

[Tipo de Documento] Especificación

[Título de la Invención] ACERO CHAPADO EN CALIENTE

[Campo Técnico de la Invención]

[0001]

La presente invención se relaciona a un acero chapado en caliente.

[Antecedentes del Arte]

[0002]

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

[0003]

Por ejemplo, el Documento de Patente 1 revela un acero chapado que tiene un acero y una capa de revestimiento que incluye una capa de aleación Zn-Al-Mg dispuesta sobre una superficie del acero, en el que la capa de revestimiento tiene una composición química predeterminada, en una imagen de electrones reflejados de la capa de aleación Zn-Al-Mg que se obtiene observando una superficie de la capa de aleación Zn-Al-Mg pulida hasta $\frac{1}{2}$ 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 acumulados de los cristales de Al es de 88 a 195 mm/mm²

[0004]

El Documento de Patente 2 describe una lámina de acero enchapada que tiene una lámina de acero y una capa de revestimiento formada en al menos una parte de una

superficie de la lámina de acero, en la que la composición química de la capa de revestimiento 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 revestimiento en la dirección del espesor, la relación de área de una estructura laminar en la que una fase (Al-Zn) y una fase de $MgZn_2$ están dispuestas en capas es del 10% al 90%, y el espaciamiento laminar de la estructura laminar es 2,5 μm o menos, y la relación de área de las dendritas (Al-Zn) es del 35% o menos.

[Documento Anterior del Arte]

[Documento de Patente]

[0005]

[Documento de Patente 1] Publicación Internacional PCT No. WO
2019/221193

[Documento de Patente 2] Publicación Internacional PCT No. WO
2020/213686

[Divulgación de la Invención]

[Problemas a ser resueltos mediante la invención]

[0006]

En los últimos años, también se requiere que los aceros chapados a base de Zn-Al-Mg por inmersión en caliente tengan 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 adherido a la superficie de una capa de revestimiento por inmersión en caliente se elimina por lavado y el efecto antioxidante del producto de corrosión se ve afectado. Por lo tanto, la resistencia a la corrosión de los aceros bajo agua corriente se

evalúa por medios diferentes a los utilizados para la resistencia a la corrosión normal. Por ejemplo, los materiales que se utilizan como material para las superficies de las paredes de los canales de riego a través de los cuales fluye agua de lluvia, agua industrial y similares en todo momento deben tener una alta resistencia a la corrosión bajo agua corriente.

[0007]

En el arte 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 parte plana se evaluó de acuerdo con JASO M609-91 y, en esta evaluación, se supuso que una solución corrosiva se encontraba en un estado de no circulación. Por lo tanto, en el Documento de Patente 1 no se estudia ni se evalúa la resistencia a la corrosión bajo agua corriente. En el Documento de Patente 2 también se evalúa la resistencia a la corrosión después de pintar en un ambiente sin agua corriente, y no se estudia ni se evalúa la resistencia a la corrosión bajo agua corriente.

Además, como resultado de los estudios, los presentes inventores descubrieron que incluso los aceros normales chapados en caliente a base de Zn-Al-Mg que tienen una alta resistencia a la corrosión, como los descritos en los Documentos de Patente 1 y 2, no pueden considerarse suficientemente resistentes a la corrosión con agua corriente. Por ejemplo, en el Documento de Patente 1, en una temperatura que varía desde una temperatura de inicio de solidificación del revestimiento hasta la temperatura de inicio de la solidificación del revestimiento de - 30°C, el enfriamiento se lleva a cabo a una velocidad de enfriamiento promedio de 12°C/s o menos. Los presentes inventores descubrieron que, en un revestimiento por inmersión en caliente obtenido en tales condiciones de enfriamiento, es probable que la interfaz entre una fase α y la fase de $MgZn_2$ se corroa en un entorno de agua corriente como se describe a continuación.

Además, en el Documento de Patente 2, una hoja original revestida después de detener el enfriamiento controlado se enfría a 335 °C o menos, de modo que la velocidad de enfriamiento promedio sea de 5 °C/seg o menos; sin embargo, en un rango de temperatura de 335°C o inferior, no se lleva a cabo el control del enfriamiento destinado al control de la microestructura de la capa de revestimiento. Los presentes inventores descubrieron que, en un revestimiento por inmersión en caliente obtenido en tales condiciones de enfriamiento, una fase η cristaliza a partir de una fase α , y es probable que se produzca 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 afectada.

[0008]

Además, para mejorar la resistencia a la corrosión de los aceros chapados por inmersión en caliente a base de Zn-Al-Mg, la adición de una alta concentración de Mg al chapado es eficaz; sin embargo, en un caso en el que se ha agregado una concentración tan alta de Mg al chapado, existe otro problema, ya que es probable que se produzca pulverización. La pulverización es un fenómeno en el que una capa de revestimiento por inmersión en caliente se exfolia y se convierte en polvo durante el formado a presión de un acero revestido por inmersión en caliente con Zn-Al-Mg. Para poder utilizar los aceros chapados en caliente a base de Zn-Al-Mg como materiales para una gran variedad de componentes estructurales, también es necesario que sean resistentes a la pulverización.

[0009]

En vista de las circunstancias antedichas, un objeto de la actual invención es proporcionar un acero chapado en caliente que es excelente en términos de resistencia a la pulverización y a la corrosión bajo agua corriente.

[Medios para resolver el problema]

[0010]

La esencia de la presente invención se describe a continuación.

[0011]

(1) Un acero chapado en caliente según un aspecto de la presente invención incluye un acero base y una capa de chapado en caliente dispuesta sobre una superficie del acero base, una composición química de la capa de chapado en caliente contiene, en masa %, Al: 10,00% a 30,00%, Mg: 3,00% a 12,00%, Sn: 0% a 2,00%, Si: 0% a 2,50%, Ca: 0% a 3,00%, Ni: 0% o más y menos de 0,25%, Cr: 0% o más y menos del 0,25%, Ti: 0% o más y menos del 0,25%, Co: 0% o más y menos del 0,25%, V: 0% o más y menos del 0,25%, Nb: 0% o más y menos del 0,25%, Cu: 0% o más y menos del 0,25%, Mn: 0% o más y menos del 0,25%, Bi: 0% o más y menos del 5,000%, In: 0% o más y menos del 2,00%, Y: 0% al 0,50%, La: 0% o más y menos del 0,50%, Ce: 0% o más y menos del 0,50%, Fe: 0% a 5,00%, Sr: 0% o más y menos del 0,50%, Sb: 0% o más y menos del 0,50%, Pb: 0% o más y menos del 0,50%, y B: 0% o más y menos del 0,50%, un resto consiste en Zn e impurezas, una estructura metalográfica de la capa de revestimiento por inmersión en caliente contiene del 5 al 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 revestimiento por inmersión en caliente contiene de 15 a 70 % de área de una fase MgZn_2 , y, 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 $(111)_\alpha // (0001)^{\text{MgZn}_2}$ con la fase MgZn_2 adyacente es de 25 a 100 %.

(2) En el acero chapado en caliente según (1), 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 $(111)_\alpha // (0001)^{\text{MgZn}_2}$ con la fase MgZn_2 adyacente puede ser del 60% al

100%.

