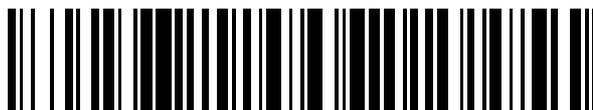


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 483 969**

51 Int. Cl.:

C23C 2/06 (2006.01)

C23C 2/26 (2006.01)

C23C 2/28 (2006.01)

C23C 2/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.08.2000 E 09164717 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.07.2014 EP 2108712**

54 Título: **Material de acero recubierto con aleación de Zn-Al-Mg-Si muy resistente a la corrosión y proceso para su producción**

30 Prioridad:

09.08.1999 JP 22502399
19.07.2000 JP 2000218318

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

08.08.2014

73 Titular/es:

NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (50.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071 , JP y
NIPPON STEEL & SUMIKIN COATED SHEET CORPORATION (50.0%)

72 Inventor/es:

KUROSAKI, MASAO;
MAKI, JUN;
MORIMOTO, YASUHIDE;
NISHIMURA, KAZUMI y
GOTO, OSAMU

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 483 969 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 recubierto con aleación de Zn-Al-Mg-Si muy resistente a la corrosión y proceso para su producción

La presente invención se refiere a un material muy resistente a la corrosión de acero recubierto con una aleación de Al-Zn-Mg-Si y a un proceso para su producción.

5 El recubrimiento de superficies de acero para mejorar su resistencia a la corrosión es ampliamente conocido en la técnica anterior y actualmente se producen en cantidad materiales con recubrimientos de Zn. Incluso se han propuesto recubrimientos con aleaciones de Zn-Al como medio de mejorar más la resistencia a la corrosión. Este recubrimiento con aleación de Zn-Al ha sido propuesto en la patente japonesa número 617.971. Específicamente, dicha patente describe un recubrimiento con una aleación que comprende 25-75% de Al, un contenido de Si de 0,5%
10 o más del contenido de Al y consistiendo el resto sustancialmente en Zn. Esta aleación de Zn-Al exhibe excelente resistencia a la corrosión así como adherencia satisfactoria a chapas de acero y una apariencia exterior atractiva. Los recubrimientos con esta aleación de Zn-Al proporcionan una resistencia a la corrosión especialmente excelente en comparación con recubrimientos convencionales de Zn.

15 Sin embargo, la situación actual es que cuando se cortan chapas de acero recubierto con Zn-Al fabricadas de esta manera, la resistencia a la corrosión exhibida en los bordes cortados es insuficiente. Esto sucede porque, aunque la corrosión de las secciones de la chapa de acero expuestas en los bordes cortados se evita por el efecto de protección sacrificial del Zn, el componente Zn se pierde de las secciones segregadas de Zn de la capa del recubrimiento de aleación de Zn-Al, disminuyendo así la resistencia a la corrosión. También, cuando la capa de recubrimiento se recubre a su vez con pintura o con una película de plástico, el producto de corrosión resultante de la corrosión selectiva de Zn se acumula creando ampollas en la película o la denominada deformación de los bordes
20 y reduciendo así notablemente el valor del producto.

25 Como medio de mejorar la resistencia a la corrosión de los bordes cortados en recubrimientos pintados de aleaciones de Zn-Al, la patente japonesa número 1.330.504 describe un recubrimiento con una aleación que contiene 0,01-1,0% de Mg en una capa de la aleación de Zn-Al y, aunque se exhibe un ligero efecto, la técnica no proporciona una solución completa al problema de corrosión en los bordes. Una técnica similar se describe en el documento JP-B-3-21627, que se corresponde con el EP-A-0106021 y que describe un recubrimiento que comprende 3-20% de Mg, 3-15% de Si y el resto de Al y Zn con una proporción de Al/Zn de 1-1,5, y que se caracteriza por tener una estructura con cristales dendríticos ricos en Al así como cristales dendríticos ricos en Zn y una fase de un compuesto intermetálico que comprende Mg_2Si , $MgZn_2$, SiO_2 y $Mg_{32}(Al,Zn)_{49}$.

30 Los resultados de experimentos realizados por los presentes inventores han revelado que, aunque chapas de acero recubiertas con recubrimientos descritos en la técnica anterior exhiben a veces una resistencia a la corrosión sumamente mejor que chapas de acero recubiertas con aleaciones de Zn-Al que no contienen Mg ni Si, la aptitud de mecanización de los recubrimientos difiere dependiendo del contenido de Mg y Si y de la proporción, forma y tamaño de la fase de Mg_2Si depositado, de modo que hay una variación considerable en cuanto a resistencia a la corrosión.
35 Particularmente en lo referente al tamaño de la fase de Mg_2Si , el tamaño observado difiere también dependiendo del método de observar la estructura y especialmente del ángulo de embutición de la muestra cuando se observa la composición de la sección transversal, habiéndose encontrado que es importante realizar la medición del tamaño por un método más preciso cuando se controla el tamaño.

40 También se ha encontrado que si el contenido de la fase de Mg_2Si depositado se mantiene por encima de cierto valor, incluso fuera del intervalo descrito en la técnica anterior antes mencionada, existe un intervalo en el que la resistencia a la corrosión se mejora considerablemente en comparación con la de chapas de acero recubiertas de Zn-Al convencionales.

45 Otro ejemplo de la técnica anterior de controlar la cantidad de fase de Mg_2Si en la capa de recubrimiento se encuentra en la patente de Estados Unidos número 3.026.606, que describe una técnica con la que se controla la fase de Mg_2Si en la capa del recubrimiento de Al en un intervalo de 4-25% y se minimiza el espesor de la fase de la aleación producida en la interfaz entre la capa de recubrimiento y el sustrato de hierro. Sin embargo, la fase de Mg_2Si no se utiliza como medio para mejorar la resistencia a la corrosión.

50 La presente invención proporciona una chapa muy resistente a la corrosión de un acero recubierto con una aleación de Zn-Al-Mg-Si, que tiene un contenido controlado de Mg y Si añadidos a un recubrimiento basado en Zn-Al y una cantidad depositada y forma de deposición controladas de la fase de Mg_2Si , que exhibe un efecto de mejora de la resistencia a la corrosión, así como un proceso para su producción.

