

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 768 627**

51 Int. Cl.:

**C23C 2/12** (2006.01)

**C23C 2/28** (2006.01)

**C23C 28/00** (2006.01)

**C22C 21/00** (2006.01)

**B32B 15/01** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.04.2014 PCT/JP2014/060910**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.11.2014 WO14181653**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.04.2014 E 14795464 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2019 EP 3000916**

54 Título: **Material de acero revestido con aleación basada en Al que tiene excelente resistencia a la corrosión posrevestimiento**

30 Prioridad:

**07.05.2013 JP 2013097550**

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

**23.06.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**YAMANAKA, SHINTARO;  
MAKI, JUN y  
KUROSAKI, MASAO**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 768 627 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Material de acero revestido con aleación basada en Al que tiene excelente resistencia a la corrosión posrevestimiento

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a un material de acero revestido con aleación basada en Al que tiene una excelente resistencia a la corrosión posrevestimiento.

**Técnica anterior**

10 Se utilizan ampliamente diversos tipos de materiales inoxidables en diversos campos con el fin de reducir la carga medioambiental, reducir el coste de vida útil, y garantizar además la seguridad. Los ejemplos de uso de los mismos incluyen componentes pequeños, tales como componentes electrónicos, electrodomésticos, automóviles, materiales de construcción, y otras estructuras más grandes, tales como instalaciones de infraestructura.

15 Un material de acero revestido es uno de los materiales inoxidables, y especialmente se utiliza a menudo un material de acero revestido con Zn o zincado. Los motivos principales por los que se utiliza a menudo el material de acero revestido con Zn son que tiene un precio relativamente bajo y tiene una acción anticorrosiva de sacrificio sobre una base de hierro, y que la velocidad de corrosión del Zn en un ambiente atmosférico es baja. Los ejemplos de un material de acero revestido distinto al material de acero revestido con Zn incluyen un material de acero revestido con Al o aluminizado. Sin embargo, el material de acero revestido con Al presenta el problema de que no tiene una acción anticorrosiva de sacrificio sobre una base de hierro, debido a que existe una película de revestimiento de óxido sobre una superficie de su capa de revestimiento de Al, y que tiene una mala resistencia a la corrosión posrevestimiento dado que su capacidad de tratamiento de conversión química es insuficiente debido a la existencia de una película de revestimiento de óxido sobre la superficie de la capa de revestimiento de Al. Por otro lado, dado que el propio Al tiene una velocidad de corrosión más baja que Zn, se cree que el intervalo de aplicación se amplía si se puede garantizar la resistencia a la corrosión por ánodo de sacrificio y la resistencia a la corrosión posrevestimiento en la capa de revestimiento de Al.

25 Por lo tanto, se han propuesto técnicas para mejorar la resistencia a la corrosión de una capa de revestimiento de Al. Por ejemplo, el documento de patente japonesa publicado abierto a inspección pública nº 2003-34845 (Documento de patente 1) analiza que, al haber presente del 0,5 al 10 % de Mg en el revestimiento de Al, se genera una cantidad suficiente de una película de revestimiento químicamente convertida, de modo que mejora la resistencia a la corrosión posrevestimiento. Sin embargo, añadir un elemento activo como el Mg al revestimiento de Al aumenta la actividad de la capa de revestimiento de Al propiamente dicha, de modo que la resistencia a la corrosión sin revestimiento (resistencia a la corrosión en un estado no revestido) por el contrario, se deteriora.

30 Además, el documento de patente japonesa publicado abierto a inspección pública nº 2007-302982 (Documento de patente 2) describe que la aplicación de Zn, un compuesto de Zn, o similar sobre una superficie de una capa de revestimiento de Al, mejora la resistencia a la corrosión posrevestimiento. Sin embargo, el efecto de mejorar la resistencia a la corrosión posrevestimiento sigue siendo insuficiente ya que la adherencia de Zn o el compuesto de Zn al revestimiento no es suficiente.

40 El documento de patente EP 2 270 257 A, correspondiente al documento de patente WO 2009/131233 A, describe un método de estampado en caliente para revestir chapas de acero, caracterizado por el calentamiento de chapa de acero revestida en blanco, que comprende una capa de revestimiento de aluminio formada sobre un lado o a ambos lados de la chapa de acero y que contiene al menos Al, y una capa de revestimiento superficial superpuesta sobre una o más capas de revestimiento de aluminio y que contiene ZnO, y formar la chapa de acero revestida calentada por estampación.