(3) En el acero chapado en caliente según (1) o (2), la composición química de la capa de chapado en caliente puede ser, en masa %, Mg: 5,00% a 8,00% y Sn: 0,05% a 2,00%.

[Efecto de la invención]

[0012]

De acuerdo con la presente invención, es posible proporcionar un acero chapado en caliente excelente en términos de resistencia a la pulverización y a la corrosión bajo agua corriente.

[Breve descripción de los dibujos]

[0013]

La FIG. 1 es una vista en sección transversal de un acero chapado en caliente según un aspecto de la presente invención.

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

La FIG. 3 es una vista esquemática de las condiciones de enfriamiento en la fabricación de un acero chapado en caliente según un aspecto de la presente invención.

[Realizaciones de la Invención]

[0014]

Los presentes inventores repitieron los estudios relativos a los medios para mejorar la resistencia a la corrosión bajo agua corriente de aceros chapados por inmersión en caliente. Además, los presentes inventores se centraron en la relación de orientación cristalina entre una fase α y una fase $MgZn_2$ en la superficie de una capa de revestimiento por inmersión en caliente.

[0015]

Una capa de revestimiento por inmersión en caliente compuesta de una aleación basada en Zn-Al-Mg contiene una fase α y una fase MgZn_2 . La fase α es una solución sólida que tiene una estructura cristalina con entramados cúbicos centrados en las caras cuya composición química se compone principalmente de Al y Zn. En caso de que se agregue Mg, Ni, Fe, Sn y similares a la capa de revestimiento como elementos distintos del Al y el Zn, la fase α puede contener un 0,5% o menos de cada uno de estos elementos. La fase α se compone principalmente de Al, por lo que puede pasivarse y tiene el efecto de mejorar la resistencia a la corrosión de la parte plana de la capa de revestimiento. Además, la fase α también tiene una alta deformabilidad plástica atribuida a su estructura cristalina y, por lo tanto, también tiene el efecto de mejorar la resistencia a la pulverización. La fase MgZn_2 es una fase compuesta intermetálica cuya composición química se compone principalmente de Mg y Zn. La fase MgZn_2 es potencialmente base en ambientes corrosivos y por lo tanto tiene resistencia de protección sacrificial a los metales base y mejora la resistencia a la corrosión de la parte plana y la resistencia de protección sacrificial de la capa de revestimiento por inmersión en caliente que convierte un producto corrosivo basado en Zn en una película aislante mediante Mg.

[0016]

Los presentes inventores descubrieron que es probable que la corrosión se produzca en la interfaz entre la fase α y la fase MgZn_2 . El potencial natural de la fase α es superior al potencial natural de la fase MgZn_2 . Por lo tanto, en la interfaz entre la fase α y la fase MgZn_2 se produce corrosión galvánica.

[0017]

En la evaluación convencional de la resistencia a la corrosión de la parte plana en entornos de agua no corriente, la corrosión en la interfaz entre la fase α y la fase

MgZn₂ no se consideraba un problema. La razón de ello es que, en entornos de agua no corriente, un producto de corrosión generado en la interfaz entre la fase α y la fase MgZn₂ se adhiere a la superficie de una capa de revestimiento por inmersión en caliente y presenta un efecto antioxidante. Sin embargo, en entornos de agua corriente en los que el producto de corrosión se elimina de la superficie de una capa de revestimiento por inmersión en caliente, no se puede obtener el efecto antioxidante del producto de corrosión. Por lo tanto, se considera que la corrosión que se produce en la interfaz entre la fase α y la fase MgZn₂ perjudica la resistencia a la corrosión en agua corriente.

[0018]

Además, los presentes inventores descubrieron que la resistencia a la corrosión en la interfaz entre la fase α y la fase MgZn₂ puede mejorarse estableciendo la relación de orientación cristalina entre la fase α y la fase MgZn₂ dentro de un rango específico. Además, los presentes inventores descubrieron que la resistencia a la corrosión bajo agua corriente de los aceros chapados en caliente puede mejorarse al mejorar, además de la resistencia a la corrosión de la parte plana, que se ha enfocado convencionalmente, la resistencia a la corrosión en la interfaz entre la fase α y la fase MgZn₂.

[0019]

A continuación se describirá en detalle un acero chapado en caliente según una realización de la presente invención y un método de fabricación del mismo obtenido a partir de los resultados anteriores. En lo sucesivo, el signo "%" para el contenido de cada elemento en la composición química significa "masa %". El contenido de un elemento en la composición química puede expresarse como una concentración de elemento (por ejemplo, una concentración de Zn, una concentración de Mg o similares). El término "resistencia a la corrosión de la parte plana" se refiere a una propiedad de una capa de revestimiento por inmersión en caliente (específicamente, una capa de

aleación de Zn-Al-Mg) que no se corroe fácilmente. El término "resistencia a la protección de sacrificio" se refiere a la propiedad de suprimir la corrosión de un acero base en partes descubiertas del acero base (por ejemplo, una parte de la cara del extremo cortado de un acero chapado, una parte agrietada en una capa de chapado en caliente durante el procesamiento, y un lugar en el que el acero base queda expuesto debido a la exfoliación de la capa de chapado en caliente). El término "resistencia a la corrosión con agua corriente" se refiere a la propiedad de la capa de revestimiento por inmersión en caliente de no corroerse fácilmente en entornos con agua corriente en los que se lava un producto de corrosión de la superficie del acero revestido. El término "capa de chapado en caliente" se refiere a una capa de chapado fabricada mediante el denominado tratamiento de galvanizado en caliente.

[0020]

Un acero chapado en caliente 1 según 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 chapa de acero. Además, el acero base puede ser, por ejemplo, un acero base formado como una tubería de acero, un material de ingeniería civil y construcción (una valla, una tubería corrugada, una cubierta de drenaje, una placa de prevención de arena voladora, un perno, una malla metálica, una barandilla, un muro de corte o similares), un electrodoméstico (una carcasa de una unidad exterior para acondicionadores de aire o similares) o un componente de vehículo (un miembro de suspensión o similares). La formación es, por ejemplo, una variedad de métodos de procesamiento de deformación como el prensado, el formado por rodillo y el doblado.

[0021]

El material del acero base no está particularmente limitado. Como acero de base, es posible utilizar una variedad de aceros de base, por ejemplo, acero general,

acero pre-chapado, acero Al-desoxidado, acero de ultra bajo carbono, acero de alto carbono, una variedad de aceros de alta resistencia a la tracción, y algunos de los aceros de alta aleación (aceros que contienen un elemento de refuerzo tal como Ni o Cr y similares). Como acero base, puede utilizarse 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 o similares descritos en JIS G 3302:2010. Un método para fabricar la chapa de acero base (un método de laminación en caliente, un método de decapado, un método de laminación en frío o similares), las condiciones específicas de fabricación de la misma, y similares, tampoco están particularmente limitados.

[0022]

El acero de base puede ser un acero pre-chapado que ha sido pre-chapado. El acero pre-chapado puede obtenerse, 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 variedad de composición 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 los iones metálicos de una variedad de composición de chapado previo 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 el acero niquelado.