55 Como resultado de investigaciones diligentes dirigidas a resolver los problemas antes descritos, los presentes inventores han completado la presente invención después de encontrar que, añadiendo Mg y Si en un intervalo apropiado a una aleación de Zn-Al y controlando la estructura de ésta, es posible proporcionar un recubrimiento con dicha aleación no sólo con resistencia a la corrosión sin pintar sino también con excepcional resistencia a la deformación en los bordes de las secciones de bordes cortados después de pintar, que no se había conseguido con la técnica anterior.

El objeto anterior se puede conseguir por las características especificadas en las reivindicaciones.

A continuación se describe la invención en detalle conjuntamente con los dibujos, en los que:

la figura 1 muestra la sección transversal de un ejemplo de estructura pulimentada con una inclinación de 5° de una chapa de acero recubierta, con una fase de Mg_2Si voluminoso en la capa de recubrimiento,

5 la figura 2 muestra un ejemplo de la estructura de la sección transversal pulimentada con una inclinación de 5° de una chapa de acero recubierta, con una fase de Mg_2Si escamoso en la capa de recubrimiento,

la figura 3 muestra la sección transversal de un ejemplo de estructura pulimentada perpendicularmente de una chapa de acero recubierta, con una fase de Mg_2Si voluminoso en la capa de recubrimiento, y

10 la figura 4 muestra la sección transversal de un ejemplo de estructura pulimentada perpendicularmente de una chapa de acero recubierta, con una fase de Mg_2Si escamoso en la capa de recubrimiento.

La capa de recubrimiento basada en una aleación de Al-Zn-Mg-Si de acuerdo con la invención se caracteriza por tener una estructura de aleación específica, pero primero se explicará la composición básica de recubrimiento de la chapa de acero recubierta. El Mg en la fase de recubrimiento proporciona un efecto de mejora de la resistencia a la corrosión del material de acero recubierto. La adición de Mg en una cantidad de 0,5% o mayor (en toda la presente memoria, los porcentajes dados para la adición de elementos en la composición de la aleación son porcentajes en peso, salvo que se especifique lo contrario) proporciona un efecto de mejora de la resistencia a la corrosión en medios salinos pero, para exhibir una resistencia estable a la corrosión y evitar eficazmente deformación de los bordes después de aplicar una pintura incluso en medios expuestos a la atmósfera exterior, es necesario añadir 1% o más.

20 Aunque la resistencia a la corrosión se mejora aumentando la adición de Mg, el efecto de mejora de la resistencia a la corrosión se satura con la adición de Mg en una cantidad superior al 5% si el contenido de Si en la capa de recubrimiento es menor que 3%. Se cree que la razón de esto es que cuando el contenido de Mg es menor que 5%, el Mg añadido se deposita en forma de fase de Mg_2Si escamoso pero, cuando el contenido de Mg es superior a 5%, se deposita en forma de fase de Mg_2Zn o de Mg_2Zn_{11} .

25 Por otro lado, si el contenido de Si en la capa de recubrimiento es 3% o más, no se espera que una adición de Mg menor que 3% exhiba efecto inhibitor de la corrosión debido a la presencia de una monofase de Si libre. La deposición de una fase de Mg_2Si voluminoso se inicia cuando la adición de Mg es 3% o más y un nuevo incremento de la adición de Mg mejora la resistencia a la corrosión. Sin embargo, cuando la cantidad de Mg añadido se incrementa aún más, la viscosidad del baño aumenta gradualmente perjudicando la aptitud de mecanización. Si la cantidad de Mg añadido es superior al 10%, se incrementa demasiado la fase de Mg_2Si voluminoso depositado incrementándose también el espesor de la capa de aleación de Fe-Al difícilmente mecanizable en la interfaz con el sustrato de hierro hasta el punto de perjudicar notablemente la aptitud de mecanización, originando menor resistencia a la corrosión.

35 Considerando estos factores, la cantidad de adición de Mg es por lo menos 1% y menor que 5% cuando el contenido de silicio es menor que 3%, y por lo menos 3% y menor que 10% cuando el contenido de Si es 3% o más.

40 Con respecto al Si en la fase de recubrimiento, si se añade en una cantidad menor que 0,5% se produce una capa gruesa de aleación de Fe-Al en la interfaz entre el sustrato de hierro y la fase de recubrimiento y, durante la mecanización, se inducen grietas en el recubrimiento haciendo así imposible conseguir suficiente aptitud de mecanización. Este fenómeno se produce con independencia de la cantidad de Mg añadido y, por lo tanto, la cantidad de Si añadido debe ser por lo menos 0,5%.

45 Si se añade Si en una cantidad de 3% o más cuando la adición de Mg es menor que 3%, se deposita una fase de Si libre, perjudicando así la aptitud de mecanización y reduciendo significativamente la resistencia a la corrosión. Por otro lado, cuando la adición de Mg es 3% o más, incrementando la adición de Si se origina mayor deposición de la fase de Mg_2Si voluminoso y mayor resistencia a la corrosión. Sin embargo, la adición de Si en una cantidad de 10% o más reduce la resistencia a la corrosión.

50 Por estas razones, existen dos intervalos apropiados para la adición de Mg y Si, siendo el intervalo en el que la adición de Si es por lo menos 0,5% y menor que 3% y la adición de Mg es por lo menos 1% y menor que 5% el intervalo en el que se deposita una fase Mg_2Si escamoso. El otro es el intervalo en el que la adición de Si es por lo menos 3% y menor que 10% y la adición de Mg es por lo menos 3% y menor que 10%; en este intervalo se depositan fases de Mg_2Si voluminoso y escamoso.

55 Investigaciones intensas realizadas por los presentes inventores sobre la proporción de Al/Zn en la capa de recubrimiento han revelado que el efecto de mejora de la resistencia a la corrosión de la fase de Mg_2Si es más notable cuando la proporción de Al/Zn es mayor. Cuando la proporción de Al/Zn es menor que 0,89 la resistencia a la corrosión no alcanza la de la chapa de acero recubierta de Zn-Al que contiene 25-75% de Al propuesta en la patente japonesa número 617.971 incluso si se deposita una fase de Mg_2Si . Cuando la proporción de Al/Zn es

superior a 2,75, se incrementa la temperatura del baño de recubrimiento y se impide la operación. Por estas consideraciones, se ha determinado que la proporción de Al/Zn en la capa de recubrimiento debe ser 0,89-2,75.

