incluye Zn e impurezas. El Zn es un elemento que otorga resistencia a la corrosión en plano y resistencia a la corrosión en la superficie de extremo a la capa de enchapado. Las impurezas se refieren a un componente que se incluye en una materia prima o un componente que se mezcla en el proceso de fabricación. Por ejemplo, en la capa de enchapado, una pequeña cantidad de componentes distintos del Fe pueden mezclarse como la impureza debida a la difusión atómica mutua entre una chapa de acero base y un baño de enchapado.

[0039]

Las composiciones químicas de la capa enchapada se miden por el siguiente método. Primero, una solución ácida en donde se pela y se disuelve la capa enchapada, se obtiene utilizando un ácido que contiene un inhibidor que suprime la corrosión de la chapa de acero. Luego, la solución ácida obtenida se somete a un análisis por plasma de acoplamiento inductivo (ICP). De este modo, se puede determinar la composición química de la capa enchapada. El tipo de ácido no está particularmente limitado siempre que el ácido pueda disolver la capa de enchapado. La composición química medida mediante el medio descrito arriba es la composición química promedio de toda la capa de enchapado.

[0040]

A continuación, se describirá la estructura metalográfica de la capa enchapada.

En la superficie de la capa enchapada de acuerdo con la presente realización se expone la fase de Mg_2Si con un eje mayor de $2\ \mu m$ o más. La densidad numérica de las fases Mg_2Si en la superficie es de 3 a 150 por $10,000\ \mu m^2$. Debido a que la fase de Mg_2Si se expone en la superficie de la capa enchapada, la fase de Mg_2Si se corroe en la etapa inicial de la corrosión de la capa enchapada para formar un producto de corrosión, y la resistencia a la corrosión de la superficie de extremo de la chapa de acero se mejora con el producto de corrosión. Por lo tanto, la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo se puede mejorar sin perjudicar la

resistencia a la corrosión en plano de la capa enchapada.

[0041]

Para identificar la fase de Mg_2Si en la superficie de la capa enchapada se utiliza un microanalizador de sonda electrónica (EPMA). La superficie de la capa enchapada se observa con un microscopio electrónico de barrido unido a EPMA, y se identifica el compuesto intermetálico a ser analizado. Entonces, el compuesto intermetálico identificado se somete a un análisis elemental para determinar si el compuesto intermetálico es una fase de Mg_2Si . En la identificación de la fase de Mg_2Si , un compuesto intermetálico que contiene 55 % en átomos o más de Mg y 30 % en átomos o más de Si se define como la fase de Mg_2Si . La fase de Mg_2Si puede contener Ca, Zn, y Sn en el rango de 10 % en átomos o menos, adicionalmente a Mg y Si.

[0042]

La fase de Mg_2Si necesita tener una forma con un eje mayor de 2 μm o más, y más preferiblemente tiene una forma de aguja con un eje mayor de 2 μm o más. Además, la fase de Mg_2Si más preferiblemente tiene una relación de aspecto de 2 o más. Cuando la fase de Mg_2Si tiene una forma con un eje mayor de 2 μm o más, la fase de Mg_2Si se disuelve fácilmente en la etapa inicial de la corrosión, y se pueden suministrar más productos de corrosión a la superficie de extremo de la chapa de acero, de manera tal que la se puede mejorar la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo.

[0043]

El eje mayor de la fase de Mg_2Si se define como la longitud máxima de la fase de Mg_2Si cuando la fase de Mg_2Si se observa con un microscopio electrónico de barrido. La relación de aspecto es una relación de un eje mayor con respecto a un eje menor (eje mayor/eje menor). El eje menor se define como una longitud en una dirección ortogonal a la dirección del eje mayor, y más específicamente, una longitud máxima dentro de un rango de $\pm 5^\circ$ con

respecto a la dirección ortogonal a la dirección del eje mayor.

[0044]

La densidad numérica de las fases de Mg_2Si en la superficie se establece en 3 a 150 por $10,000 \mu m^2$. Cuando la densidad numérica es menor de 3 (fases/ $10,000 \mu m^2$), la fase de Mg_2Si es demasiado pequeña, y la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo resulta insuficiente. Por otro lado, incluso cuando la densidad numérica de las fases de Mg_2Si excede 150 (fases/ $10,000 \mu m^2$), se satura el efecto de mejora de la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo, y por lo tanto el límite superior es de 150 (fases/ $10,000 \mu m^2$) o menos. La densidad numérica de las fases de Mg_2Si puede ser de 15 o más o 30 o más cuando la unidad es (fases/ $10,000 \mu m^2$). También, la densidad numérica de las fases de Mg_2Si puede ser de 120 o menos, 100 o menos, 70 o menos, 50 o menos, o 30 o menos.

[0045]

La densidad numérica de las fases de Mg_2Si en la superficie de la capa enchapada puede ser afectada por la composición química promedio de la capa enchapada. Cuando el Mg y el Si en la composición química de la capa enchapada son Mg: 4.5 a 8 % en masa y Si: 0.1 a 2 % en masa, la densidad numérica de las fases de Mg_2Si con un eje mayor de $2 \mu m$ o más expuestas en la superficie de la capa enchapada puede ser de 15 a 150 por área de $10,000 \mu m^2$.

[0046]

Adicionalmente, cuando Al, Mg, y Si en la composición química de la capa enchapada son Al: 15 a 25 % en masa, Mg: 4.5 a 8 % en masa, y Si: 0.1 a 2 % en masa, la densidad numérica de las fases de Mg_2Si con un eje mayor de $2 \mu m$ o más expuestas en la superficie de la capa enchapada puede ser de 30 a 150 por área de $10,000 \mu m^2$.