[0023]

El acero chapado en caliente 1 según la presente realización tiene una capa de chapado en caliente 12 dispuesta sobre la superficie del acero base. La capa de chapado en caliente del acero chapado en caliente según la presente realización se

compone principalmente de una capa de aleación de Zn-Al-Mg debido a una composición química que se describirá más adelante. Además, la capa de revestimiento por inmersión en caliente del acero revestido por inmersión en caliente según 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 revestimiento por inmersión en caliente puede tener una estructura de una sola capa de la capa de aleación de Zn-Al-Mg o puede tener una estructura laminada que incluya la capa de aleación de Zn-Al-Mg y la capa de aleación de Al-Fe.

[0024]

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

[0025]

<Al: 10.00% a 30.00%>

El Al forma una fase α que es una solución sólida con el Zn y contribuye a mejorar la resistencia a la corrosión de la parte plana, la resistencia a la protección sacrificial, la resistencia a la corrosión bajo agua corriente y la practicalidad. Por lo tanto, la concentración de Al se fija en 10,00% o más. La concentración de Al puede fijarse en 11,00% o más, 12,00% o más o 15,00% o más.

Por otra parte, en un caso en el que hay un exceso de Al, α cristaliza antes que MgZn_2 . Además, α crece sin satisfacer una relación de orientación cristalina con una

fase MgZn_2 . Como resultado, no se forma una cantidad suficiente de una estructura que satisfaga la relación de orientación cristalina α/MgZn_2 y, por lo tanto, se deteriora la resistencia a la corrosión bajo agua corriente. Así, la concentración de Al se fija en 30,00% o menos. La concentración de Al puede fijarse en 28,00% o menos, 25,00% o menos o 20,00% o menos.

[0026]

<Mg: 3.00% a 12.00%>

El Mg es un elemento esencial para garantizar la resistencia a la corrosión de la parte plana, la resistencia a la protección sacrificial y la resistencia a la corrosión bajo agua corriente. Por lo tanto, la concentración de Mg se fija en 3,00% o más. La concentración de Mg puede fijarse en 4,00% o más, 5,00% o más o 6,00% o más.

Por otra parte, cuando la concentración de Mg es excesiva, se deteriora la practicalidad, en particular, la propiedad de pulverización. Por lo tanto, la concentración de Mg se fija en 12,00% o menos. La concentración de Mg puede fijarse en 11,00% o menos, 10,00% o menos, 8,00% o menos, menos de 8,00% o 6,00% o menos.

[0027]

<Sn: 0% a 2.00%>

La concentración de Sn puede ser del 0%. Por otra parte, el Sn es un elemento que forma un compuesto intermetálico con el Mg y mejora la resistencia a la protección sacrificial de la capa de revestimiento por inmersión en caliente. Por lo tanto, la concentración de Sn puede fijarse en 0,05% o más, 0,10% o más, 0,20% o más o 0,50% o más.

Sin embargo, cuando la concentración de Sn es excesiva, la resistencia a la corrosión de la parte plana y la resistencia a la corrosión bajo agua corriente se

deterioran. Por lo tanto, la concentración de Sn se establece en 2,00% o menos. La concentración de Sn puede fijarse en 1,80% o menos, 1,50% o menos o 1,20% o menos.

[0028]

<Si: 0% a 2.50%>

La concentración de Si puede ser del 0%. Por cierto, el Si contribuye a mejorar la resistencia a la corrosión de la parte plana y la resistencia a la corrosión bajo agua corriente. Por lo tanto, la concentración de Si puede fijarse en 0,05% o más, 0,10% o más, 0,20% o más o 0,50% o más.

Por otro lado, cuando la concentración de Si es excesiva, la resistencia a la corrosión de la parte plana, la resistencia a la protección sacrificial y la practicalidad se deterioran. Por lo tanto, la concentración de Si se fija en 2,50% o menos. La concentración de Si puede fijarse en 2,40% o menos, 1,80% o menos o 1,20% o menos.

[0029]

<Ca: 0% a 3.00%>

La concentración de Ca puede ser del 0%. Por cierto, el 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 del 0,05% o más, del 0,1% o más o del 0,5% o más.

Por otro lado, cuando la concentración de Ca es excesiva, la resistencia a la corrosión de la parte plana, la resistencia a la corrosión bajo agua corriente y la practicalidad se deterioran. Por lo tanto, la concentración de Ca se fija en 3,00% o menos. La concentración de Ca puede fijarse en 2,40% o menos, 1,80% o menos o 1,20% o menos.

[0030]

<Ni, Cr, Ti, Co, V, Nb, Cu y Mn: 0% o más y menos del 0.25% cada uno>

La concentración de cada uno de Ni, Cr, Ti, Co, V, Nb, Cu y Mn puede ser del 0%. Por cierto, estos contribuyen a mejorar la resistencia a la protección sacrificial. Por lo tanto, la concentración de cada uno de Ni, Cr, Ti, Co, V, Nb, Cu, y Mn puede fijarse en 0,05% o más, 0,08% o más o 0,1% o más.

Por otra parte, cuando la concentración de cada uno de Ni, Cr, Ti, Co, V, Nb, Cu y Mn es excesiva, la resistencia a la corrosión de la parte plana y la resistencia a la corrosión bajo agua corriente se deterioran. Por lo tanto, la concentración de Ni, Cr, Ti, Co, V, Nb, Cu y Mn es inferior al 0,25%. La concentración de cada uno de los elementos Ni, Cr, Ti, Co, V, Nb, Cu y Mn puede establecerse en 0,22% o menos, 0,20% o menos o 0,15% o menos.

[0031]

<Bi: 0% o más y menos de 5.000%>

La concentración de Bi puede ser del 0%. Por cierto, el Bi contribuye a mejorar la resistencia a la protección sacrificial. Por lo tanto, la concentración de Bi puede fijarse en 0,100% o más, 1,000% o más o 3,000% o más.

Por otro lado, cuando la concentración de Bi es excesiva, la resistencia a la corrosión de la parte plana y la resistencia a la corrosión bajo agua corriente se deterioran. Por lo tanto, la concentración de Bi es inferior al 5.000%. La concentración de Bi puede fijarse en 4,800% o menos, 4,500% o menos o 4,000% o menos.

[0032]

<In: 0% o más y menos de 2.00%>

La concentración de In puede ser del 0%. Por cierto, el In contribuye a mejorar la resistencia a la protección sacrificial. Por lo tanto, la concentración de In puede ser del 0,10% o más, del 0,50% o más o del 1,00% o más.

Por otro lado, cuando la concentración de In es excesiva, la resistencia a la corrosión de la parte plana y la resistencia a la corrosión bajo agua corriente se deterioran. Por lo tanto, la concentración de In es inferior al 2,00%. La concentración de In puede ser igual o inferior al 1,80%, igual o inferior al 1,50% o igual o inferior al 1,00%.

[0033]

<Y: 0% a 0.50%>

La concentración de Y puede ser del 0%. Por cierto, Y contribuye a mejorar la resistencia a la protección sacrificial. Por lo tanto, la concentración de Y puede ser de 0,10% o más, 0,15% o más o 0,20% o más.