45 El documento de patente JP 56-041 364 A describe una capa de revestimiento de aleación de Al obtenida a partir de un baño de aleación que comprende del 3 al 20 % en masa de Sn, Mg y/o Ni. La capa de revestimiento basada en aleación de Al se somete a un primer tratamiento térmico realizado a una temperatura de 750 a 950 °C, en una atmósfera oxidante durante un intervalo de tiempo de 0,5 a 1 h. Se realiza un segundo tratamiento térmico a una temperatura de 950 a 1.350 °C en una atmósfera oxidante durante un intervalo de tiempo de 1 a 3 h. Se forma una capa mixta de ZnO y  $ZnAl_2O_4$  con una estructura espinela.

**Lista de referencias****Documentos de patente**

50 Documento de patente 1: documento de patente japonesa publicado abierto a inspección pública nº 2003-34845.

Documento de patente 2: documento de patente japonesa publicado abierto a inspección pública nº 2007-302982.

## Compendio de la invención

### Problema técnico

5 Teniendo en consideración los problemas anteriormente mencionados, es un objeto de la presente invención proporcionar un material de acero revestido con una aleación basada en Al que tenga resistencia a la corrosión por ánodo de sacrificio y una resistencia a la corrosión posrevestimiento más excelente que los materiales de acero revestidos con Al convencionales.

### Solución al problema

10 Como resultado de los rigurosos estudios llevados a cabo para superar los problemas antes mencionados, los autores de la presente invención han descubierto que es posible obtener un material de acero revestido con una aleación basada en Al que tenga un efecto anticorrosivo de sacrificio y que sea más excelente en la resistencia a la corrosión posrevestimiento que los materiales de acero revestidos con Al convencionales, al proporcionar una capa que contiene ZnO sobre una superficie de una capa de revestimiento de aleación basada en Al, haciendo que Fe y Si estén presentes en la capa de revestimiento de aleación basada en Al, y formando posteriormente una capa de óxido de material compuesto que incluye Zn y Al entre la capa que contiene ZnO y la capa de revestimiento de aleación basada en Al. Las características esenciales de la invención se definen en la reivindicación 1. Preferiblemente, de acuerdo con la reivindicación dependiente 2, el material de acero revestido con aleación basada en Al que tiene una excelente resistencia a la corrosión posrevestimiento de acuerdo con la reivindicación 1, tiene una rugosidad superficial Ra de la capa de revestimiento dentro de un intervalo de no menos de 1  $\mu\text{m}$  ni más de 5  $\mu\text{m}$ .

### Efectos ventajosos de la invención

20 Como se describió anteriormente, de acuerdo con el material de acero revestido con una aleación basada en Al de la presente invención, tiene una resistencia a la corrosión por ánodo de sacrificio, y su resistencia a la corrosión posrevestimiento puede ser aún más mejorada que la de los materiales de acero con revestimiento de Al convencionales. En consecuencia, es aplicable a los electrodomésticos, automóviles, materiales de construcción y estructuras más grandes, tales como las instalaciones de infraestructura y, por lo tanto, su contribución industrial es muy grande.

### Descripción de las realizaciones

30 A continuación, se describirá con detalle una realización de la presente invención. Un material de acero revestido con aleación basada en Al de esta realización incluye un material de acero y una capa de revestimiento formada sobre una superficie del material de acero. La capa de revestimiento incluye: una capa de revestimiento de aleación basada en Al formada sobre la superficie del material de acero; una capa que contiene ZnO y que se forma sobre una superficie de la capa de revestimiento de aleación basada en Al; y una capa de  $\text{ZnAl}_2\text{O}_4$  formada entre la capa de revestimiento de aleación basada en Al y la capa que contiene ZnO. En la descripción de la realización y los ejemplos, la capa que contiene ZnO se denomina "capa que contiene ZnO".

35 La capa de revestimiento de aleación basada en Al debe contener Fe. El Fe tiene un efecto de impartir resistencia a la corrosión por ánodo de sacrificio a la propia capa de revestimiento de aleación basada en Al y un efecto de aumentar la rugosidad superficial de la capa de revestimiento de aleación basada en Al para proporcionar un efecto de anclaje, mejorando así la resistencia a la corrosión posrevestimiento. El contenido de Fe en la capa de revestimiento de aleación basada en Al no debe ser inferior al 10 % ni superior al 50 %, en % en masa. Cuando el contenido de Fe es inferior al 10 %, el efecto de impartir resistencia a la corrosión por ánodo de sacrificio y el efecto de aumentar la rugosidad superficial de la capa de revestimiento de aleación basada en Al son débiles, lo que no es preferible. Además, cuando el contenido de Fe es superior al 50 %, la propia capa de revestimiento de aleación basada en Al se vuelve quebradiza y se vuelve deficiente en la adherencia del revestimiento, lo que no es preferible.