[0047]

Luego, la fase de Mg-Si-Zn-Al con un eje mayor de $2 \mu m$ o más puede ser expuesta en la superficie de la capa enchapada de acuerdo con la presente realización. La densidad numérica

de las fases de Mg-Si-Zn-Al en la superficie resulta preferiblemente de 5 a 150 por 10,000 μm^2 . Cuando la fase de Mg-Si-Zn-Al se expone en la superficie de la capa enchapada, la fase de Mg-Si-Zn-Al se corroe en la etapa inicial de la corrosión de la capa enchapada, formando así un producto de corrosión denso de Mg, Si, Zn y Al. Mediante la formación de este producto de corrosión, la resistencia a la corrosión en el plano de la capa chapada se mejora adicionalmente.

[0048]

Para identificar la fase de Mg-Si-Zn-Al en la capa de enchapado se utiliza un microanalizador de sonda electrónica (EPMA, abreviado del inglés “Electron Probe Micro Analyzer”). La superficie de la capa enchapada se observa con un microscopio electrónico de barrido unido a EPMA, y se identifica el compuesto intermetálico a ser analizado. Entonces, el compuesto intermetálico identificado se somete a un análisis elemental para determinar si el compuesto intermetálico es una fase de Mg-Si-Zn-Al. En la identificación de la fase de Mg-Si-Zn-Al, un compuesto intermetálico que contiene Mg: 20 a 45 % en átomos, Si: 15 a 40 % en átomos, Zn: 15 a 40 % en átomos, y Al: 5 a 20 % en átomos se define como la fase de Mg-Si-Zn-Al.

[0049]

La densidad numérica de las fases de Mg-Si-Zn-Al en la superficie de la capa enchapada se ve afectada por la composición química promedio de la capa enchapada. Con el objetivo de establecer la densidad numérica de las fases de Mg-Si-Zn-Al de 5 a 150 por 10,000 μm^2 , Al, Mg, y Si en la composición química de la capa enchapada son preferiblemente Al: 15 a 25 % en masa, Mg: 4.5 a 8 % en masa, y Si: 0.1 a 2 % en masa.

[0050]

Preferiblemente, la fase de Mg-Si-Zn-Al, tiene una forma con un eje mayor de 2 μm o más, y más preferiblemente tiene una forma de aguja con un eje mayor de 2 μm o más. Además, la fase de Mg-Si-Zn-Al preferiblemente tiene una relación de aspecto de 2 o más. Cuando la

fase de Mg_2Si tiene una forma con un eje mayor de $2\text{ }\mu\text{m}$ o más, la fase de Mg-Si-Zn-Al se disuelve fácilmente en la etapa inicial de la corrosión, y pueden formarse productos de corrosión más densos, de manera tal que se puede mejorar la resistencia a la corrosión en el plano.

[0051]

El eje mayor de la fase de Mg-Si-Zn-Al se define como la máxima longitud de la fase de Mg-Si-Zn-Al cuando la fase de Mg-Si-Zn-Al se observa con un microscopio electrónico. La relación de aspecto es una relación de un eje mayor con respecto a un eje menor (eje mayor/eje menor). El eje menor se define como una longitud en una dirección ortogonal a la dirección del eje mayor, y más específicamente, una longitud máxima dentro de un rango de $\pm 5^\circ$ con respecto a la dirección ortogonal a la dirección del eje mayor.

[0052]

La densidad numérica de las fases de Mg-Si-Zn-Al en la superficie resulta preferiblemente de 5 a 150 por $10,000\text{ }\mu\text{m}^2$. Al establecer la densidad numérica en 5 (fases/ $10,000\text{ }\mu\text{m}^2$) o más, se puede mejorar aún más la resistencia a la corrosión en plano. Por otro lado, incluso cuando la densidad numérica de las fases de Mg-Si-Zn-Al excede 150 (fases/ $10,000\text{ }\mu\text{m}^2$), se satura el efecto de mejora de la resistencia a la corrosión en plano, y por lo tanto el límite superior es de 150 (fases/ $10,000\text{ }\mu\text{m}^2$) o menos. La densidad numérica de las fases de Mg-Si-Zn-Al puede ser de 10 o más o 15 o más cuando la unidad es (fases/ $10,000\text{ }\mu\text{m}^2$). También, la densidad numérica de las fases de Mg-Si-Zn-Al puede ser de 120 o menos, 100 o menos, 80 o menos, 70 o menos, 50 o menos, o 30 o menos.

[0053]

La fase de Mg-Si-Zn-Al puede estar presente en una densidad numérica de más de 0 hasta menos de 5 por área de $10,000\text{ }\mu\text{m}^2$ en la superficie de la capa enchapada.

[0054]

Se describirá un método de medición de la densidad numérica de las fases de Mg_2Si y

las fases de Mg-Si-Zn-Al. Se provee una región de medición cuadrada de 50 μm en la superficie de la capa enchapada. El número de regiones de medición es de ocho, y las ocho regiones de medición están dispuestas aleatoriamente en la superficie de la capa enchapada. Las regiones de medición están separadas para que no se solapen entre sí. El compuesto intermetálico se confirma observando las regiones de medición del conjunto con un microscopio electrónico de barrido. Entonces, la composición del compuesto intermetálico se analiza mediante EPMA para distinguir entre la fase de Mg_2Si y la fase de Mg-Si-Zn-Al. Además, se mide el número de cada una de las fases de Mg_2Si y las fases de Mg-Si-Zn-Al en cada región de medición. Las condiciones de medición de EPMA son, por ejemplo, un voltaje de aceleración de 15 kV, una corriente de 0.05 μA , y un tiempo de irradiación de 50 ms. Como el EPMA, por ejemplo, se utiliza el JXA-8230 fabricado por JEOL Ltd.