Volviendo ahora a la estructura metálica de la capa de recubrimiento, las figuras 1 y 2 ilustran esquemáticamente la estructura de una capa de recubrimiento observada después de pulimentar la capa de recubrimiento con una inclinación de 5°. En la figura 1 la fase dendrítica 1 rica en Al mostrada en blanco es una fase que ha crecido de manera dendrítica y contiene realmente cantidades pequeñas de Zn, Mg, Si y Fe en solución sólida. La fase dendrítica 2 rica en Zn mostrada en las regiones rayadas también es una fase que ha crecido de manera dendrítica y contiene realmente cantidades pequeñas de Al, Mg, Si y Fe en solución sólida. La fase 3 de Mg₂Si voluminoso es una fase depositada que ha sido depositada con formas poligonales y tamaños de aproximadamente unas pocas decenas de micrómetros y esta fase se produce durante el proceso inicial de agregación del recubrimiento. También hay estructuras dispersas y depositadas de MgZn₂ o Mg₂Zn₁₁ como compuestos intermetálicos basados en Zn-Mg, indicadas con el número de referencia 4 y que tienen formas que llenan los huecos entre estas fases y una fase de Mg₂Si escamoso indicada con el número de referencia 5.

La figura 2 es un caso de acuerdo con la presente invención y difiere de la figura 1 sólo en que no está presente la fase 3 de Mg₂Si voluminoso.

Por otro lado, las figuras 3 y 4 muestran los resultados de observar la estructura después de pulimentar la misma muestra perpendicularmente a su superficie. Las fases depositadas correspondientes a números en los dibujos son las mismas de las figuras 1 y 2. El número de referencia 6 es una capa de aleación basada en Fe-Al y el número de referencia 7 es el sustrato de acero. En la figura 3 en la que hay depositada una fase de Mg₂Si voluminoso, el tamaño es menor que en la figura 1 observado después de pulimentar con una inclinación de 5° con respecto a la dirección horizontal y sólo se puede ver la forma local. Esto es porque aunque se deposite la fase de Mg₂Si voluminoso en estado de placas poligonales que se extienden en la dirección horizontal del recubrimiento como fase solidificada inicial, sólo una porción muy pequeña de ella se puede observar cuando el corte es en la dirección perpendicular por pulimentado perpendicular. En algunos casos, el tamaño que puede ser confirmado con pulimentado con inclinación de 5° alcanza 10 o más veces el tamaño que puede ser confirmado con pulimentado perpendicular. Igualmente, la fase de Mg₂Si depositado en forma escamosa también difiere considerablemente en el tamaño observable dependiendo del ángulo de pulimentado. Esto es porque la fase de Mg₂Si escamoso se deposita de manera no continua en los huecos entre las fases dendríticas ricas en Al y Zn depositadas de forma dendrítica como cristales primarios.

Así, para determinar con exactitud la forma y tamaño de los depósitos es necesario realizar el pulimentado con un ángulo lo más próximo posible a la horizontal a la superficie del recubrimiento y un aspecto importante de la presente invención es que se comprobó que las propiedades del recubrimiento se pueden determinar basándose en el tamaño de la fase de Mg₂Si determinado con exactitud de esta manera.

Como resultado de muchas investigaciones realizadas por los presentes inventores sobre el ángulo de pulimentado se encontró que si se mantiene un ángulo de 5° con respecto a la dirección horizontal, el tamaño de los depósitos que se puede confirmar es aproximadamente el mismo que por pulimentado horizontal y que el tamaño se puede confirmar de forma continua desde la capa de la superficie del recubrimiento hasta la sección del sustrato de hierro.

A continuación se describen las formas de la fase de Mg₂Si medidas por este método.

La fase de Mg₂Si voluminoso se caracteriza porque la relación del diámetro menor al diámetro mayor es 0,4 o más mientras que la fase de Mg₂Si escamoso se caracteriza porque la relación del diámetro menor al diámetro mayor es menor que 0,4.

Cuando las cantidades de adición de Mg y Si son bajas, la fase de Mg₂Si se deposita en forma escamosa. Cuando las cantidades de adición de Mg y Si son superiores al 3%, se produce simultáneamente deposición de una fase de Mg₂Si voluminoso. La deposición de una fase de Mg₂Si voluminoso es más satisfactoria desde el punto de vista de resistencia a la corrosión pero, en este caso, se perderá el estrellado característico del recubrimiento basado en Zn-Al. Se puede hacer la selección dependiendo de la necesidad de estrellado y del nivel de resistencia a la corrosión requerido.

Con respecto al tamaño de la fase de Mg₂Si voluminoso, si el valor medio del diámetro mayor es superior a 50 µm las partículas actúan como origen de grietas, disminuyendo así la aptitud de mecanización. En particular, la deposición de partículas de tamaño superior a 100 µm induce desconchado del recubrimiento y, por lo tanto, es necesario controlar la proporción de partículas de tamaño superior a 100 µm en la fase de Mg₂Si voluminoso depositado a no más del 10%. Con respecto también a la fase de Mg₂Si escamoso, se debe controlar el valor medio del diámetro mayor a no más de 50 µm para asegurar una aptitud apropiada de mecanización. La fase de Mg₂Si escamoso no inducirá desconchado del recubrimiento incluso si se depositan partículas de tamaño superior a 100 µm pero se puede asegurar suficiente aptitud de mecanización siempre que se controle el valor medio a no más de 50 µm.

El tamaño de la fase de Mg₂Si depositado está afectado predominantemente por la velocidad de enfriamiento después del recubrimiento por inmersión en caliente, y garantizando una velocidad de enfriamiento de por lo menos

10°C/segundo se permitirá controlar que el valor medio del diámetro mayor tanto de la forma voluminosa como de la forma escamosa sea no mayor que 50 μm . La velocidad de enfriamiento se puede incrementar controlando el gramaje de recubrimiento con una boquilla de lavado después del recubrimiento y realizando después el enfriamiento soplando aire o un gas inerte, como nitrógeno. También se puede soplar una niebla de agua para incrementar más la velocidad de enfriamiento. El límite inferior del tamaño de la fase de Mg_2Si no está limitado particularmente pero, para una operación normal con producción a una velocidad de enfriamiento máxima de 50°C/segundo, lo más común es una deposición con un tamaño de aproximadamente unos pocos micrómetros y, por lo tanto, se establece 3 μm como límite inferior.