45 Además, en vista de una mejor adherencia del revestimiento, la capa de revestimiento de aleación basada en Al debe contener Si dentro de un intervalo de no menos del 3 % ni más del 15 %, en % en masa, además de Fe. Al hacer que el Si esté presente en la capa de revestimiento de aleación basada en Al, es posible suprimir el crecimiento de una capa de aleación de Fe-Al para mejorar la adherencia del revestimiento. Casualmente, cuando el contenido de Si es inferior al 3 %, este efecto se debilita y, por el contrario, cuando el contenido es superior al 15 %, la adherencia del revestimiento se deteriora.

50 Además, la rugosidad superficial Ra de la capa de revestimiento de aleación basada en Al es preferiblemente no menor de 1  $\mu\text{m}$  ni mayor de 5  $\mu\text{m}$ . La rugosidad superficial Ra es un parámetro de forma superficial definido por la norma JIS B 0601. Cuando la rugosidad superficial Ra es inferior a 1  $\mu\text{m}$ , la resistencia a la corrosión posrevestimiento disminuye debido a un efecto de anclaje insuficiente. En cambio, cuando la rugosidad superficial Ra es superior a 5  $\mu\text{m}$ , las irregularidades se vuelven demasiado grandes, que es la causa de que se genere una variación en el espesor de la película, lo que da lugar al deterioro de la resistencia a la corrosión. Casualmente, en el material de acero revestido con una aleación basada en Al de esta realización, la rugosidad superficial Ra de la capa de revestimiento de aleación basada en Al se refleja en una rugosidad superficial de la capa de revestimiento. Por lo tanto, la rugosidad superficial Ra de la capa de revestimiento se sitúa dentro del intervalo de no menos de 1  $\mu\text{m}$  ni más de 5  $\mu\text{m}$ .

Además, la capa de revestimiento debe tener la capa de  $ZnAl_2O_4$  inmediatamente sobre la capa de revestimiento de aleación basada en Al, es decir, entre la capa que contiene ZnO y la capa de revestimiento de aleación basada en Al. La capa de  $ZnAl_2O_4$  tiene el efecto de fortalecer la adherencia de la capa de revestimiento de aleación basada en Al y el material de acero a la capa que contiene ZnO para mejorar la resistencia a la corrosión posrevestimiento. La capa de  $ZnAl_2O_4$  debe tener un espesor de no menos de  $0,05\ \mu m$  ni más de  $2\ \mu m$ . Cuando el espesor es inferior a  $0,05\ \mu m$ , se debilita el efecto de aumentar la adherencia para mejorar la resistencia a la corrosión posrevestimiento. Además, cuando el espesor es superior a  $2\ \mu m$ , la capa de  $ZnAl_2O_4$  se vuelve quebradiza para despegarse fácilmente. Cabe señalar que el espesor de la capa de  $ZnAl_2O_4$  se puede medir de manera que, después de cortar una sección arbitraria de la capa de revestimiento de aleación basada en Al de esta realización, se entierre en una resina y se pula, y esta sección arbitraria se observa con un microscopio electrónico de barrido.

El material de acero revestido con aleación basada en Al debe tener la capa que contiene ZnO sobre su superficie superior. La capa que contiene ZnO tiene el efecto de impartir capacidad de tratamiento de conversión química, y también sirve como fuente de suministro de Zn para formar la capa de  $ZnAl_2O_4$  que es necesaria para mejorar la resistencia a la corrosión del material de acero revestido con aleación de Al de esta realización. No se especifica particularmente una cantidad de la capa que contiene ZnO, pero cuando una cantidad de Zn de la capa que contiene ZnO es inferior a  $0,4\ g/m^2$ , se hace difícil que se forme una cantidad suficiente de la capa de  $ZnAl_2O_4$ . Por otro lado, cuando la cantidad de Zn es superior a  $5\ g/m^2$ , la capa de  $ZnAl_2O_4$  disminuye en adherencia a la capa de revestimiento de aleación basada en Al que se desprende o es probable que se deteriore la soldabilidad. Por lo tanto, la cantidad de la capa que contiene ZnO es preferiblemente una cantidad de manera que la cantidad de Zn no llegue a ser inferior a  $0,4\ g/m^2$  ni superior a  $5\ g/m^2$ .

Un componente, una forma, y demás del material de acero, que es un material base del material de acero revestido con una aleación basada en Al, no están limitados en absoluto. El componente puede ser un material de acero suave, o puede ser un material de acero que contiene un elemento de refuerzo como Si o Mn. Además, la forma puede ser una chapa delgada, una chapa gruesa, una tubería de acero, una sección de acero, o un moldeado.

A continuación, se describirá un método para fabricar el material de acero revestido con una aleación basada en Al de esta realización que tiene una excelente resistencia a la corrosión posrevestimiento.