[0055]

Cuando la fase de Mg_2Si y la fase de Mg-Si-Zn-Al tienen forma de aguja, una parte de la fase puede estar dentro de la región de medición, y el resto de la fase puede estar fuera de la región de medición, pero dicha fase también se incluye en el número a medir.

[0056]

Adicionalmente, cuando la fase de Mg_2Si y la fase de Mg-Si-Zn-Al tiene una forma de aguja, una pluralidad de fases de Mg_2Si o una pluralidad de fases de Mg-Si-Zn-Al pueden solaparse entre sí. En dicho caso, cuando las direcciones de eje mayor de las respectivas fases se orientan en direcciones diferentes y se solapan entre sí, las respectivas fases solapadas se destinan a la medición del número. Por ejemplo, cuando dos fases de Mg_2Si se solapan entre sí y las direcciones de eje mayor de las mismas son direcciones diferentes, el número de fases de Mg_2Si se cuenta como dos.

[0057]

Luego, en base al número de cada una de las fases de Mg_2Si con un eje mayor de 2 μm

o más y las fases de Mg-Si-Zn-Al con un eje mayor de 2 μm o más medidos en las ocho regiones de medición y el área total de las regiones de medición, el número por 10,000 μm^2 se determina como la densidad numérica.

[0058]

Adicionalmente, cuando 0.05 a 0.5 % en masa de Sn está contenido en la capa de enchapado, una fase de Mg_2Sn se encuentra preferiblemente contenida en la capa de enchapado. Debido a que la cantidad de la fase de Mg_2Sn es pequeña, la presencia de la misma se detecta y confirma con medición por difracción de rayos X. Cuando la capa enchapada contiene la fase de Mg_2Sn allí, la capa enchapada tiene una resistencia a la corrosión más mejorada en la superficie de extremo. Si la fase de Mg_2Sn se encuentra contenida o no en la capa enchapada se determina por la aparición o no de un pico de difracción específico del $\text{Mg}[[2]]\text{Sn}$. Aquí, el pico de difracción específico del Mg_2Sn se refiere a un pico en el que aparece un ángulo de difracción 2θ a 23.4 ± 0.3 grados.

[0059]

La cantidad de adherencia para una superficie de la capa enchapada puede estar, por ejemplo, dentro de un rango de 20 a 150 g/m^2 . Cuando la cantidad de adherencia por una superficie es de 20 g/m^2 o más, se puede mejorar aún más la resistencia a la corrosión en plano y resistencia a la corrosión en la superficie de extremo de la chapa de acero enchapada. Por otro lado, cuando la cantidad de adherencia por una superficie es 150 g/m^2 o menos, la trabajabilidad de la chapa de acero enchapada puede mejorarse aún más.

[0060]

A continuación se describirá un método de fabricación de una chapa de acero enchapada de la presente realización, aunque el método de fabricación de una chapa de acero enchapada de acuerdo con la presente realización no se encuentra especialmente limitado. Por ejemplo, de acuerdo con las condiciones de fabricación descritas a continuación, se puede

obtener la chapa de acero enchapada de acuerdo con la presente realización.

[0061]

Con respecto al método de fabricación de una chapa de acero enchapada de la presente realización, una chapa de acero cuya rugosidad superficial ha sido ajustada es recocida en atmósfera reductora, y la chapa de acero inmediatamente luego del recocido se sumerge en un baño de enchapado por inmersión en caliente y luego se retira para formar una capa enchapada en la superficie de la chapa de acero. Posteriormente, se realiza enfriamiento rociando un gas de enfriamiento hasta que la temperatura de la capa enchapada alcanza 300°C o menos desde la temperatura del baño. El flujo de gas cuando se rocía un gas de enfriamiento se establece de manera tal que el flujo de gas desde la temperatura del baño hasta la temperatura de enfriamiento controlada (el caudal de gas en el rango de temperatura mayor que o igual a la temperatura de enfriamiento controlada e igual o menor que la temperatura del baño) se establece en el rango de 100 a 5,000 L/min/m², y el flujo de gas desde la temperatura de enfriamiento controlada a la temperatura de detención del enfriamiento (en la presente realización, 300°C o menos) (el caudal de gas en el rango de temperatura mayor que o igual a la temperatura de detención del enfriamiento e igual o menor que la temperatura de enfriamiento controlada) se establece en el rango de 10,000 a 80,000 L/min/m².

[0062]

La temperatura de enfriamiento controlada es una temperatura dentro del rango de -10°C a -80°C con respecto a la temperatura de cristalización de la fase de Mg₂Si.

[0063]

Para la rugosidad de la superficie de chapa destinada a ser la chapa original enchapada, la relación entre la longitud de la curva L_p de curva de rugosidad por longitud de referencia L_0 (L_p/L_0) se establece en 1.0 o más, y la rugosidad media aritmética R_a se establece en 0.1 μm o más. Cuando la rugosidad se encuentra fuera de este rango, se cristaliza una gran cantidad de

la fase de Mg_2Si cerca de la interfaz entre la capa enchapada y la chapa de acero, y puede disminuir la densidad numérica de fases de Mg_2Si en la superficie de la capa enchapada. El límite superior de (L_p/L_0) es preferiblemente 3.0 o menos, y puede ser 2.5 o menos, o 2.0 o menos. El límite superior de la rugosidad media aritmética R_a es preferiblemente $4.0\ \mu m$ o menos, y puede ser $3.5\ \mu m$ o menos. La rugosidad de la superficie de chapa no se encuentra particularmente limitada, pero puede ajustarse mediante, por ejemplo, laminación de la chapa original enchapada con un rodillo de laminación o un rodillo para laminado de acabado en el cual la superficie del rodillo ha sido ajustada a una rugosidad deseada para transferir la forma superficial del rodillo. Alternativamente, la rugosidad se puede ajustar mediante decapado.