Para mejorar suficientemente la resistencia a la corrosión, el contenido de la fase de Mg_2Si escamoso es preferiblemente por lo menos 3% referido a la proporción superficial observada con un pulimentado con una inclinación de 5°. La deposición de una fase de Mg_2Si voluminoso mejora más la resistencia a la corrosión y, en particular, es importante que la proporción de la fase de Mg_2Si voluminoso con respecto a la fase de Mg_2Si total sea mayor que 1%. Por otro lado, si la proporción de la superficie total de la fase de Mg_2Si voluminoso y de la fase de Mg_2Si escamoso es superior a 30%, se perjudica notablemente la aptitud de mecanización y, por lo tanto, el límite superior es 30%.

El recubrimiento de aleación de Zn-Al-Mg-Si de acuerdo con la presente invención se caracteriza porque comprende uno o más de los siguientes elementos: In 0,1-1,0%; Sn 0,1-10,0%; Ca 0,01-0,5%; Be 0,01-0,2%; Ti 0,01-0,2%; Cu 0,1-1,0%; Ni 0,01-0,2%; Co 0,01-0,3%; Cr 0,01-0,2%; Mn 0,01-0,5%; Fe 0,01-3,0% y Sr 0,01-0,5%. La finalidad de añadir uno o más elementos seleccionados de In, Sn, Ca, Be, Ti, Cu, Ni, Co, Cr, Mn, Fe y Sr es mejorar más la resistencia del recubrimiento a la corrosión porque se cree que la adición de estos elementos promueve más la pasivación de la película producida sobre la superficie del recubrimiento. El efecto de mejora de la resistencia a la corrosión se presenta cuando se añaden In, Sn, Ca, Be, Ti, Cu, Ni, Co, Cr, Mn, Fe y Sr en una cantidad de por lo menos 0,01, 0,1, 0,01, 0,01, 0,01, 0,1, 0,01, 0,01, 0,01, 0,01, 0,01 y 0,01% en peso, respectivamente. Por otro lado, si las cantidades añadidas son demasiado grandes se produce, después del recubrimiento, una apariencia rugosa con generación de defectos exteriores debidos, por ejemplo, a escoria, adherencia de óxidos, etc. y, por lo tanto, los límites superiores de adición de cada uno de los elementos In, Sn, Ca, Be, Ti, Cu, Ni, Co, Cr, Mn, Fe y Sr son 1,0, 10,0, 0,5, 0,2, 0,2, 1,0, 0,2, 0,3, 0,2, 0,5, 3,0 y 0,5% en peso, respectivamente.

Como pretratamiento antes del recubrimiento se puede realizar un prerrecubrimiento, en cuyo caso se producirá en la interfaz entre la capa de recubrimiento y el sustrato de hierro una fase de prerrecubrimiento que comprende uno o más elementos seleccionados de Ni, Co, Zn, Sn, Fe y Cu. También se puede formar una fase de un compuesto intermetálico por reacción de la capa del prerrecubrimiento y el sustrato de hierro y el metal del recubrimiento. También se puede originar una fase mixta de la fase del prerrecubrimiento y la fase del compuesto intermetálico. Cualquiera de estas situaciones es aceptable porque no impide el objetivo de la presente invención. La disolución o dispersión del prerrecubrimiento en el baño de recubrimiento puede originar que los componentes del prerrecubrimiento estén presentes en la capa de recubrimiento pero esto no impide el objetivo de la presente invención. En particular, cuando se aplica este recubrimiento a chapas de acero laminadas en caliente, etc. con la finalidad de mejorar la adherencia del recubrimiento, es eficaz realizar un prerrecubrimiento con Ni a un gramaje de aproximadamente 0,5-1 g/m^2 .

Preferiblemente el gramaje del recubrimiento es aproximadamente 20-130 g/m^2 por cara. En términos generales, un incremento del gramaje es ventajoso para la resistencia a la corrosión e inconveniente para la aptitud de mecanización y soldeo. Por lo tanto, el gramaje preferido diferirá dependiendo de la finalidad de uso pero el gramaje es preferiblemente menor para piezas de automóviles que requieren excelente aptitud de mecanización y soldeo y el gramaje es preferiblemente mayor para materiales de construcción y aplicaciones eléctricas domésticas en las que la aptitud de mecanización y soldeo no son requisitos importantes.

También se puede aplicar a la superficie superior de la capa de recubrimiento una película de postratamiento, como una película de tratamiento químico o una película de resina. Esto puede proporcionar un efecto de mejora de la aptitud de soldeo, adherencia del recubrimiento, resistencia a la corrosión, etc. La película de tratamiento químico o la película de resina pueden contener uno o más elementos seleccionados de Si, C y P. Películas posibles incluyen películas basadas en sílice-ácido crómico, películas basadas en sílice-ácido fosfórico y películas basadas en resinas de sílice, empleándose tipos de resinas usadas ampliamente, como resinas acrílicas, de melamina, polietileno, poliéster, fluoradas, alquídicas, poliéster-silicona y uretano. El espesor de esta película no está limitado particularmente pudiendo ser aproximadamente 0,5-20 μm . Por supuesto el postratamiento se puede aplicar como tratamiento de cromado o como tratamiento con una solución inhibidora que no contenga cromo.

A continuación se explicarán los componentes del acero usado como sustrato. No hay restricciones particulares en cuanto a los componentes del acero y el efecto de mejora de la resistencia a la corrosión se consigue con cualquier tipo de acero. El acero puede ser acero IF (acero sin intersticios), acero Al-k (acero calmado con aluminio), acero que contiene Cr, acero inoxidable, acero de alta tensión, etc., con adición de Ti, Nb, B, etc. El acero Al-k y el acero inoxidable se prefieren para materiales de construcción, el acero Ti-IF se prefiere para tuberías de gases de escape, el acero Al-k se prefiere para aplicaciones eléctricas y el acero IF con B añadido se prefiere para depósitos de combustibles.

La temperatura del baño de recubrimiento no debe ser menor que 500°C para evitar un aumento de la viscosidad de la solución de recubrimiento y dificultar así la operación. Por otro lado, una temperatura superior a 650°C incrementa el espesor de la capa de aleación producida en la interfaz de acero/recubrimiento, deteriorando así la aptitud de mecanización y la resistencia a la corrosión y promoviendo también pérdida de disolución del equipo de recubrimiento.