El método de fabricación del material de acero revestido con una aleación basada en Al de esta realización incluye: una etapa de formar la capa de revestimiento de aleación basada en Al sobre el material de acero; una etapa de formar la capa que contiene ZnO sobre la superficie de (inmediatamente sobre) la capa de revestimiento de aleación basada en Al; y una etapa de formar la capa de  $ZnAl_2O_4$  entre la capa de revestimiento de aleación basada en Al y la capa que contiene ZnO.

A continuación, se describirán las etapas.

(Etapas para la formación de una capa de revestimiento de aleación basada en Al)

Como método de formación de la capa de revestimiento de aleación basada en Al, se puede emplear la inmersión en caliente convencionalmente utilizada o similares. Además, un tipo de inmersión en caliente puede ser cualquiera de un proceso de equilibrio redox, un proceso de oxidación total, un proceso de oxidación interna, un proceso de flujo, un proceso de revestimiento previo y similares. Con el fin de hacer que el Fe esté presente en la capa de revestimiento de aleación basada en Al, el Fe se pueda mezclar previamente en un baño de revestimiento de aleación basada en Al que contenga Si, o después de aplicar el revestimiento de aleación basada en Al que contiene Si, el Fe presente en el material de acero se puede difundir en la capa de revestimiento de aleación basada en Al calentando el material de acero. Una cantidad de deposición de la capa de revestimiento de aleación basada en Al es preferiblemente no inferior a  $30\ g/m^2$  ni superior a  $200\ g/m^2$  por superficie. Cuando la cantidad de deposición es inferior a  $30\ g/m^2$ , la resistencia a la corrosión se vuelve bastante mala, y cuando supera los  $200\ g/m^2$ , existe la preocupación de que se desprenda el revestimiento.

Con el fin de que la rugosidad superficial Ra de la capa de revestimiento de aleación basada en Al no sea inferior a  $1\ \mu m$  ni superior a  $5\ \mu m$ , el material de acero sobre el que se forma la capa de revestimiento de aleación basada en Al se calienta a no menos de  $850\ ^\circ C$  ni a más de  $10\ ^\circ C$  en una región no inferior a  $600\ ^\circ C$  ni superior a  $1.000\ ^\circ C$ , a una velocidad de calentamiento de  $1\ ^\circ C/segundo$  o superior e inferior a  $50\ ^\circ C/segundo$ . Alternativamente, para que la rugosidad superficial Ra de la capa de revestimiento de aleación basada en Al no sea inferior a  $1\ \mu m$  ni superior a  $5\ \mu m$ , se puede controlar la rugosidad superficial Ra de la superficie del material de acero sobre la cual aún no se ha formado la capa de revestimiento de aleación basada en Al. Sin embargo, el método para controlar la rugosidad superficial Ra de la superficie del material de acero comprende la posibilidad de que la rugosidad superficial Ra de la capa de revestimiento de aleación basada en Al varíe dependiendo de la cantidad de deposición de revestimiento. Por lo tanto, es preferible el método de controlar la rugosidad superficial Ra de la capa de revestimiento de aleación basada en Al mediante calentamiento. Como se describió anteriormente, la rugosidad superficial Ra es el parámetro de forma superficial definido por la norma JIS B 0601. Además, no se especifica particularmente un método para medir y evaluar la rugosidad superficial Ra, y se puede usar cualquier método convencional y generalmente utilizado y, por ejemplo, se puede utilizar el método definido por la norma JIS B 0633.

Además, en el procedimiento de calentamiento cuando se controla la rugosidad superficial Ra, se puede realizar simultáneamente la difusión de Fe en la capa de revestimiento de aleación basada en Al.

(Etapa para la formación de la capa que contiene ZnO)

5 Un ejemplo de un método de formar la capa que contiene ZnO es un método en el que se prepara un líquido de revestimiento mezclando un aglutinante orgánico predeterminado en una suspensión que contiene ZnO, y el líquido de revestimiento se aplica sobre la superficie de la capa de revestimiento de aleación basada en Al. Como la suspensión que contiene ZnO, se utiliza preferiblemente una en la que se dispersa un polvo de ZnO en un medio de dispersión tal como agua. Además, los ejemplos del aglutinante orgánico predeterminado son una resina a base de poliuretano, una resina a base de poliéster, una resina acrílica, y un agente de acoplamiento de silano. Asimismo, la sílice se puede incluir en los componentes aglutinantes orgánicos. Estos aglutinantes orgánicos son preferiblemente  
10 solubles en agua para que se puedan mezclar con la suspensión de ZnO. El líquido de revestimiento así obtenido se aplica sobre la superficie de la capa de revestimiento de aleación basada en Al y se seca.

Como otro método, se puede utilizar un método en el que se aplica un polvo de ZnO o un polvo que contenga un contenido en sólidos tal como un aglutinante orgánico predeterminado mediante un método de revestimiento en polvo.