[0064]

(L_p/L_0) y la rugosidad media aritmética se miden utilizando, por ejemplo, un microscopio láser 3D (Número de modelo: VK-8700) fabricado por KEYENCE CORPORATION. Como condiciones de medición, por ejemplo, la medición se realiza en las siguientes condiciones: modo de medición: láser confocal, calidad de medición: alta precisión, paso: $0.75\ \mu m$, doble escaneado: ON, zoom óptico: 1 vez, nombre del objetivo: Plan, coeficiente γ : 0.45, y desplazamiento: 0%. El dispositivo de medición utilizado para medir (L_p/L_0) y la rugosidad media aritmética no se limita al ejemplo anterior. De acuerdo con la JIS B 0601:2013, se obtuvo una curva de rugosidad aplicando secuencialmente filtros de curva de contorno de valores de corte λ_c y λ_s a la curva de sección transversal obtenida por medición. Específicamente, a partir de los resultados de medición obtenidos, se obtuvo una curva de rugosidad eliminando un componente con una longitud de onda λ_c de $0.001\ mm$ o menos y un componente con una longitud de onda λ_s de $0.2\ mm$ o más. (L_p/L_0) y la rugosidad media aritmética se calcularon en base a la curva de rugosidad obtenida.

[0065]

El recocido de la chapa de acero para obtener una chapa original enchapada se realiza

en una atmósfera reductora. La atmósfera reductora y las condiciones de recocido no están especialmente limitadas. Mediante este recocido, se remueve tanto como sea posible el óxido presente sobre la superficie de chapa.

[0066]

Posteriormente, la chapa de acero inmediatamente después del recocido se sumerge en un baño de enchapado por inmersión en caliente. La composición química del baño de enchapado por inmersión en caliente puede ajustarse adecuadamente para obtener la composición química de la capa enchapada descrita arriba. La temperatura del baño de enchapado por inmersión en caliente tampoco está especialmente limitada. Resulta posible seleccionar adecuadamente una temperatura en la cual se puede realizar enchapado por inmersión en caliente. Por ejemplo, la temperatura del baño de enchapado puede ser mayor que el punto de fusión del baño de enchapado en alrededor de 20°C o más.

[0067]

Luego, la chapa de acero se retira desde el baño de enchapado por inmersión en caliente. La cantidad de adherencia de la capa enchapada puede controlarse controlando la velocidad de tirado de la chapa de acero. Si es necesario, se puede limpiar la chapa de acero a la cual se adhiere la capa enchapada para controlar la cantidad de adherencia de la capa enchapada. La cantidad de adherencia de la capa enchapada no se encuentra particularmente limitada, y puede estar, por ejemplo, dentro del rango descrito arriba.

[0068]

Luego, la capa enchapada es enfriada. El enfriamiento se realiza rociando un gas de enfriamiento sobre la chapa de acero inmediatamente después de ser sacada del baño de enchapado por inmersión en caliente. El enfriamiento mediante rociando de un gas de enfriamiento se realiza de manera continua hasta que la temperatura de la chapa de acero alcanza 300°C desde la temperatura del baño. La condición de enfriamiento a menos de 300°C

no se encuentra particularmente limitada. Posteriormente puede ser realizado el enfriamiento por rociado de un gas de enfriamiento, o se puede realizar enfriamiento natural.

[0069]

El enfriamiento por rociado de un gas de enfriamiento se realiza disponiendo una zona de enfriamiento a lo largo de la trayectoria de transporte para la chapa de acero. La zona de enfriamiento incluye una pluralidad de boquillas rociadoras para gas de enfriamiento. La forma de la boquilla de gas desde la cual se insufla el gas de enfriamiento, por ejemplo, se encuentra en el rango de un diámetro de 1 a 50 mm. El ángulo formado por la punta de la boquilla de gas y la chapa de acero, por ejemplo, se encuentra en el rango de 70 a 110°, más preferiblemente 90° (perpendicular). La distancia entre la punta de la boquilla de gas y la chapa de acero se encuentra en el rango de 30 a 1000 mm. La forma, ángulo, y distancia de la boquilla de gas resultan meramente de ejemplo, y no se encuentran limitados a los rangos de arriba.

[0070]

El gas de enfriamiento a ser rociado no se encuentra particularmente limitada, y puede ser un gas no oxidante como el nitrógeno, un gas inerte como el argón, o el aire, o una mezcla de los mismos.

[0071]

En la presente realización, un flujo de gas cuando se rocía un gas de enfriamiento se controla en dos etapas. Esto es, en base de la temperatura de la chapa de acero, el flujo de gas desde la temperatura del baño de enchapado hasta la temperatura de enfriamiento controlada (la temperatura en el rango de -10 a -80°C con respecto a la temperatura de cristalización de la fase Mg_2Si) se establece en el rango de 100 a 5,000 L/min/m², preferiblemente en el rango de 500 a 5,000 L/min/m², y el flujo de gas desde la temperatura de enfriamiento controlada a 300°C o menos se establece en el rango de 10,000 a 80,000 L/min/m². La temperatura de enfriamiento controlada es una temperatura que se supone es la temperatura de inicio de cristalización de la

fase Mg_2Si .

[0072]

Cuando el flujo de gas se establece en el rango de 5,000 L/min/m² o menos, resulta posible suprimir la vibración que se aplica a la chapa de acero que está siendo enfriada. Por otro lado, cuando el flujo de gas se establece en el rango de 10,000 L/min/m² o más, se puede aplicar una vibración a la chapa de acero que se está enfriando.