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

[0034]

<La y Ce: 0% o más y menos de 0.50% cada uno>

La concentración de La y Ce puede ser del 0%. Por cierto, La y Ce contribuyen a mejorar la resistencia a la protección sacrificial. Por lo tanto, la concentración de La y la concentración de Ce puede fijarse 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, la resistencia a la corrosión de la parte plana y la resistencia a la corrosión bajo agua corriente se deterioran. Por lo tanto, la concentración de La y la concentración de Ce se fija cada una en menos del 0,50%. La concentración de La y la concentración de Ce puede fijarse cada una en 0,40% o menos, 0,30% o menos o 0,25%

o menos.

[0035]

<Fe: 0% a 5.00%>

La concentración de Fe puede ser del 0%. Por otra parte, el Fe puede estar contenido en la capa de revestimiento por inmersión en caliente. Se ha confirmado que, cuando la concentración de Fe es del 5,00% o inferior, no hay influencia adversa en el rendimiento de la capa de metalizado por inmersión en caliente. La concentración de Fe puede ser, por ejemplo, igual o superior al 0,05%, igual o superior al 0,10%, igual o superior al 0,50% o igual o superior al 1,00%. La concentración de Fe puede ser, por ejemplo, igual o inferior al 4,00%, igual o inferior al 3,50% o igual o inferior al 3,00%. Dado que hay casos en los que el Fe se incorpora a partir de una chapa de acero base, la concentración de Fe puede ser del 0,05% o más.

[0036]

<Sr, Sb, Pb y B: 0% o más y menos de 0.50% cada uno>

La concentración de Sr, Sb, Pb y B puede ser del 0%. Por cierto, Sr, Sb, Pb y B contribuyen a mejorar la resistencia a la protección sacrificial. Por lo tanto, la concentración de Sr, Sb, Pb y B puede ser igual o superior al 0,05%, igual o superior al 0,10% o igual o superior al 0,15%.

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

[0037]

<Resto: Zn e impurezas>

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

[0038]

La composición química de la capa de revestimiento por inmersión en caliente se mide mediante el siguiente método. En primer lugar, se obtiene una solución ácida exfoliando y disolviendo la capa de revestimiento por inmersión en caliente utilizando un ácido que contiene un inhibidor que suprime la corrosión del acero base. A continuación, la solución ácida obtenida se analiza mediante ICP. Esto permite obtener la composición química de la capa de revestimiento por inmersión en caliente. La especie ácida no está particularmente limitada, siempre que se trate de un ácido capaz de disolver la capa de revestimiento por inmersión en caliente. La composición química que se mide mediante el método descrito anteriormente es la composición química promedio de toda la capa de revestimiento por inmersión en caliente.

[0039]

A continuación, se describirá la estructura metalográfica de la capa de metalizado por inmersión en caliente.

[0040]

<fase α >

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

[0041]

La fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm mejora la resistencia a la corrosión de la parte plana y la resistencia al pulverizado de la capa de revestimiento 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 inferior al 5 % del área, no se pueden obtener estos efectos. Por lo tanto, la cantidad de la fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm se establece en un 5% del área o más. La cantidad de fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm puede establecerse en 6 % del área o más, 8 % del área o más o 10 % del área o más.

Por otra parte, 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 superior al 45% del área, la cantidad de la fase α se vuelve excesiva con respecto a la fase MgZn_2 . Por lo tanto, la fase α crece en un estado de no ser adyacente a la fase MgZn_2 , como resultado, se hace difícil formar una relación de orientación cristalina en la interfaz entre la fase α y la fase MgZn_2 , y la resistencia a la corrosión bajo agua corriente se deteriora. 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% del área o menos. La cantidad de la fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm puede establecerse en 42 % del área o menos, 40 % del área o menos o 35 % del área o menos.

[0042]

Las relaciones de área de una fase α que tiene un diámetro de grano de menos de $0,5\ \mu\text{m}$ y la relación de área de una fase α que tiene un diámetro de grano de más de $2\ \mu\text{m}$ no están particularmente limitadas siempre que la relación de área de la fase α que tiene un diámetro de grano de $0,5$ a $2\ \mu\text{m}$ esté dentro del intervalo descrito anteriormente. En el momento de evaluar la estructura de la capa de revestimiento por inmersión en caliente, se ignoran las relaciones de área de la fase α que tiene un diámetro de grano inferior a $0,5\ \mu\text{m}$ y de la fase α que tiene un diámetro de grano superior a $2\ \mu\text{m}$.

[0043]

<Fase MgZn_2 >

La fase MgZn_2 mejora la resistencia a la corrosión de la parte plana, la resistencia a la corrosión bajo agua corriente y la resistencia al pulverizado de la capa 12 de revestimiento por inmersión en caliente. Sin embargo, en un caso en el que la cantidad de la fase MgZn_2 es inferior al 15% del área, no se pueden obtener estos efectos. Por lo tanto, la cantidad de la fase MgZn_2 se fija en un 15% del área o más. La cantidad de fase MgZn_2 puede establecerse en 18% del área o más, 20% del área o más o 25% del área o más.

Por otro lado, en el caso de que la cantidad de fase MgZn_2 sea superior al 70%, la resistencia a la pulverización del acero chapado en caliente se verá afectada. Esto se debe a que la fase MgZn_2 es frágil. Por lo tanto, la cantidad de fase MgZn_2 se fija en un 70% o menos. La cantidad de fase MgZn_2 puede establecerse en 65% del área o menos, 60% del área o menos o 50% del área o menos.

[0044]

La capa de revestimiento por inmersión en caliente 12 puede contener fases distintas de la fase α y la fase MgZn_2 . Por ejemplo, puede contener la capa de

revestimiento por inmersión en caliente la composición química descrita anteriormente, una fase Mg_2Sn , una estructura eutéctica ternaria $\alpha/\eta/\text{MgZn}_2$, una fase $\eta\text{-Zn}$, una fase Al-Ca-Si , y similares. Siempre que los contenidos de la fase α y de la fase MgZn_2 se encuentren dentro de los rangos anteriormente descritos, es posible garantizar la resistencia a la corrosión bajo agua corriente y la resistencia al pulverizado, por lo que la configuración de fases distintas de la fase α y de la fase MgZn_2 no está particularmente limitada.

[0045]

<Interfaz entre fase α y fase MgZn_2 >

El potencial natural de la fase α es superior al potencial natural de la fase MgZn_2 . Por lo tanto, en la interfaz entre la fase α y la fase MgZn_2 se produce corrosión galvánica. Esto se vuelve 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 del 5 % del área o más. Esto se debe 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 fase α fina que tiene un diámetro de grano de 2 μm o menos. Para mejorar la resistencia a la corrosión bajo agua corriente del acero chapado en caliente, es necesario aumentar la resistencia a la corrosión en la interfaz entre la fase α y la fase MgZn_2 .

[0046]

Por las razones anteriores, en la capa de revestimiento por inmersión en caliente del acero revestido por inmersión en caliente según 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 $(111)_\alpha/(0001)_{\text{MgZn}_2}$ con la fase MgZn_2 adyacente se establece entre el 25% y el 100%. En otras palabras, en la capa de chapado en caliente del acero chapado en caliente según 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 , que se mide en una sección transversal de la capa de revestimiento por inmersión en caliente.