15 El contenido total de los componentes aglutinantes orgánicos antes mencionados es deseablemente de aproximadamente 5 a 30 %, en relación de masa con respecto a ZnO. Cuando el contenido de los componentes aglutinantes es inferior al 5 % en la relación de masa, no se puede obtener un efecto aglutinante suficiente y, en consecuencia, es probable que se despegue la película aplicada. Con el fin de obtener de manera estable el efecto aglutinante, el contenido de los componentes aglutinantes es más preferiblemente del 10 % o superior, en relación de  
20 masa. Por otro lado, cuando el contenido de los componentes aglutinantes es superior al 30 % en relación de masa, se genera un olor de manera perceptible en el momento del calentamiento, lo que no es preferible.

(Etapa para la formación de la capa de  $ZnAl_2O_4$ )

Para formar la capa de  $ZnAl_2O_4$  entre la capa que contiene ZnO y la capa de revestimiento de aleación basada en Al, primero se forma la capa que contiene ZnO sobre la superficie de la capa de revestimiento de aleación basada en Al.  
25 Posteriormente, lo obtenido se calienta en un intervalo de 600 °C o inferior a una velocidad de calentamiento entre 25 °C/segundo o superior y 100 °C/segundo o inferior en una atmósfera de aire, se calienta en un intervalo entre 600 °C o superior y 1.000 °C o inferior a una velocidad de calentamiento entre 1 °C/segundo o superior y 50 °C/segundo o inferior, y se somete a un calentamiento cuya temperatura final está dentro de un intervalo no inferior a 850 °C ni superior a 1.000 °C. Es decir, la velocidad de calentamiento puede variar teniendo 600 °C como límite. Posteriormente,  
30 se realiza una etapa de enfriamiento por aire o una etapa de enfriamiento a una velocidad igual a, o mayor que, la del enfriamiento por aire.

Por lo tanto, teniendo 600 °C como límite, pueden variar la velocidad de calentamiento para el intervalo de temperatura de 600 °C o inferior y la velocidad de calentamiento para el intervalo de temperatura superior a 600 °C. Mediante esta  
35 etapa, el ZnO reacciona con Al en la capa de revestimiento de aleación basada en Al, de modo que la capa de  $ZnAl_2O_4$  se forma entre Al en la capa de revestimiento de aleación basada en Al y la capa que contiene ZnO. Además, según dicha etapa, es posible que la capa de  $ZnAl_2O_4$  formada tenga un espesor deseado no inferior a 0,05 µm ni superior a 2 µm. Casualmente, el motivo por el cual se forma la capa de  $ZnAl_2O_4$  con el espesor predeterminado mediante dicha etapa no está claro, pero un posible motivo es la siguiente.

Específicamente, en el intervalo de 600 °C o inferior, cuando la velocidad de calentamiento es inferior a 25 °C/segundo, la propia capa de revestimiento de aleación basada en Al se oxida excesivamente, y cuando la velocidad de calentamiento es superior a 100 °C/segundo, el aglutinante orgánico se quema insuficientemente quedando restos en la superficie de la capa de revestimiento de aleación basada en Al.

En consecuencia, la reacción con ZnO mediante este calentamiento se vuelve insuficiente, por lo que no se genera la capa de  $ZnAl_2O_4$  de manera suficiente. Por otro lado, en el intervalo superior a 600 °C, cuando la velocidad de calentamiento es inferior a 1 °C/segundo, la capa de  $ZnAl_2O_4$  se genera en exceso y, en consecuencia, se vuelve frágil pudiéndose despegar fácilmente, y cuando la velocidad de calentamiento es de 50 °C/segundo o superior, la capa de  $ZnAl_2O_4$  no se genera de manera suficiente, lo que da lugar a una baja resistencia a la corrosión. Se cree que un motivo por el cual 600 °C es, por lo tanto, un punto de cambio de la velocidad de calentamiento está asociado con el hecho de que la formación de la capa de  $ZnAl_2O_4$  está influenciada por un estado superficial de la capa de  
50 revestimiento de aleación basada en Al hasta los 600 °C, y la formación de la capa de  $ZnAl_2O_4$  progresa especialmente cuando la temperatura supera los 600 °C. Otro posible motivo es que, al cambiar la velocidad de calentamiento a 600 °C, se forma una grieta diminuta en la superficie de la capa de revestimiento de aleación basada en Al moderadamente generada, de modo que se promueve la formación del  $ZnAl_2O_4$ . Casualmente, en esta realización, las velocidades de calentamiento para el intervalo de 600 °C o inferior y para el intervalo entre 600 °C o superior y 1.000 °C o inferior  
55 incluyen el intervalo entre 25 °C/segundo o superior y 50 °C/segundo o inferior. Sin embargo, incluso cuando el calentamiento se realiza a una velocidad de calentamiento dentro de este intervalo superpuesto, pueden variar la velocidad de calentamiento para el intervalo de 600 °C o inferior y la velocidad de calentamiento para el intervalo entre 600 °C o superior y 1.000 °C o inferior. En este caso, la velocidad de calentamiento para el intervalo entre 600 °C o

superior y 1.000 °C o inferior es preferiblemente menor que la velocidad de calentamiento para el intervalo de 600 °C o inferior. Además, este procedimiento de calentamiento también puede servir como el procedimiento de calentamiento para controlar la rugosidad superficial Ra de la capa de revestimiento de aleación basada en Al y el procedimiento de calentamiento para difundir Fe en la capa de revestimiento de aleación basada en Al.