Ejemplos

Ejemplo 1 y ejemplo comparativo 1

Como material para formar mediante inmersión en caliente un recubrimiento de Zn-Al-Mg-Si se usó una chapa de acero laminada en frío (espesor de la chapa: 0,8 mm) sometida a laminación en caliente y laminación en frío ordinarias. El recubrimiento se realizó usando una línea del tipo de horno no oxidante/horno reductor y el gramaje del recubrimiento se ajustó lavando con gas después del recubrimiento, seguido de enfriamiento y tratamiento de estrellado cero. La composición del baño de recubrimiento se varió para producir materiales de ensayo cuyas propiedades se investigaron. El hierro estaba presente en el baño en una cantidad de aproximadamente 1-2% como impureza inevitable aportada de la máquina de laminar y tiras en el baño. La temperatura del baño fue 600-650°C. La chapa obtenida de acero recubierto se destinó a formación de flejes y a medición de la composición y gramaje del recubrimiento por métodos de análisis químicos y se observó la estructura del recubrimiento con microscopio óptico después de pulimentar con una inclinación de 5°. La resistencia a la corrosión y la aptitud de mecanización y soldeo se evaluaron por los siguientes métodos. Los resultados se indican en la tabla 1.

(1) Evaluación de la resistencia a la corrosión

(i) Resistencia a la corrosión por sal

Se sometió durante 30 días una muestra de ensayo de 70 x 150 mm de dimensiones a un ensayo de rociado con sal de acuerdo con JIS Z2371 y, después de eliminar por lavado el producto de la corrosión, se midió la pérdida por corrosión. Los valores de la pérdida por corrosión se expresan por cara recubierta.

Escala de evaluación:

- ⊖ Pérdida por corrosión $\leq 5 \text{ g/m}^2$
- Pérdida por corrosión $< 10 \text{ g/m}^2$
- △ Pérdida por corrosión $10\text{-}25 \text{ g/m}^2$
- × Pérdida por corrosión $> 25 \text{ g/m}^2$

(ii) Resistencia a la corrosión de una muestra pintada

Primero, como tratamiento químico, se sometió una cara a un tratamiento a base de sílice-ácido crómico a una dosis de 20 mg/m^2 (referido a Cr metálico). A continuación, se pintó una muestra de ensayo de 70 x 150 mm de dimensiones con una pintura negra a base de melamina y se calentó en un horno a 140°C durante 20 minutos. Se formó después un corte cruzado y se sometió la muestra a un ensayo de rociado con sal. Después de 60 días se observó visualmente la apariencia externa.

Escala de evaluación:

- ⊖ Sin herrumbre roja
- Sin herrumbre roja fuera del corte cruzado
- △ Proporción de herrumbre roja $\leq 5\%$
- × Proporción de herrumbre roja $> 5\%$

(iii) Ensayo de exposición a la intemperie

Se pintó la muestra después del tratamiento químico descrito en el apartado (ii). El pintado se realizó con dos tipos de pintura: una resina acrílica que contenía cera de polietileno (transparente; 5 μm) y una resina epoxídica (20 μm). Después de cortar a dimensiones de 50 x 200 mm, se sometió la muestra a un ensayo de exposición a la intemperie. Se observó la proporción de herrumbre roja y el estado de coloración de la superficie desde el borde después de un período de 3 meses.

Escala de evaluación:

- ⊖ Proporción de herrumbre roja desde el borde $< 30\%$
- △ Proporción de herrumbre roja desde el borde $30\text{-}80\%$

ES 2 483 969 T3

X Proporción de herrumbre desde el borde >80%

(2) Aptitud de soldeo

5 Después del tratamiento químico descrito en el apartado (ii), se soldó por puntos bajo las condiciones de soldeo indicadas a continuación y se evaluó el número de puntos continuos hasta que el diámetro de los botones de soldadura se redujo a menos de $4\sqrt{t}$ (t = espesor de la chapa).

Condiciones de soldeo:

	Corriente de soldeo	10 kA
	Fuerza de presión	220 kg
10	Tiempo de soldeo	12 ciclos
	Diámetro de los electrodos	6 mm
	Forma de los electrodos	redondeados
	Punta	6Ø-40R

Escala de evaluación:

15	Θ Número de puntos continuos	>700
	Δ Número de puntos continuos	40-700
	X Número de puntos continuos	<400

(3) Aptitud de mecanización

20 Se usó un punzón cilíndrico de 50 mm de diámetro en un ensayo de moldeo hidráulico para moldear copas a una relación de estirado de 2,25. El ensayo se realizó aplicando aceite y la fuerza de aplanamiento fue 500 kg. Se evaluó la aptitud de mecanización con la siguiente escala:

Escala de evaluación:

	O Sin defectos
	Δ Grietas en el recubrimiento
25	X Desconchado del recubrimiento

Tabla 1

Componentes del recubrimiento (%)							Mg ₂ Si					
Al	Zn	Mg	Si	Fe	Al/Zn	Gramaje del recubrimiento (g/m ²)	Forma	Diámetro largo (µm)	Volumen (%)	Proporción de Mg ₂ Si voluminoso (%)	Diámetro largo medio (µm)	Proporción con diámetro largo >100µm
Ejemplos de la presente invención												
1	46	45,4	4	3,5	1,1	1,01	30	escamosa+voluminosa	10,5	18	40	2
2	48	35,8	7	8	1,2	1,34	40	escamosa+voluminosa	22,5	60	35	0
3	50	28,5	9,5	9,3	1,5	1,75	35	escamosa+voluminosa	29,5	71	30	0
4	55	36,8	3,5	3,5	1,2	1,49	50	escamosa+voluminosa	10	9	32	0
5	55	31,7	7,5	4,8	1	1,74	70	escamosa+voluminosa	15,1	41	45	5
6	58	26,9	9	5	1,1	2,16	50	escamosa+voluminosa	21,2	56	42	1
7	62	28	4	5	1	2,21	65	escamosa+voluminosa	13,5	33	42	2
8	63	26,6	4,5	5	0,9	2,37	50	escamosa+voluminosa	14,4	38	25	0
9	68	25	3	3	1	2,72	55	escamosa+voluminosa	10	10	23	0
Ejemplos de referencia												
10	46	50,9	1,5	0,6	1	0,90	50	escamosa	3	0	45	0
11	50	44,9	3	1	1,1	1,11	45	escamosa	6	0	46	0
12	58	36	3,5	1,5	1	1,61	55	escamosa	9	0	42	0
13	65	27,2	5	2	0,8	2,39	70	escamosa	7,2	0	40	0
14	70	24,1	3	2	0,9	2,90	55	escamosa	7,5	0	38	0