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

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

[0047]

En un caso en el que existe la relación de orientación $(111)_{\alpha} // (0001)_{\text{MgZn}_2}$ entre la fase α y la fase MgZn_2 adyacente a la misma, 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 $(111)_{\alpha} // (0001)_{\text{MgZn}_2}$, es posible suprimir la corrosión en la interfaz de fase y mejorar la resistencia a la corrosión bajo agua corriente. Por esta razón, $A2/A1$ se fija en 0,25 o más. $A2/A1$ puede fijarse en 0,35 o más, 0,50 o más o 0,60 o más. Como $A2/A1$ es preferiblemente lo más alto posible, $A2/A1$ puede ser 1,00. Por otra parte, $A2/A1$ también puede ser 0,95 o menos, 0,90 o menos o 0,85 o menos.

[0048]

A continuación se describe un método para medir la relación del área de la fase α con un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm . La superficie de la capa de revestimiento de una muestra cortada a 30 mm $\times$ 30 mm se ajusta para que sea plana mediante pulido

mecánico. A continuación, la superficie de la capa de revestimiento se pule químicamente mediante pulido coloidal y se pule hasta que esta superficie encaja en un estado de superficie de espejo. La superficie de la capa de revestimiento después del pulido se observa con un microscopio electrónico de barrido (SEM). Concretamente, se captura una imagen de distribución de elementos mediante SEM-EDS a un aumento de 5000 veces. En esta imagen de distribución de elementos, las fases en las que coexisten Al y Zn se especifican como fases α . Una vez especificadas las fases α , se selecciona una fase α con un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm entre las fases α contenidas en el campo visual. Luego, la relación del área de la fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm se calcula mediante binarización para la que se utiliza un software de análisis de imágenes. En el caso de una fase α con forma granular, el diámetro del grano de la fase α se refiere al diámetro del círculo equivalente. Además, en el caso de una fase α de crecimiento dendrítico, 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 dendrita que se miden en una dirección ortogonal a la dirección del eje mayor de la dendrita, como se muestra en la FIG. 2.

[0049]

A continuación se describe un método para medir la relación del área de la fase MgZn_2 . La superficie de la capa de revestimiento de una muestra cortada a 30 mm $\times$ 30 mm se ajusta para que sea plana mediante pulido mecánico. A continuación, la superficie de la capa de revestimiento se pule químicamente mediante pulido coloidal y se pule hasta que esta superficie encaja en un estado de superficie de espejo. La superficie de la capa de revestimiento después del pulido se observa con un microscopio electrónico de barrido (SEM). En concreto, se captura una imagen de distribución de

elementos mediante SEM-EDS a un aumento de 5000 veces. En esta imagen de distribución de elementos, las fases en las que coexisten Mg y Zn se especifican como fases MgZn_2 . Una vez especificadas las fases MgZn_2 , se calcula la proporción de área de las fases MgZn_2 contenidas en el campo visual mediante binarización, para lo cual se utiliza un software de análisis de imágenes.

[0050]

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

En primer lugar, la superficie de la capa de revestimiento se pule a espejo y se pule químicamente según sea necesario. A continuación, la superficie pulida se observa con SEM a un aumento de 5000 veces. Además, se seleccionan cinco campos visuales en los que puede reconocerse visualmente la fase α con un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm en una proporción de área del 5% o superior. El análisis de la orientación de los cristales se lleva a cabo mediante EBSD en estos campos visuales. Además, se obtiene una figura de polos (111) de la fase α y una figura de polos (0001) de la fase MgZn_2 . Se comparan estas figuras de polos y se selecciona una orientación cristalina en la que coinciden las orientaciones de la fase α y la fase MgZn_2 .

Mediante el procedimiento anterior se puede especificar una orientación del cristal en la que coincidan las cifras de los polos de orientación del cristal. Una fase α con una orientación de cristal dentro de $\pm 10^\circ$ de esta orientación de cristal en el sistema de medición se muestra en un mapa IPF. La imagen de este mapa IPF se binariza y se analiza, lo cual permite calcular la relación del área de la fase α con una orientación cristalina de $\pm 10^\circ$ con respecto a la orientación cristalina en la que coinciden las orientaciones de la fase α y la fase MgZn_2 y que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2

μm con respecto a la fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm en los campos visuales observados.

[0051]

Las otras constituciones de la capa de chapado en caliente no están particularmente limitadas siempre que la relación del área de la fase α , la relación del área de la fase MgZn_2 y el estado de la interfaz entre la fase α y la fase MgZn_2 estén dentro de los rangos descritos anteriormente. La configuración de un acero normal chapado en caliente puede adoptarse adecuadamente para la capa de chapado en caliente del acero chapado en caliente según la presente realización. A continuación se describe un ejemplo de configuración preferida de la capa de revestimiento por inmersión en caliente.

[0052]

La cantidad de la capa de revestimiento por inmersión en caliente fijada por superficie se fija preferentemente, por ejemplo, dentro de un intervalo de 20 a 150 g/m^2 . Cuando la cantidad de la capa de chapado en caliente fijada por superficie se establece en 20 g/m^2 o más, es posible mejorar aún más la resistencia a la corrosión bajo agua corriente del acero chapado en caliente. Por otra parte, cuando la cantidad de la capa de chapado en caliente fijada por superficie se establece en 150 g/m^2 o menos, es posible mejorar aún más la practicalidad del acero chapado en caliente.

[0053]

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

[0054]

El método para fabricar un acero chapado por inmersión en caliente según la presente realización incluye

una etapa de inmersión de un acero base en un baño de revestimiento por inmersión en caliente y, a continuación, elevación del acero base para adherir una capa de revestimiento por inmersión en caliente a la superficie del acero base y

una etapa de enfriamiento de la capa de revestimiento por inmersión en caliente, y

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

el primer enfriamiento consiste en enfriar rápidamente la capa de revestimiento por inmersión en caliente inmediatamente después de sacarla del baño de revestimiento por inmersión en caliente hasta una temperatura de parada de enfriamiento rápido de 360°C o superior y 520°C o inferior a una velocidad de enfriamiento de una velocidad promedio de enfriamiento 15 °C/seg o superior,

un segundo enfriamiento consistente en enfriar lentamente la capa de revestimiento por inmersión en caliente desde la temperatura de parada de enfriamiento rápido hasta 335°C a una velocidad de enfriamiento de 5 °C/seg o inferior, y

el tercer enfriamiento consiste en enfriar rápidamente la capa de revestimiento por inmersión en caliente desde 335°C hasta 70°C a una velocidad de enfriamiento de 70 °C/seg o superior.

[0055]

En primer lugar, se sumerge un acero base en un baño de revestimiento por inmersión en caliente. La composición química del baño de inmersión en caliente puede ajustarse adecuadamente para que pueda obtenerse la composición química de la capa de inmersión en caliente descrita antes. Además, la temperatura del baño de revestimiento por inmersión en caliente tampoco está particularmente limitada, y puede

seleccionarse de manera adecuada a una temperatura a la que pueda llevarse a cabo el revestimiento por inmersión en caliente. Por ejemplo, la temperatura del baño de revestimiento puede fijarse en un valor superior al punto de fusión del baño de revestimiento en unos 20°C o más.