- 5 Casualmente, la capa de revestimiento de aleación basada en Al se oxida preferiblemente calentando en la atmósfera antes de que se forme la capa que contiene ZnO. Como procedimiento de calentamiento, por ejemplo, se puede emplear un procedimiento de calentamiento de la capa de revestimiento de aleación basada en Al a una temperatura de 300 a 600 °C durante un intervalo de tiempo de 30 segundos a 10 minutos bajo una atmósfera de aire. Al realizar dicho procedimiento de calentamiento, se forma una cantidad suficiente de una película de revestimiento de  $ZnAl_2O_4$  sobre la superficie de la capa de revestimiento de aleación basada en Al, de modo que una reacción de la capa de  $Al_2O_3$  + la capa que contiene ZnO  $\rightarrow ZnAl_2O_4$  progresa más fácilmente. Este procedimiento de calentamiento también puede servir como el procedimiento de calentamiento para controlar la rugosidad superficial Ra de la capa de revestimiento de aleación basada en Al y el procedimiento de calentamiento para difundir Fe en la capa de revestimiento de aleación basada en Al.
- 10
- 15 Como se ha descrito hasta ahora, según el material de acero revestido con aleación basada en Al de esta realización, su resistencia a la corrosión posrevestimiento se puede mejorar mucho más que la de los materiales de acero revestidos con Al convencionales, debido al efecto anticorrosivo de sacrificio de Zn. Además, debido a la presencia de la capa de  $ZnAl_2O_4$ , se puede mejorar la trabajabilidad.

### Ejemplos

- 20 A continuación, se describirán con detalle ejemplos de la presente invención.

Primero, se formaron capas de revestimiento de aleación basada en Al sobre materiales de acero laminado en frío con un espesor de chapa de 1,2 mm que tienen los componentes especificados en la Tabla 1 mediante un método de inmersión en caliente. La Tabla 1 es una tabla que presenta los componentes, distintos del Fe, de los materiales de acero laminados en frío. Se realizó la inmersión en caliente en una línea de tipo horno no oxidante - horno reductor.

25 Luego, después del revestimiento, se ajustó una cantidad de deposición de revestimiento a 40 g/m<sup>2</sup> por superficie mediante un método de limpieza con gas. A partir de ahí, los productos resultantes se enfriaron y se sometieron a un tratamiento para obtener un nulo defecto en forma de estrella. La composición de un baño de revestimiento se ajustó a Al -10 % de Si y la temperatura del baño de revestimiento se ajustó a 660 °C.

Tabla 1

(% en masa)							
C	Si	Mn	P	S	Ti	B	Al
0,22	0,12	1,25	0,01	0,005	0,02	0,003	0,04

Se aplicó un líquido de revestimiento en el que se mezclaron una suspensión de ZnO y un aglutinante que incluía una resina a base de uretano sobre las superficies de las capas de revestimiento de aleación basada en Al así producidas mediante revestimiento por rodillo, y los productos resultantes se calentaron hasta aproximadamente 80 °C para que se secaran. Cabe señalar que se ajustó al 20 % la relación de masa de la resina a base de uretano con respecto a ZnO. Se ajustó la cantidad de aplicación del líquido de revestimiento para que la cantidad de Zn llegara a ser de 1,0 g/m<sup>2</sup>. Posteriormente, se calentaron en las condiciones presentadas en la Tabla 2 y se enfriaron con aire en una atmósfera de aire, por lo que el Fe se difundió por las capas de revestimiento de aleación basada en Al y también se formaron capas de  $ZnAl_2O_4$  entre las capas que contenían ZnO y las capas de revestimiento de aleación basada en Al. A continuación, se evaluaron la resistencia a la corrosión posrevestimiento y la trabajabilidad como ejemplos de rendimiento de materiales de acero revestido con aleación basada en Al mediante los siguientes métodos.