[0073]

Entonces, estableciendo el flujo de gas desde la temperatura del baño de enchapado hasta la temperatura de enfriamiento controlada en el rango de 100 a 5,000 L/min/m², preferiblemente en el rango de 500 a 5,000 L/min/m², se promueve la nucleación de una fase que contiene Si distinta de la fase de Mg_2Si sin aplicar vibración a la chapa de acero, y Mg y Si se concentran en la fase líquida en el estado no solidificado. Luego, al establecer el flujo de gas desde la temperatura de enfriamiento controlada a 300°C o menos en el rango de 10,000 a 80,000 L/min/m², se aplica vibración a la superficie de la fase líquida en el estado no solidificado, y en la superficie de la capa enchapada se puede cristalizar gran cantidad de la fase de Mg_2Si . Cuando el rango del flujo de gas está fuera del rango indicado arriba, resulta dificultoso que cristalice una gran cantidad de la fase de Mg_2Si en la superficie de la capa enchapada.

[0074]

Debido a que la temperatura de cristalización de la fase de Mg_2Si varía dependiendo de la composición química de la capa enchapada, la temperatura de cristalización se calcula utilizando un diagrama de fases calculado. Específicamente, la temperatura de cristalización de la fase de Mg_2Si se determina para cada composición química de la capa enchapada construyendo una base de datos de diagrama de fases calculados en la se integran los datos termodinámicos como una fase de compuesto intermetálico y una fase metálica que puede estar

contenidas en la aleación a base de Al-Mg-Zn, y realizando cálculos utilizando el método CALPHAD (Cálculo de diagrama de fase, abreviado desde el inglés “CALculation of PHase Diagram”). Más específicamente, la temperatura de cristalización de la fase de Mg_2Si puede estimarse utilizando "Thermo-Calc" ((Thermo-Calc es una marca registrada) fabricada por Thermo-Calc Software) que es un programa de cálculo del equilibrio termodinámico. El software de cálculo del equilibrio termodinámico utilizado para el cálculo no se limita a “Thermo-Calc” (marca registrada), y se puede utilizar otro software. La temperatura dentro del rango de -10 a -80°C con respecto a la temperatura de cristalización obtenida de la fase de Mg_2Si se define como la temperatura de enfriamiento controlada.

[0075]

En el método de fabricación de arriba, se suprime la nucleación de la fase de Mg_2Si ajustando la rugosidad superficial de la superficie de chapa de antemano, mediante lo cual se suprime la cristalización de la fase de Mg_2Si en la vecindad de la interfaz entre la capa enchapada y la chapa de acero. Al realizar enchapado por inmersión en caliente de una chapa de acero y controlando las condiciones de enfriamiento después del enchapado descrito arriba, una gran cantidad de la fase de Mg_2Si se cristaliza en la superficie de la capa enchapada. Como resultado, se supone que se puede formar un gran número de fases de Mg_2Si con un eje mayor de $2\text{ }\mu\text{m}$ o más en la superficie de la capa enchapada.

[0076]

Siempre que se satisfagan los requerimientos mostrados en la presente invención, el método de fabricación de una chapa de acero enchapada no se limita a los contenidos de arriba, y en lugar del método de enchapado por inmersión en caliente, se puede adoptar un método de electrochapado, un método de enchapado por deposición de vapor, un método de pulverización térmica, un método de pulverización en frío, o lo similar.

Ejemplos

[0077]

A continuación, se describirán las realizaciones de la presente invención. Sin embargo, las condiciones de los Ejemplos son meramente una condición de ejemplo adoptada para confirmar la operatividad y efectos de la presente invención. La presente invención no se limita a esta única condición ejemplo. La presente invención puede adoptar diversas condiciones siempre que se logre el objeto de la presente invención sin apartarse de lo esencial de la presente invención.

[0078]

Una chapa de acero laminada en frío (0.05 C-0.1 Si-0.2 Mn) con un espesor de chapa de 2.3 mm se utilizó como una chapa original enchapada. La rugosidad superficial de una parte de la chapa original enchapada se controló utilizando una tren de laminación de pasada de acabado o lo similar. La chapa de acero cuya rugosidad superficial ha sido ajustada, se recoció. La chapa de acero recocida se sumergió en diversos baños de enchapado por inmersión en caliente y luego se sacaron para adherir una capa enchapada a la superficie de chapa. Posteriormente, diversas chapas de acero enchapadas se fabricaron mediante enfriamiento de la capa enchapada inmediatamente luego de sacarlas desde el baño de enchapado hasta que la temperatura de la capa enchapada alcanzó 300°C utilizando un gas de enfriamiento.

[0079]

Para la rugosidad superficial de la superficie de chapa para conformar la chapa original enchapada, la relación entre la longitud de la curva L_p de la curva de rugosidad por longitud de referencia L_0 (L_p/L_0) se estableció en 1.1 a 2.7, y la rugosidad media aritmética R_a se estableció en el rango de 0.5 a 3.7 μm .

[0080]

Se midieron, (L_p/L_0) y la rugosidad media aritmética utilizando un microscopio láser 3D (Número de Modelo: VK-8700) fabricado por KEYENCE CORPORATION. Como

condiciones de medición, se realizaron mediciones en las siguientes condiciones: modo de medición: confocal láser, modo de medición: confocal láser, calidad de medición: alta precisión, paso: 0.75 μm , doble escaneado: ON, zoom óptico: 1 tiempo, nombre de la lente objetivo: Plan, coeficiente γ : 0.45, y desplazamiento: 0%.