Tabla 1
(continuación)

	Componentes del recubrimiento (%)					Gramaje del recubrimiento (g/m ²)	Mg ₂ Si						
	Al	Zn	Mg	Si	Fe		Al/Zn	Forma	Diámetro largo (µm)	Volumen (%)	Proporción de Mg ₂ Si voluminoso (%)	Diámetro largo medio (µm)	Proporción con diámetro largo >100µm
Ejemplos comparativos													
15	50	45,1	0,5	3,5	0,9	1,11	60	escamosa	30	1,5	0	30	0
16	50	27	15	7	1	1,85	65	escamosa+voluminosa	23	21	57	23	1
17	55	37,8	5	1	1,2	1,46	70	escamosa	42	3,2	0	42	0
18	55	22,5	6	15	1,5	2,44	70	escamosa+voluminosa	23	20,1	55	23	0
19	50	33,5	8	7	1,5	1,49	10	escamosa+voluminosa	42	23,5	62	42	2
20	50	33,5	8	7	1,5	1,49	140	escamosa+voluminosa	42	22	59	42	1
21	25	58,5	8	7	1,5	0,43	70	escamosa+voluminosa	42	24,2	63	42	2
22	55	41,6	0,1	2	1,3	1,32	40	ninguna	-	-	-	-	-
23	60	30,3	7	1,5	1,2	1,98	55	escamosa	38	3	0	38	0
24	58	37,5	3	0,2	1,3	1,55	40	ninguna	-	-	-	-	-
25	52	39,8	2	5	1,2	1,31	50	escamosa	31	6	0	31	0
26	56	38,7	3	1	1,3	1,45	45	escamosa	85	3,2	0	85	5
27	55	38,5	3	2	1,5	1,43	11	escamosa	38	5,2	0	38	0
28	58	35,9	3	2	1,1	1,62	150	escamosa	31	4,8	0	31	0
29	30	63,8	3	2	1,2	0,47	70	escamosa	30	5	0	30	0

Tabla 1
(continuación)

	Temperatura del baño (°C)	Velocidad de enfriamiento (°C/s)	Resistencia a la corrosión			Aptitud de soldeo	Aptitud de mecanización	Evaluación global
			Por sal	Pintado	Exposición			
Ejemplos de la invención								
1	630	25	⊖	⊖	⊖	○	○	⊖
2	640	30	⊖	⊖	⊖	○	○	⊖
3	630	35	⊖	⊖	⊖	○	○	⊖
4	630	30	⊖	⊖	⊖	○	○	⊖
5	640	20	⊖	⊖	⊖	○	○	⊖
6	630	25	⊖	⊖	⊖	○	○	⊖
7	640	25	⊖	⊖	⊖	○	○	⊖
8	630	40	⊖	⊖	⊖	○	○	⊖
9	640	40	⊖	⊖	⊖	○	○	⊖
Ejemplos de referencia								
10	630	15	○	○	○	○	○	○
11	610	15	○	○	○	○	○	○
12	620	20	⊖	⊖	⊖	○	○	⊖
13	600	20	○	○	○	○	○	○
14	570	25	○	○	○	○	○	○

Tabla 1
(continuación)

	Temp. baño (°C)	Veloc. enfriam. (°C/s)	Resistencia a la corrosión			Aptitud de soldado	Aptitud de mecanización	Evaluación global	
			Por sal	Pintado	Exposición				
Ejemplos comparativos									
15	630	35	Δ	Δ	Δ	O	O	Δ	Contenido Mg bajo
16	640	40	O	O	O	O	O	X	Contenido Mg alto
17	620	25	Δ	Δ	Δ	O	O	X	Contenido Si bajo
18	640	40	X	X	X	O	O	X	Contenido Si alto
19	620	25	X	X	X	O	O	X	Recubrimiento insuficiente
20	620	25	Θ	Θ	Θ	X	X	X	Recubrimiento alto
21	620	25	Δ	Δ	Δ	O	O	Δ	Proporción Al/Zn baja
22	630	30	Δ	Δ	Δ	O	O	Δ	Contenido Mg bajo
23	620	25	O	O	O	O	O	Δ	Contenido Mg alto
24	600	35	Δ	Δ	Δ	O	O	X	Contenido Si bajo
25	620	35	X	X	X	O	O	X	Contenido Si alto
26	600	3	O	O	O	O	O	Δ	Velocidad de enfriamiento insuficiente
27	590	25	X	X	X	O	O	X	Recubrimiento insuficiente
28	580	30	O	O	O	X	X	X	Recubrimiento alto
29	600	35	Δ	Δ	Δ	O	O	Δ	Proporción Al/Zn baja

5 Como ejemplos comparativos se indican materiales con ligera adición de Mg (muestras números 15 y 23) pero ambos materiales exhibieron insuficiente resistencia a la corrosión en el medio severo de corrosión descrito. Con adición de cantidades de Mg en exceso, como con las muestras números 16 y 24, se deterioró la aptitud de mecanización y, en consecuencia, la resistencia a la corrosión fue insuficiente. Por otro lado, las muestras números 17 y 25 que tenían cantidades insuficientes de adición de Si tenían capas de aleación más gruesas y exhibieron menor aptitud de mecanización así como insuficiente resistencia a la corrosión mientras que, por el contrario, las muestras números 18 y 26 que tenían cantidades excesivas de adición de Si exhibieron menor aptitud de mecanización y menor resistencia a la corrosión debido al efecto de la deposición de Si en la capa de recubrimiento.

10 Desde el punto de vista de las condiciones de producción, las muestras números 19 y 27 que se enfriaron a velocidades de enfriamiento insuficientes después del recubrimiento tenía mayores fases de Mg_2Si depositado y menor aptitud de mecanización. La muestra número 20 que tenía un gramaje de recubrimiento inadecuado exhibieron insuficiente resistencia a la corrosión mientras que la muestra número 21 que tenía un gramaje de recubrimiento excesivo exhibieron aptitud de mecanización y de soldeo inadecuadas.

15 Las muestras números 22 y 28 que tenían proporciones de Al/Zn bajas no exhibieron un efecto adecuado por la fase de Mg_2Si y la resistencia resultante a la corrosión fue inferior.