(Resistencia a la corrosión posrevestimiento)

Los materiales de acero revestidos con aleación basada en Al producidos se cortaron cada uno a un tamaño de 70 X 150 mm, por lo que se obtuvieron las muestras. Luego, después de que las muestras producidas se sometieran a un desengrasado alcalino, se sometieron a un tratamiento de conversión química por PALBOND SX35 (fabricado por Nihon Parkerizing Co., Ltd.), siguiendo las instrucciones del fabricante, y posteriormente se aplicó una pintura de electrodeposición catiónica (POWERNICS 110: fabricada por NIPPON PAINT Co., Ltd.) con un espesor de 15 µm, y se cortaron de forma cruzada. Después, estas muestras se sometieron a un ensayo de 300 ciclos por el método M610 definido por la Organización Japonesa de Estándares del Automóvil (JASO, por sus siglas en inglés). Se evaluó la resistencia a la corrosión posrevestimiento basándose en los siguientes criterios. 1 indica rechazo, y 2 y 3 indican aceptación.

(Hinchamiento de la película de revestimiento)

1: superior a 0,5 mm

2: de 0,2 a 0,5 mm

3: inferior a 0,2 mm

5 (Trabajabilidad)

Los materiales de acero revestidos con aleación basada en Al producidos se cortaron cada uno a un tamaño de 30 X 70 mm, y se sometieron a un ensayo de flexión a 90 grados con un radio de curvatura de 1 mm. Posteriormente, se doblaron hacia atrás, se pegaron cintas adhesivas en las porciones dobladas y se midieron los anchos de pelado del revestimiento después de despegar las cintas adhesivas. Se evaluó la viabilidad basándose en los siguientes criterios.

10 1 indica rechazo, y 2 y 3 indican aceptación.

(Ancho de pelado del revestimiento o de la película de revestimiento)

1: superior a 5,0 mm

2: de 2,0 a 5,0 mm

3: inferior a 2,0 mm

15 Los resultados se presentan en la Tabla 2. Los resultados han demostrado que los ejemplos que se sitúan dentro de los intervalos de la presente invención son buenos, tanto en trabajabilidad como en resistencia a la corrosión posrevestimiento, pero los ejemplos comparativos que se sitúan fuera de los intervalos de la presente invención son deficientes en trabajabilidad o en resistencia a la corrosión posrevestimiento.

Tabla 2

Nº	Capa de revestimiento de aleación basada en Al				Condición de calentamiento después del revestimiento				Espesor de la capa de ZnAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (µm)	Rendimiento		Observaciones
	Fe concentrado sobre/en el revestimiento (%)	Si concentrado sobre/en el revestimiento (%)	Temperatura del baño de revestimiento (°C)	Cantidad de deposición de revestimiento por superficie (g/m <sup>2</sup> )	Ra (µm)	Velocidad de calentamiento (600 °C o inferior (°C/s)	Velocidad de calentamiento (entre 600 °C o superior y 1.000 °C o inferior) (°C/s)	Temperatura de calentamiento (°C)		Trabajabilidad	Resistencia a la corrosión por revestimiento	
1	<u>8</u>	10	660	42	3,1	70	30	900	0,5	3	1	Ejemplo comparativo
2	40	1	660	42	3,2	65	30	900	0,6	1	2	Ejemplo comparativo
3	<u>8</u>	1	660	41	2,5	60	28	900	0,5	1	1	Ejemplo comparativo
4	15	10	660	43	2,4	65	29	900	0,7	3	2	Ejemplo
5	28	10	660	44	2,5	68	30	900	0,6	3	2	Ejemplo
6	39	10	660	42	3,1	71	28	900	0,5	3	3	Ejemplo
7	48	10	660	41	2,9	70	27	900	0,6	2	3	Ejemplo
8	<u>55</u>	10	660	42	2,2	75	30	900	0,5	1	2	Ejemplo comparativo
9	40	<u>25</u>	660	43	2,8	77	28	900	0,6	1	2	Ejemplo comparativo
10	<u>55</u>	<u>25</u>	660	42	2,2	75	30	900	0,5	1	3	Ejemplo comparativo
11	39	10	660	42	0,6	75	33	900	0,7	3	2	Ejemplo
12	40	11	660	40	1,2	78	34	900	0,7	3	2	Ejemplo
13	41	9	660	41	2,3	75	34	900	0,8	3	3	Ejemplo
14	42	10	660	42	3,4	50	13	900	1,2	3	3	Ejemplo
15	40	9	660	40	4,8	75	30	850	0,7	3	2	Ejemplo
16	41	10	660	40	5,8	35	10	800	1,1	3	2	Ejemplo
17	41	11	660	42	5	<u>120</u>	38	<u>650</u>	<u>0.02</u>	3	1	Ejemplo comparativo
18	42	10	660	43	3,1	90	35	900	0,1	3	2	Ejemplo
19	45	10	660	42	3,1	85	34	900	0,5	3	3	Ejemplo
20	43	11	660	43	3,1	55	34	900	1,1	3	3	Ejemplo
21	42	10	660	44	3,3	26	35	950	1,8	2	3	Ejemplo
22	41	9	660	42	3,4	20	5	<u>1.200</u>	<u>2.6</u>	1	3	Ejemplo comparativo
23	43	10	660	15	0,2	65	25	950	0,8	3	2	Ejemplo
24	43	10	660	35	1,2	60	25	950	0,9	3	3	Ejemplo
25	39	11	660	60	3,2	58	24	950	0,7	3	3	Ejemplo
26	42	10	660	190	3,8	61	25	950	0,8	3	3	Ejemplo
27	41	9	660	250	4,5	62	23	950	0,8	2	3	Ejemplo
28	43	10	660	41	3,2	<u>10</u>	25	950	<u>0.01</u>	3	1	Ejemplo comparativo
29	45	10	660	42	3,1	<u>120</u>	25	950	<u>0.02</u>	3	1	Ejemplo comparativo
30	44	10	660	42	3,2	58	<u>0.8</u>	950	<u>3.1</u>	1	3	Ejemplo comparativo
31	45	10	660	42	3,1	61	<u>55</u>	950	<u>0.04</u>	3	1	Ejemplo comparativo
32	43	9	660	43	3,3	<u>40</u>	<u>40</u>	950	<u>0.04</u>	2	1	Ejemplo comparativo