[0081]

Las condiciones de recocido cuando la chapa de acero fue recocida en atmósfera reductora fueron una temperatura de impregnación de 600°C y un tiempo de inmersión de 10 segundos. La atmósfera de recocido fue una atmósfera reductora compuesta de una gas mezclado de 5% de hidrógeno y el resto de nitrógeno. Entonces, la chapa de acero recocida se enfrió por aire con gas nitrógeno, y luego de que la temperatura de la lámina de inmersión alcanzó la temperatura del baño + 20°C, la chapa de acero se sumergió en una baño de enchapado por inmersión en caliente y entonces se retiró levantándola. La velocidad de tirado se estableció en 20 a 200 mm/seg.

[0082]

La composición química de la capa enchapada fue tal como se muestra en la Tabla 1. Las condiciones de fabricación fueron tal como se muestra en la Tabla 2. También, se evaluó la estructura metalográfica de la capa enchapada, y los resultados se muestran en la Tabla 3. Además, se evaluaron, la resistencia a la corrosión en plano y resistencia a la corrosión en la superficie de extremo de la chapa de acero enchapada, y los resultados se muestran en la Tabla 3.

[0083]

La composición química de la capa enchapada y la estructura metalográfica de la capa enchapada se evaluaron mediante los medios descritos arriba. La fase de Mg_2Si con un eje mayor de 2 μm o más fue objeto de medición. Adicionalmente, una fase de Mg-Si-Zn-Al con un eje mayor de 2 μm o más fue objeto de medición. La fase de Mg_2Si y fase de Mg-Si-Zn-Al medidas tuvieron una relación de aspecto de 2 o más.

[0084]

La resistencia a la corrosión en plano se evaluó como sigue. El material de acero enchapado por inmersión en caliente obtenido se cortó en 100 mm × 50 mm y se sometió a un ensayo de evaluación de resistencia a la corrosión en plano. La resistencia a la corrosión en plano se evaluó mediante el ensayo de aceleración de la corrosión especificado en la JASO-CCT-M609. Luego de 120 ciclos, se comparó la pérdida de corrosión. Los criterios de evaluación fueron los siguientes, y “AAA”, “AA”, y “A” se consideraron aceptables.

[0085]

AAA: Pérdida de corrosión de menos de 50 g/m²

AA: Pérdida de corrosión de 50 g/m² o más y menos de 90 g/m²

A: Pérdida de corrosión de 90 g/m² o más y menos de 120 g/m²

B: Pérdida de corrosión de 120 g/m² o más

[0086]

La resistencia a la corrosión en la superficie de extremo se evaluó sobre la base del estado de generación de óxido rojo de la porción de superficie del extremo cortado cortando la chapa de acero enchapada en una posición arbitraria para exponer la superficie del extremo cortado y sometiendo la superficie del extremo cortado a un ensayo de niebla salina neutra definido en la JIS Z 2371. El criterio de evaluación de la relación de área de óxido rojo se muestran a continuación. “AAA”, “AA”, y “A” se consideraron aceptables.

[0087]

AAA: Relación de área de óxido rojo de 10% o menos en 2,500 h

AA: Relación de área de óxido rojo de 10% o menos en 2,000 h

A: Relación de área de óxido rojo de 20% o menos en 1,500 h

B: Relación de área de óxido rojo de más de 20% en 1,500 h

[0088]

Tal como se muestra en las Tablas 1 a 3, los Ejemplos 1 a 30, y 39 de acuerdo con la presente invención, en los cuales la composición química y la estructura metalográfica de la capa enchapada se controlaron adecuadamente, resultaron excelentes tanto en resistencia a la corrosión en plano y la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo. En los Ejemplos, la cantidad de adherencia para una superficie de la capa enchapada estuvo dentro de un rango de 20 a 150 g/m².

[0089]

El Ejemplo comparativo 31 tiene una cantidad insuficiente de Al en la capa de enchapado. Por lo tanto, en el Ejemplo comparativo 31, el Si se cristalizó, no como una fase de Mg₂Si, sino como una fase Si, y la resistencia a la corrosión en plano fue insuficiente.

[0090]

El Ejemplo comparativo 32 tiene una cantidad excesiva de Al en la capa de enchapado. Por lo tanto, en el Ejemplo comparativo 32, se formó una capa de aleación de interfaz en base a Fe-Al-Si en la interfaz entre la capa enchapada y la chapa de acero, y en ese momento, El Si se consumió en la formación de la capa de aleación de interfaz, de manera tal que la fase de Mg₂Si no se cristalizó en la superficie, y se redujo la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo.

[0091]

En el Ejemplo comparativo 33 tuvo una cantidad insuficiente de Mg en la capa de enchapado. Por lo tanto, en el Ejemplo comparativo 33, El Si se cristalizó, no como una fase de Mg₂Si, sino como una fase Si, y se redujeron tanto la resistencia a la corrosión en plano como la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo.

[0092]

El Ejemplo comparativo 34 tuvo una cantidad excesiva de Mg en la capa de enchapado. Por lo tanto, en el Ejemplo comparativo 34, la nucleación de la fase de Mg₂Si procedió dentro

de la capa de enchapado, la fase de Mg_2Si no se cristalizó en la superficie, y se redujo la resistencia a la corrosión en plano.

[0093]

El Ejemplo comparativo 35 tuvo una excesiva cantidad de Si en la capa de enchapado. Por lo tanto, en el Ejemplo comparativo 35, la nucleación de la fase de Mg_2Si procedió dentro de la capa de enchapado, la fase de Mg_2Si no cristalizó en la superficie, y se redujo tanto la resistencia a la corrosión en plano como la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo.