[0056]

A continuación, el acero base se levanta del baño de revestimiento por inmersión en caliente. La cantidad de capa de revestimiento adherida puede controlarse regulando la velocidad de elevación del acero base. La cantidad de la capa de revestimiento adherida también puede controlarse limpiando el acero base al que se ha adherido la capa de revestimiento por inmersión en caliente según sea necesario. La cantidad de la capa de revestimiento por inmersión en caliente fijada no está particularmente limitada y puede establecerse, por ejemplo, dentro del intervalo descrito antes.

[0057]

Además, se enfría la capa de revestimiento por inmersión en caliente. El enfriamiento se compone de un primer enfriamiento, un segundo enfriamiento y un tercer enfriamiento.

[0058]

En el primer enfriamiento, el metal fundido (capa de revestimiento por inmersión en caliente) adherido a la superficie del acero base se enfría rápidamente. Concretamente, el metal fundido se enfría de forma acelerada hasta una temperatura de parada de enfriamiento rápido (temperatura de parada de enfriamiento controlada) dentro de un intervalo de temperaturas de 360°C o superior y 520°C o inferior por medios de enfriamiento acelerado, como la pulverización de un medio refrigerante. La temperatura de parada del enfriamiento rápido es la temperatura de la capa de

revestimiento por inmersión en caliente cuando se detiene el enfriamiento acelerado.

La velocidad promedio de enfriamiento en el primer enfriamiento se establece en 15 °C/seg o más rápida. La velocidad promedio de enfriamiento en el primer enfriamiento es un valor obtenido dividiendo la diferencia entre la temperatura del baño de revestimiento y la temperatura de parada del enfriamiento rápido por el tiempo transcurrido desde que se extrae el acero base del baño de revestimiento hasta que se detiene el enfriamiento acelerado.

[0059]

En el segundo enfriamiento, la capa de revestimiento por inmersión en caliente se enfría lentamente. En concreto, la velocidad promedio de enfriamiento en un intervalo de temperatura comprendido entre la temperatura de parada de enfriamiento rápido descrita anteriormente y 335°C se establece en 5 °C/seg o más lenta. La velocidad promedio de enfriamiento en el intervalo de temperaturas comprendido entre la temperatura de parada de enfriamiento rápido y 335°C es un valor obtenido dividiendo la diferencia entre la temperatura de parada de enfriamiento rápido y 335°C por el tiempo necesario para que la temperatura de la capa de revestimiento por inmersión en caliente descienda desde la temperatura de parada de enfriamiento rápido hasta 335°C. La velocidad de enfriamiento descrita anteriormente puede conseguirse, por ejemplo, dejando la capa de revestimiento por inmersión en caliente a la atmósfera después de detener el enfriamiento acelerado. Sin embargo, en un caso en el que la temperatura del aire de un entorno de fabricación sea extremadamente baja, puede ser necesario un tratamiento térmico para disminuir la velocidad de descenso de la temperatura de la capa de revestimiento por inmersión en caliente.

[0060]

En el tercer enfriamiento, la capa de revestimiento por inmersión en caliente se

vuelve a enfriar rápidamente. En concreto, la velocidad promedio de enfriamiento en un intervalo de temperatura de 335°C a 70°C se establece en 70 °C/seg o más rápido. La velocidad promedio de enfriamiento 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 el tiempo necesario para que la temperatura de la capa de revestimiento por inmersión en caliente descienda de 335°C a 70°C. La velocidad de enfriamiento descrita anteriormente puede conseguirse, por ejemplo, enfriando el acero chapado en caliente con agua cuando la temperatura de la capa de chapado en caliente desciende a casi 335°C.

[0061]

Cuando la capa de revestimiento por inmersión en caliente se enfría para satisfacer las condiciones descritas antes, es posible formar una capa de revestimiento por inmersión en caliente en la que la cantidad de la fase α que tiene la relación de orientación $(111)_\alpha // (0001)_{\text{MgZn}_2}$ es del 25% del área o más. Los presentes inventores suponen 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 MgZn_2 cristalicen del metal fundido.

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

En el tercer enfriamiento, la capa de revestimiento por inmersión en caliente que contiene una gran cantidad de la fase α en la que se ha establecido la relación de

orientación $(111)_\alpha // (0001)_{\text{MgZn}_2}$ se vuelve a enfriar rápidamente. Esto permite suprimir la transformación en fase sólida en la que se precipita una fase η a partir de la fase α y conservar la relación de orientación $(111)_\alpha // (0001)_{\text{MgZn}_2}$.

[Ejemplos]

[0062]

El efecto de un aspecto de la presente invención se describirá más específicamente mediante 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 las condiciones. La presente invención es capaz de adoptar una variedad de condiciones dentro del alcance de la esencia de la presente invención, siempre y cuando se logre el objeto de la presente invención.

[0063]

Los aceros base se sumergieron en una variedad de baños de revestimiento por inmersión en caliente y se levantaron para fijar las capas de revestimiento por inmersión en caliente a las superficies de los aceros base y, a continuación, las capas de revestimiento por inmersión en caliente se enfriaron en una variedad de condiciones, fabricando así una variedad de aceros revestidos por inmersión en caliente. Las composiciones químicas de las capas de revestimiento por inmersión en caliente fueron las indicadas en las Tablas 1A y 1B. En el caso de que el contenido de Fe de la capa de revestimiento por inmersión en caliente fuera inferior al 0,05%, en las Tablas 1A y 1B aparece el símbolo "-". 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 revestimiento, y los resultados se muestran en la Tabla 3A y la Tabla 3B. De igual modo, se evaluaron la resistencia al polvo y la resistencia a

la corrosión bajo agua corriente de los aceros chapados en caliente, y los resultados se muestran en las Tablas 4A y 4B.

[0064]

Las composiciones químicas de las capas de galvanizado en caliente y las estructuras metalográficas de las capas de galvanizado en caliente se evaluaron por los medios anteriormente descritos. Algunos de los aceros base fueron pre-galvanizados con Ni antes de ser galvanizados en caliente. La composición de la precapa de Ni se incluye en la composición química de las capas de galvanizado en caliente que se indican en las Tablas 1 y 1B.

[0065]

La resistencia a la pulverización se evaluó luego de la siguiente manera. El acero chapado en caliente se dobló en V a 90° utilizando una matriz con un radio de curvatura de 5 mm, y se presionó una cinta de celofán de 24 mm de ancho contra una porción del valle doblada en V y se despegó de ella. Además, se evaluó visualmente la presencia o ausencia de polvo. Un acero chapado por inmersión en caliente en el que el polvo exfoliante no estaba adherido a la cinta se evaluó como "AA", un acero chapado por inmersión en caliente en el que el polvo exfoliante estaba ligeramente adherido se evaluó como "A", y un acero chapado por inmersión en caliente en el que el polvo exfoliante estaba adherido se evaluó como "B". Los aceros chapados en caliente con un resultado de evaluación A o AA se determinaron como aceros con una excelente resistencia a la exfoliación por pulverización.