Por otro lado, los ejemplos de la invención representados por todas las muestras números 1-14 exhibieron propiedades excelentes en todos los parámetros evaluados. La importante propiedad de resistencia a la corrosión fue particularmente satisfactoria cuando el contenido de Mg y Si fue mayor dentro de sus intervalos apropiados.

Ejemplos de referencia

20 Se usó una chapa de acero laminada en frío de un espesor de 0,8 mm como material para el recubrimiento por inmersión en caliente durante 3 segundos en un baño de recubrimiento de aleación de Zn-Al-Mg-Si, con una temperatura del baño de 630°C. El gramaje de recubrimiento se ajustó a 90 g/m² lavando con gas después del recubrimiento y el enfriamiento posterior se realizó a una velocidad de 30°C/segundo.

25 En las tablas 2 y 3 se indican las composiciones de las capas de recubrimiento de cada una de las chapas de acero basadas en Zn-Al-Mg-Si obtenidas. La resistencia a la corrosión se evaluó por los métodos descritos a continuación. Las estructuras de estos recubrimientos, observadas después de pulimentar con una inclinación de 5°, por lo menos en el caso de los ejemplos de referencia (muestras números 31-43) como en el ejemplo 1, fueron estructuras que comprendían una fase de Mg_2Si voluminoso y escamoso.

(1) Evaluación de la resistencia a la corrosión

30 (i) Resistencia a la corrosión por sal

Se sometió una muestra de ensayo de dimensiones 70 x 150 mm a un ensayo de rociado con sal de acuerdo con JIS Z2371 durante 30 días y, después de eliminar por lavado el producto de la corrosión, se midió la pérdida por corrosión. Los valores de la pérdida por corrosión se expresan por cara recubierta.

Escala de evaluación:

- 35
- ⊖ Pérdida por corrosión $\leq 5 \text{ g/m}^2$
 - Pérdida por corrosión 5 g/m^2
 - △ Pérdida por corrosión $10\text{-}25 \text{ g/m}^2$
 - × Pérdida por corrosión $> 25 \text{ g/m}^2$

(ii) Resistencia a la corrosión después de pintar

40 Primero, se sometió una cara a un tratamiento basado en sílice-ácido crómico a una dosis de 20 mg/m² (basado en Cr metálico) como tratamiento químico. A continuación, se pintó una muestra de ensayo de dimensiones 70 x 150 mm con una pintura negra basada en melamina, con una capa de pintura de 20 μm , y se calentó en un horno a 140°C durante 20 minutos. Se formó después un corte cruzado y la muestra se sometió a un ensayo de rociado con sal. Después de 60 días se observó visualmente la apariencia exterior.

45 Escala de evaluación

- ⊖ Sin herrumbre roja
- Sin herrumbre roja fuera del corte cruzado
- △ Proporción de herrumbre roja $\leq 5\%$
- × Proporción de herrumbre roja $> 5\%$

Tabla 2
Ejemplos de la invención

	Composición de la capa de recubrimiento de Zn-Al-Mg-Si depositada por inmersión en caliente (%)														Resistencia a la corrosión			
	Al	Mg	Si	In	Sn	Ca	Be	Ti	Cu	Ni	Co	Cr	Mn	Fe	Sr	Por sal	Después de pintar	
31	55	5	5	0,5	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0	0
32	55	5	5	0,01>	2	0,01>	0,01>	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0	0
33	55	5	5	0,01>	0,1>	0,1	0,01>	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0	0
34	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,05	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0	0
35	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,1	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0	0
36	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,3	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0	0
37	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,1>	0,05	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0	0
38	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,1>	0,01>	0,1	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0	0
39	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,05	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0	0
40	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,2	0,01>	0,01>	0,01>	0	0
41	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01 ^a	0,01>	1,1	0,01>	0,01>	0	0
42	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,1	0,01>	0	0
43	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	1,1	0,01>	0,01>	0	0
44	55	5	5	0,01>	1	0,01>	0,01>	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	1,1	0,01>	0,01>	0	0
45	55	5	5	0,01>	0,1>	0,2	0,01>	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	1,1	0,01>	0,01>	0	0

Tabla 2
(continuación)
Ejemplos de la invención

	Composición de la capa de recubrimiento de Zn-Al-Mg-Si depositada por inmersión en caliente (%)														Resistencia a la corrosión		
	Al	Mg	Si	In	Sn	Ca	Be	Ti	Cu	Ni	Co	Cr	Mn	Fe	Sr	Por sal	Después de pintar
46	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,1	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	1,1	0,01>	⊖	⊖
47	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,05	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	1,1	0,01>	⊖	⊖
48	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,5	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	1,1	0,01>	⊖	⊖
49	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,1>	0,1	0,01>	0,01>	0,01>	1,1	0,01>	⊖	⊖
50	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,1>	0,01>	0,1	0,01>	0,01>	1,1	0,01>	⊖	⊖
51	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,1	0,01>	1,1	0,01>	⊖	⊖
52	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,3	1,1	0,01>	⊖	⊖
53	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	1,1	0,3	⊖	⊖

Tabla 3
Ejemplos comparativos

	Composición de la capa de recubrimiento de Zn-Al-Mg-Si depositada por inmersión en caliente (%)													Resistencia a la corrosión			
	Al	Mg	Si	In	Sn	Ca	Be	Ti	Cu	Ni	Co	Cr	Mn	Fe	Sr	Por sal	Después de pintar
54	55	5	5	1,2	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	Δ	Δ
55	55	5	5	0,01>	15	0,01>	0,01>	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	Δ	Δ
56	55	5	5	0,01>	0,1>	0,8	0,01>	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	Δ	Δ
57	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,25	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	Δ	Δ
58	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,23	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	Δ	Δ
59	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	1,1	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	Δ	Δ
60	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,1>	0,22	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	Δ	Δ
61	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,1>	0,01>	0,34	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	Δ	Δ
62	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,21	0,01>	0,01>	0,01>	Δ	Δ
63	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,52	0,01>	0,01>	Δ	Δ
64	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01 ^a	0,01>	3,2	0,01>	Δ	Δ
65	55	5	5	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,1>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,01>	0,52	Δ	Δ

La presente invención proporciona chapas de acero tratadas en su superficie, con alta resistencia a la corrosión de las capas de recubrimiento así como con resistencia muy satisfactoria en los bordes después de ser pintadas. Se pueden usar prácticamente en todas las aplicaciones de chapas de acero convencionales tratadas en su superficie y, por lo tanto, la contribución a la industria es muy importante.