[0094]

El Ejemplo comparativo 36 tuvo una excesiva cantidad de Ca en la capa de enchapado. Por lo tanto, en el Ejemplo comparativo 36, se produjo una gran cantidad de compuesto que contiene Ca, la fase de Mg_2Si no cristalizó, y se redujo tanto la resistencia a la corrosión en plano así como también la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo.

[0095]

En el Ejemplo comparativo 37, el flujo de gas de enfriamiento desde la temperatura del baño hasta la temperatura de enfriamiento controlada resultó excesivo. Por lo tanto, en el Ejemplo comparativo 37, la nucleación de la fase de Mg_2Si procedió dentro de la capa de enchapado, la fase de Mg_2Si no cristalizó en la superficie, y se redujo tanto la resistencia a la corrosión en plano así como también la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo.

[0096]

En el Ejemplo comparativo 38, el flujo de gas de enfriamiento desde la temperatura de enfriamiento controlada hasta 300°C resultó insuficiente. Por lo tanto, en el Ejemplo comparativo 38, la nucleación de la fase de Mg_2Si procedió dentro de la capa de enchapado, la fase de Mg_2Si no cristalizó en la superficie, y se redujo tanto la resistencia a la corrosión en plano así como también la resistencia a la corrosión en la superficie de extremo.

[0097]

[Tabla 1]

Categoría	No.	Componentes de la capa de enchapado (% en masa) Resto: Zn e impurezas									
		Zn	Al	Mg	Sn	Si	Ca	Ni	Fe	Otros elementos	
										Tipo	Total (%)
Ejemplo	1	Balanc e	10.0	3.0	0	0.01	0	0	0.05	-	-
	2	Balanc e	11	3.0	0.06	0.1	0	0	0.05	Co	0.006
	3	Balanc e	10.0	4.5	0	0.02	0.04	0	0.05	Bi	0.004
	4	Balanc e	10.0	5.0	0	0.06	0	0	0.08	V	0.008
	5	Balanc e	12	5.0	0	0.08	0	0	0.08	Pb	0.03
	6	Balanc e	12	5.0	0	0.08	0	0	0.08	Pb	0.03
	7	Balanc e	12	6.0	0	0.1	0	0	0.1	Sr	0.05
	8	Balanc e	12	6.0	0	0.1	0	0	0.08	-	-
	9	Balanc e	13	5.0	0	0.2	0	0	0.1	Li	0.02
	10	Balanc e	15	5.0	0.06	0.2	0	0	0.2	Ag	0.01
	11	Balanc e	17	5.0	0	0.2	0.04	0.001	0.2	P	0.01
	12	Balanc e	18	6.0	0	0.4	0.04	0	0.2	Mn	0.02
	13	Balanc e	19	6.0	0.2	0.6	0.04	0	0.1	Sb	0.08
	14	Balanc e	19	6.0	0.5	0.2	0.04	0	0.1	-	-
	15	Balanc e	19	6.0	0	0.2	0.04	0	0.1	In	0.02
	16	Balanc e	19	7.0	0	0.2	0.04	0	0.3	-	-
	17	Balanc e	20	10.0	0	0.2	0.05	0	0.1	B	0.01
	18	Balanc e	20	6.0	0	0.1	0.04	0	0.1	Nb	0.01
	19	Balanc e	20	3.0	0	0.2	0.04	0	0.3	-	-
	20	Balanc e	22	6.0	0	0.4	0.04	0	0.1	La	0.02
	21	Balanc e	22	8.0	0	0.7	0.04	0	0.2	Ce	0.02
	22	Balanc e	22	4.0	0	0.1	0.01	0	0.2	Zr	0.01
	23	Balanc e	24	3.0	0	0.1	0	0	0.3	W	0.02
	24	Balanc e	22	4.0	0	0.1	0.01	0.01	0.4	Mo	0.03
	25	Balanc e	22	4.0	0	0.1	0.01	0.01	0.4	-	-
	26	Balanc e	23	8.0	0	0.7	0.04	0	0.6	Ti	0.01

	27	Balanc e	23	8.0	0	0.7	0.04	0	0.6	Ti	0.01
	28	Balanc e	25.0	8.0	0	1.2	0.04	0	1.0	Cu	0.2
	29	Balanc e	24	7.0	0	1.6	0.04	0	1.4	Y	0.02
	30	Balanc e	25.0	8.0	0	2.0	0.04	0	1.3	Cr	0.05
Ejemplo comparativ o	31	Balanc e	<u>6.5</u>	4	0	<u>0</u>	0	0	0.1	-	-
	32	Balanc e	<u>27</u>	7	0	0.1	0	0	0.1	-	-
	33	Balanc e	19	<u>2.6</u>	0	0.2	0.01	0	0.1	-	-
	34	Balanc e	19	<u>11</u>	0	<u>0</u>	0.05	0	0.1	-	-
	35	Balanc e	19	5	0	<u>2.2</u>	0.01	0	0.1	-	-
	36	Balanc e	20	5	0	0.2	<u>0.07</u>	0	0.1	-	-
	37	Balanc e	20	5	0	0.6	0.01	0	0.8	-	-
	38	Balanc e	20	5	0	0.6	0.01	0	0.8	-	-
Ejemplo	39	Balanc e	19	6.0	0	0.2	0.04	0	0.1	-	-

Subrayado significa fuera del rango de la presente invención.