[0066]

La resistencia a la corrosión bajo agua corriente se evaluó mediante los siguientes medios. Se produjo una pieza de prueba que tenía 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 pieza de prueba 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 pieza de prueba a agua corriente y una etapa de secado de la pieza de prueba. En la etapa de exponer la pieza de prueba 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 pieza de prueba se dejó reposar durante 18 horas. En ambos pasos, el entorno de prueba se configuró al valor de la atmósfera y la temperatura se mantuvo a 25°C. Luego de transcurridas 336 horas, se midió la pérdida de peso por corrosión por unidad de área de la capa de revestimiento. Una pieza de prueba para la cual la pérdida de peso por corrosión fue de 30 g/m² o menos se evaluó como “AA”, una pieza de prueba para la cual la pérdida de peso por corrosión fue de 60 g/m² o menos se evaluó como “A”, y una pieza de prueba para cuya 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. Según el método de evaluación descrito anteriormente, es posible determinar que los aceros chapados en caliente que tienen alta resistencia a la corrosión bajo agua corriente también tienen una alta resistencia a la corrosión de la parte plana.

[0067] [Tabla 1A]

Clasificación	No.	Componentes de la capa de revestimiento (masa %)									
		Zn	Al	Mg	Sn	Si	Ca	Ni	Fe	Otros elementos	
										Tipo	Total (%)
Ejemplo	a1	Rest	10.00	3.00	0.08	0.05	0.10	0.21	0.10	-	0

Ejemplo	a2	Rest	11.01	3.04	0.08	0.20	0.00	0.19	0.05	Co: 0.01	0.01
Ejemplo	a3	Rest	10.04	5.05	0.08	0.20	0.21	0.10	0.10	Bi: 0.005	0.005
Ejemplo	a4	Rest	12.09	4.96	0.00	0.20	0.00	0.00	-	-	0
Ejemplo	a5	Rest	14.05	6.00	0.08	0.19	0.18	0.19	0.08	Sb: 0.08	0.08
Ejemplo	a6	Rest	16.02	6.09	2.00	0.00	0.00	0.20	0.10	Sr: 0.05	0.05
Ejemplo	a7	Rest	18.99	5.99	0.01	0.22	0.20	0.10	0.10	-	0
Ejemplo	a8	Rest	19.11	6.07	0.05	0.18	0.19	0.22	0.10	Pb: 0.02, In: 0.01	0.03
Ejemplo	a9	Rest	19.24	7.51	0.00	0.17	0.20	0.23	0.15	-	0
Ejemplo	a10	Rest	19.06	11.01	0.15	0.20	3.00	0.10	0.16	V: 0.01	0.01
Ejemplo	a11	Rest	20.01	5.08	0.05	0.22	0.28	0.21	0.10	B: 0.004	0
Ejemplo	a12	Rest	20.11	3.13	0.10	0.80	0.30	0.00	1.30	Nb: 0.02	0
Ejemplo	a13	Rest	20.18	7.70	0.10	0.21	0.31	0.18	0.10	La: 0.01, Ce: 0.01	0.02
Ejemplo	a14	Rest	22.43	8.01	0.10	0.22	0.30	0.20	0.10	Ti: 0.01	0.01
Ejemplo	a15	Rest	24.28	5.42	0.10	0.60	0.33	0.00	0.90	Cu: 0.2	0.2
Ejemplo	a16	Rest	28.87	8.05	0.10	1.29	0.36	0.16	1.41	Y: 0.02	0.02
Ejemplo	a17	Rest	30.00	10.00	0.10	2.50	0.30	0.20	1.30	Cr: 0.05	0.05

[0068]

[Tabla 1B]

Clasificación	No.	Componentes de la capa de revestimiento (masa%)									
		Zn	Al	Mg	Sn	Si	Ca	Ni	Fe	Otros elementos	
										Tipo	Total (%)
Ejemplo comparativo	b1	Rest	<u>5.05</u>	3.02	1.00	0.11	0.00	0.00	0.22	-	0
Ejemplo comparativo	b2	Rest	15.05	<u>2.09</u>	0.70	0.15	0.00	0.00	0.30	-	0
Ejemplo comparativo	b3	Rest	18.88	<u>15.03</u>	0.10	0.09	0.00	0.11	0.12	-	0
Ejemplo comparativo	b4	Rest	19.04	8.06	0.10	<u>3.00</u>	0.00	0.24	0.10	-	0
Ejemplo comparativo	b5	Rest	<u>32.40</u>	8.01	1.00	0.18	0.00	0.00	<u>8.00</u>	-	0
Ejemplo comparativo	b6	Rest	19.04	8.14	1.00	0.00	<u>3.50</u>	0.22	0.08	-	0
Ejemplo comparativo	b7	Rest	19.04	4.22	1.00	0.21	0.18	0.00	0.22	-	0
Ejemplo comparativo	b8	Rest	19.55	4.00	1.00	0.24	0.21	0.19	0.10	-	0
Ejemplo comparativo	b9	Rest	20.10	3.07	0.05	0.20	0.34	0.14	0.08	-	0
Ejemplo comparativo	b10	Rest	15.24	8.09	<u>2.50</u>	0.21	0.30	0.22	0.13	-	0
Ejemplo comparativo	b11	Rest	29.42	<u>2.96</u>	0.05	0.20	0.32	0.00	0.92	-	0
Ejemplo comparativo	b12	Rest	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.

[0069]

[Tabla 2A]

No.	Temperatura del baño de revestimiento	Condiciones de enfriamiento				Cantidad adherida a una sola superficie
		Velocidad de enfriamiento promedio desde la temperatura del baño hasta la temperatura de parada de enfriamiento controlada	Temperatura de parada de enfriamiento controlada	Velocidad de enfriamiento promedio desde la temperatura de parada de enfriamiento controlada hasta 335 °C	Velocidad de enfriamiento a 335°C o menos	
	(°C)	(°C/seg)	(°C)	(°C/seg)	(°C/seg)	(g/m ²)
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

[0070]

[Tabla 2B]

No.	Temperatura del baño de revestimiento	Condiciones de enfriamiento				Cantidad adherida a una sola superficie
		Velocidad de enfriamiento promedio desde la temperatura del baño hasta la temperatura de parada de enfriamiento controlada	Temperatura de parada de enfriamiento controlada	Velocidad de enfriamiento promedio desde la temperatura de parada de enfriamiento controlada hasta 335 °C	Velocidad de enfriamiento a 335°C o menos	
	(°C)	(°C/seg)	(°C)	(°C/seg)	(°C/seg)	(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	<u>6</u>	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 rangos de condiciones de fabricación preferibles.

[0071]

[Tabla 3A]

No.	Prechapado con Ni	Capa de revestimiento		
		Fase α con un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm	Fase MgZn_2	Tasa de fase α con un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm que satisface la relación de orientación del cristal con fase MgZn_2
		(área %)	(área %)	(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

[0072]

[Tabla 3B]

No.	Prechapado con Ni	Capa de revestimiento		
		Fase α con un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm	Fase MgZn_2	Tasa de fase α con un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm que satisface la relación de orientación del cristal con fase MgZn_2
		(área %)	(área %)	(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	<u>7</u>
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.