5 Como se observa en los ejemplos comparativos n<sup>os</sup> 30, 31, cuando la velocidad de calentamiento de un intervalo de temperatura entre 600 °C o superior y 1.000 °C o inferior está dentro de un intervalo entre 1 °C/segundo o superior y 50 °C/segundo o inferior, la resistencia a la corrosión posrevestimiento es baja. Además, como se observa en los ejemplos comparativos n<sup>os</sup> 28, 29, cuando la velocidad de calentamiento de un intervalo de temperatura de 600 °C o inferior no está dentro de un intervalo entre 25 °C/segundo o superior y 100 °C/segundo o inferior, la resistencia a la corrosión posrevestimiento es baja. Asimismo, el n<sup>o</sup> 32 es un resultado obtenido cuando el calentamiento se realizó sin cambiar la velocidad de calentamiento y muestra ser deficiente en resistencia a la corrosión posrevestimiento. Un posible motivo para esto es que no se forma una capa de ZnAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> con un espesor no inferior a 0,05 µm ni superior a 2 µm entre la capa que contiene ZnO y la capa de revestimiento de aleación basada en Al debido a que las condiciones de calentamiento después de aplicar el revestimiento se sitúan fuera de los intervalos de la presente invención.

10 Hasta ahora, se han descrito la realización preferida y los ejemplos de la presente invención, pero la presente invención no se limita a estas realizaciones, y se pueden realizar diversas modificaciones y cambios dentro del alcance de su espíritu.

#### **Aplicabilidad industrial**

15 Como se describió anteriormente, según el material de acero revestido con aleación basada en Al de la presente invención, su resistencia a la corrosión posrevestimiento se puede mejorar mucho más que la de los materiales de acero revestido con Al convencionales y, por lo tanto, es aplicable a electrodomésticos, automóviles, materiales de construcción y, además, grandes estructuras, tales como instalaciones de infraestructura, siendo su contribución industrial muy grande.

20

**REIVINDICACIONES**

1. Un material de acero revestido con aleación basada en Al que tiene una excelente resistencia a la corrosión posrevestimiento, comprendiendo el material de acero revestido con aleación basada en Al:
- 5 un material de acero y una capa de revestimiento formada sobre una superficie del material de acero, en donde la capa de revestimiento comprende:
- una capa de revestimiento de aleación basada en Al formada sobre la superficie del material de acero;
- una capa que contiene ZnO y que se forma sobre una superficie de la capa de revestimiento de aleación basada en Al; y
- 10 una capa de  $ZnAl_2O_4$  con un espesor no inferior a  $0,05\ \mu m$  ni superior a  $2\ \mu m$ , formada entre la capa de revestimiento de aleación basada en Al y la capa que contiene ZnO; y
- en donde la capa de revestimiento de aleación basada en Al contiene, en % en masa, no menos del 10 % ni más del 50 % de Fe y no menos del 3 % ni más del 15 % de Si; y
- en donde la capa de  $ZnAl_2O_4$  está presente inmediatamente sobre la capa de revestimiento de aleación basada en Al;
- 15 y en donde la capa que contiene ZnO está sobre la superficie superior del material de acero revestido con aleación basada en Al.
2. El material de acero revestido con aleación basada en Al que tiene una excelente resistencia a la corrosión posrevestimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la rugosidad superficial Ra de la capa de revestimiento está dentro de un intervalo no inferior a  $1\ \mu m$  ni superior a  $5\ \mu m$ .