[0098]

[Tabla 2]

Categoría	N.º	Condiciones de fabricación							
		Rugosida d de la chapa original enchapa da Ra (µm)	L_p/L_0 (-)	Temperatu ra del baño (°C)	Temperatu ra de enfriamien to controlada (°C)	Flujo de gas de enfriamiento desde temperatura del baño hasta temperatura de enfriamiento controlada (L/min/m²)	Velocidad de enfriamiento desde temperatura del baño hasta temperatura de enfriamiento controlada (°C/seg)	Flujo de gas de enfriamiento desde temperatura de enfriamiento controlada hasta 300°C (L/min/m²)	Velocidad de enfriamiento desde temperatura de enfriamiento controlada hasta 300°C (°C/seg)
Ejemplo	1	1.1	2.0	460	380	5000	15	10000	10
	2	1.2	1.5	480	400	5000	15	10000	10
	3	2.1	1.6	500	420	5000	15	10000	10
	4	1.1	1.6	500	420	2500	15	10000	10
	5	1.6	1.6	530	450	2000	15	10000	10
	6	3.7	2.6	530	450	2000	15	10000	10
	7	1.8	1.5	530	450	1000	15	10000	10
	8	1.2	1.2	530	450	500	15	10000	10
	9	1.2	1.6	530	450	4000	15	10000	12
	10	1.1	1.6	530	450	4000	15	10000	12
	11	1	1.6	530	450	500	15	10000	12

	12	0.5	1.1	530	450	4000	15	10000	12
	13	1.1	1.2	530	450	4000	15	10000	12
	14	1.6	1.6	530	450	500	15	10000	12
	15	1.6	1.6	530	470	200	15	10000	12
	16	1.5	1.6	530	480	100	15	10000	12
	17	1.1	1.2	590	510	1000	15	10000	12
	18	1.5	1.6	540	460	500	15	10000	12
	19	1.7	1.6	540	460	1000	20	10000	14
	20	1.8	1.6	540	460	500	20	10000	14
	21	1.9	1.6	540	460	500	20	10000	14
	22	1.8	1.6	540	460	5000	20	10000	14
	23	1.7	1.6	560	480	5000	20	10000	14
	24	1.5	1.6	540	460	5000	20	10000	14
	25	1.7	1.6	540	460	5000	20	10000	14
	26	3.6	2.7	550	470	1000	20	10000	14
	27	1.8	1.6	550	470	1000	20	10000	14
	28	1.8	1.6	550	470	900	20	10000	14
	29	2.5	1.6	550	470	800	20	10000	14
	30	1.8	1.6	550	470	500	20	10000	14
Ejemplo comparativo	31	1.5	1.5	450	370	5000	15	10000	10
	32	1.7	1.7	600	520	5000	15	10000	10
	33	1.8	1.5	540	460	5000	15	10000	10
	34	1.7	1.4	540	460	5000	15	10000	10
	35	1.7	1.8	510	430	5000	15	10000	10
	36	1.6	1.3	540	460	5000	15	10000	10
	37	1.7	1.8	520	440	<u>5500</u>	15	10000	10
	38	1.7	1.6	520	440	5000	15	<u>5000</u>	10
Ejemplo	39	1.5	1.6	530	480	100	15	80000	12

Subrayado significa fuera del rango de las condiciones de fabricación preferidas.

[0099]

[Tabla 3]

Categoría	N.º	Estructura superficial de capa de enchapado			Desempeño	
		Fase de Mg ₂ Si	Fase de Mg-Si-Zn-Al	Fase de Mg ₂ Sn	Resistencia a la corrosión en plano	Resistencia a la corrosión en la superficie de extremo
		Densidad numérica (fases/(10000 µm ²))	Densidad numérica (fases/(10000 µm ²))	Presente o ausente		
Ejemplo	1	3	0	Ausente	A	A
	2	5	0	Presente	A	AA
	3	11	3	Ausente	AA	A
	4	15	10	Ausente	AA	AA
	5	21	11	Ausente	AA	AA
	6	14	0	Ausente	A	A
	7	30	12	Ausente	AAA	AAA
	8	67	19	Ausente	AAA	AAA
	9	29	18	Ausente	AA	AA
	10	28	11	Presente	AA	AAA
	11	70	0	Ausente	AAA	AAA
	12	28	24	Ausente	AA	AA

	13	27	21	Presente	AA	AAA
	14	66	17	Presente	AAA	AAA
	15	67	19	Ausente	AAA	AAA
	16	64	14	Ausente	AAA	AAA
	17	25	65	Ausente	AA	AA
	18	78	13	Ausente	AAA	AAA
	19	29	9	Ausente	AA	AA
	20	102	10	Ausente	AAA	AAA
	21	122	18	Ausente	AAA	AAA
	22	14	0	Ausente	A	A
	23	13	1	Ausente	A	A
	24	15	1	Ausente	A	A
	25	14	1	Ausente	A	A
	26	29	2	Ausente	AA	AA
	27	99	28	Ausente	AAA	AAA
	28	102	31	Ausente	AAA	AAA
	29	125	80	Ausente	AA	AAA
	30	150	100	Ausente	AA	AAA
Ejemplo comparativo	31	<u>1</u>	0	Ausente	B	A
	32	<u>0</u>	0	Ausente	AA	B
	33	<u>1</u>	0	Ausente	B	B
	34	<u>0</u>	0	Ausente	B	A
	35	<u>1</u>	0	Ausente	B	B
	36	<u>0</u>	0	Ausente	B	B
	37	<u>0</u>	0	Ausente	B	B
	38	<u>0</u>	0	Ausente	B	B
Ejemplo	39	67	15	Ausente	AAA	AAA

Subrayado significa fuera del rango de la presente invención.

APLICABILIDAD INDUSTRIAL

[0100]

La chapa de acero enchapada de la presente divulgación es excelente tanto en resistencia a la corrosión en plano como en adherencia del revestimiento y, por tanto, de gran aplicabilidad industrial.

LISTA DE SIGNOS DE REFERENCIA

[0101]

1 Chapa de acero enchapada

11 Chapa de acero

12 Capa de enchapado