[0073]

[Tabla 4A]

No.	Resistencia a la pulverización	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

[0074]

[Tabla 4B]

No.	Resistencia a la pulverización	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

[0075]

En el Ejemplo comparativo b1, la cantidad de Al en la capa de revestimiento por inmersión en caliente fue insuficiente. Por lo tanto, en el Ejemplo comparativo b1, la fase α fue insuficiente. Además, dado que el crecimiento del cristal se produjo en un estado en el que la fase α y la Fase MgZn_2 no estuvieron en contacto entre sí, en el Ejemplo comparativo b1, la proporción de la fase α que tenía una relación de orientación cristalina apropiada con la Fase MgZn_2 también fue insuficiente. Como resultado, en el Ejemplo comparativo b1, tanto la resistencia a la pulverización como la resistencia a la corrosión bajo agua corriente fueron insuficientes.

En el Ejemplo comparativo b2, la cantidad de Mg en la capa de revestimiento por inmersión en caliente fue insuficiente. Por lo tanto, en el Ejemplo comparativo b2, la Fase MgZn_2 fue insuficiente. Como resultado, en el Ejemplo comparativo b2, la

resistencia a la corrosión bajo agua corriente fue insuficiente.

En el Ejemplo comparativo b3, la cantidad de Mg en la capa de revestimiento por inmersión en caliente fue excesiva. Por lo tanto, en el Ejemplo comparativo b3, la Fase $MgZn_2$ quebradiza se volvió excesiva y tanto la resistencia a la pulverización como la resistencia a la corrosión bajo agua corriente fueron insuficientes.

En el Ejemplo comparativo b4, la cantidad de Si en la capa de revestimiento por inmersión en caliente fue excesiva. Por lo tanto, se formó una gran cantidad de un compuesto quebradizo a base de Si en la capa de revestimiento por inmersión en caliente del Ejemplo comparativo b3, y tanto la resistencia a la pulverización como la resistencia a la corrosión bajo agua corriente fueron insuficientes.

En el Ejemplo comparativo b5, la cantidad de Al en la capa de revestimiento por inmersión en caliente fue excesiva. Por lo tanto, en el Ejemplo comparativo b5, la cantidad de fase α donde los cristales crecieron en un estado donde la fase α no estuvo en contacto con la Fase $MgZn_2$ aumentó, y la proporción de la fase α que tiene una relación de orientación de cristal apropiada con la Fase $MgZn_2$ se volvió pequeño. Como resultado, en el Ejemplo comparativo b5, la resistencia a la corrosión bajo agua corriente fue insuficiente.

En el Ejemplo comparativo b6, la cantidad de Ca en la capa de revestimiento por inmersión en caliente fue excesiva. Por lo tanto, se formó una gran cantidad de un compuesto quebradizo a base de Ca en la capa de revestimiento por inmersión en caliente del Ejemplo comparativo b6, y tanto la resistencia a la pulverización como la resistencia a la corrosión bajo agua corriente fueron insuficientes.

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 se

produjo en un estado en el que la fase α y la Fase MgZn_2 no estuvieron en contacto entre sí, y la proporción de la fase α que tuvo una relación de orientación cristalina apropiada con la Fase 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 pulverización también fue insuficiente.

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 suficientemente la fase α y la Fase MgZn_2 en un estado de estar en contacto entre sí, y la proporción de la fase α que tuvo una relación de orientación cristalina apropiada con la Fase 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.

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 tuvo una relación de orientación cristalina apropiada con la Fase MgZn_2 fue insuficiente. Como resultado, en el Ejemplo comparativo b9, la resistencia a la corrosión bajo agua corriente fue insuficiente.

En el ejemplo comparativo b10, la cantidad de Sn en la capa de revestimiento por inmersión en caliente fue excesiva. Por lo tanto, en el Ejemplo comparativo b10, se formaron compuestos a base de Sn que tuvieron baja resistencia a la corrosión y la resistencia a la corrosión bajo agua corriente fue insuficiente.

[0076]

Por otra parte, los ejemplos según la presente invención, en los que la

composición química y la estructura metalográfica de la capa de revestimiento por inmersión en caliente se controlaron adecuadamente, fueron excelentes en términos de resistencia a la pulverización y resistencia a la corrosión bajo agua corriente.

[Breve descripción de los símbolos de referencia]

[0077]

1 acero chapado en caliente

11 acero base

12 capa de revestimiento por inmersión en caliente

1. Un acero chapado en caliente que comprende:
una base de acero; y
una capa de revestimiento por inmersión en caliente dispuesta sobre una
superficie del acero base,
en el que una composición química de la capa de revestimiento por inmersión
en caliente es, en masa %,
Al: 10.00% a 30.00%,
Mg: 3.00% a 12.00%,
Sn: 0% a 2.00%,
Si: 0% a 2.50%,
Ca: 0% a 3.00%,
Ni: 0% o más y menos que 0.25%,
Cr: 0% o más y menos que 0.25%,
Ti: 0% o más y menos que 0.25%,
Co: 0% o más y menos que 0.25%,
V: 0% o más y menos que 0.25%,
Nb: 0% o más y menos que 0.25%,
Cu: 0% o más y menos que 0.25%,
Mn: 0% o más y menos que 0.25%,
Bi: 0% o más y menos que 5.000%,
In: 0% o más y menos que 2.00%,
Y: 0% a 0.50%,
La: 0% o más y menos que 0.50%,
Ce: 0% o más y menos que 0.50%,

Fe: 0% a 5.00%,

Sr: 0% o más y menos que 0.50%,

Sb: 0% o más y menos que 0.50%,

Pb: 0% o más y menos que 0.50%, y

B: 0% o más y menos que 0.50%,

el resto está formado por Zn e impurezas,

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

la estructura metalográfica de la capa de revestimiento por inmersión en caliente contiene del 15 al 70% del área de Fase MgZn_2 , y

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

2. El acero chapado en caliente según la reivindicación 1, en el que, entre las fases α que tienen un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm , la relación del área de la fase α que tiene la relación de orientación $(111)_\alpha // (0001)\text{MgZn}_2$ con la Fase MgZn_2 adyacente es del 60% al 100%.

3. El acero chapado en caliente según la reivindicación 1 o 2, en el que la composición química de la capa de revestimiento por inmersión en caliente es en masa %

Mg: 5.00% a 8.00%, y

Sn: 0.05% a 2.00%.

Un acero chapado por inmersión en caliente según un aspecto de la presente invención incluye un acero base y una capa de chapado por inmersión en caliente dispuesta sobre una superficie del acero base, una composición química de la capa de chapado por inmersión en caliente contiene, en masa %, Al: 10,00% a 30,00%, Mg: 3,00% a 12,00%, Sn: 0% a 2,00%, Si: 0% a 2,50%, Ca: 0% a 3,00%, Ni: 0% o más y menos que 0.25 %, Fe: 0 % a 5,00 %, y similares, un resto consiste en Zn e impurezas, una estructura metalográfica de la capa de revestimiento por inmersión en caliente contiene de 5 a 45 % del área de una fase α que tiene un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm , la estructura metalográfica de la capa de revestimiento por inmersión en caliente contiene del 15 al 70% del área de una Fase MgZn_2 y, entre las fases α que tienen un diámetro de grano de 0,5 a 2 μm , una relación de área de una fase α que tiene una relación de orientación $(111)_\alpha // (0001)_{\text{MgZn}_2}$ con la Fase MgZn_2 adyacente es del 25% al 100%.