REIVINDICACIONES

1. Un material de acero recubierto con una aleación de Zn-Al-Mg-Si, con excelente resistencia a la corrosión, caracterizado porque el recubrimiento de aleación de Zn-Al-Mg-Si comprende (porcentajes en peso):

Al por lo menos 45% y no más de 70%

5 Mg por lo menos 3% y menos de 10%

Si por lo menos 3% y menos de 10%

y opcionalmente uno o más elementos seleccionados del grupo que consiste en

In 0,01-1,0%

Sn 0,1-10,0%

10 Ca 0,01-0,5%

Be 0,01-0,2%

Ti 0,01-0,2%

Cu 0,1-1,0%

Ni 0,01-0,2%

15 Co 0,01-0,3%

Cr 0,01-0,2%

Mn 0,01-0,5%

Fe 0,01-3,0%

Sr 0,01-0,5%

20 siendo el resto Zn e impurezas inevitables, en el que la proporción de Al/Zn es 0,89-2,75 y la capa de recubrimiento contiene una fase de Mg_2Si escamoso que tiene una relación del diámetro corto al diámetro largo menor que 0,4, observado en una sección transversal pulimentada con una inclinación de 5°.

25 2. Un material de acero recubierto con una aleación de Zn-Al-Mg-Si, con excelente resistencia a la corrosión, caracterizado porque la fase de Mg_2Si escamoso de la reivindicación 1 tiene un diámetro largo medio de 3-50 μm , siendo la relación del diámetro corto al diámetro largo menor que 0,4, observada en una sección transversal pulimentada con una inclinación de 5°.

30 3. Un material de acero recubierto con una aleación de Zn-Al-Mg-Si, con excelente resistencia a la corrosión, de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el contenido de la fase de Mg_2Si escamoso en la capa de recubrimiento es por lo menos 3% cuando la proporción de la superficie se observa en una sección transversal pulimentada con una inclinación de 5°.

35 4. Un material de acero recubierto con una aleación de Zn-Al-Mg-Si, con excelente resistencia a la corrosión, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por tener una capa de prerrecubrimiento que contiene uno o más elementos seleccionados de Ni, Co, Zn, Sn, Fe y Cu y/o una fase de un compuesto intermetálico que comprende dos o más elementos seleccionados de Ni, Co, Zn, Sn, Fe y Cu, en la interfaz entre la capa de recubrimiento y el material de acero.

5. Un material de acero recubierto con una aleación de Zn-Al-Mg-Si, con excelente resistencia a la corrosión, de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el gramaje de recubrimiento es 20-130 g/m^2 por cara recubierta.

40 6. Un proceso para la producción de un material de acero recubierto con una aleación de Zn-Al-Mg-Si, con excelente resistencia a la corrosión, que es un proceso para la producción de un material de acero recubierto con una aleación de Zn-Al-Mg-Si de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por mantener la temperatura del baño de recubrimiento a 500-650°C y controlar la velocidad de enfriamiento después del recubrimiento a 10°C/s o más.

Fig.1

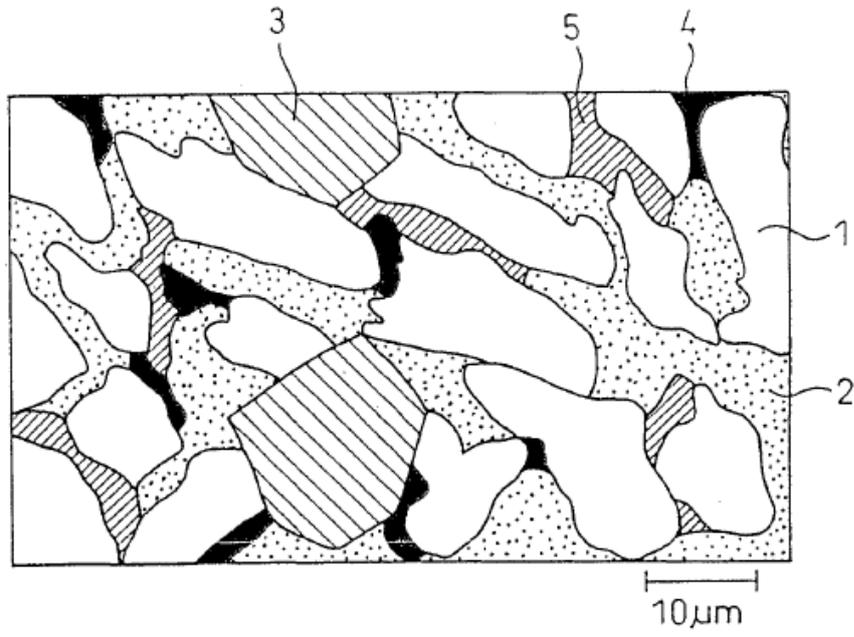


Fig.2

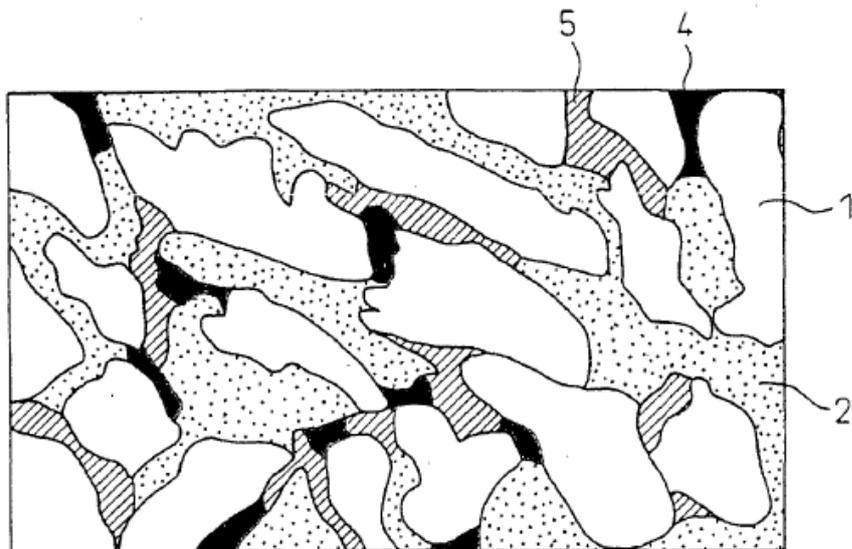


Fig.3

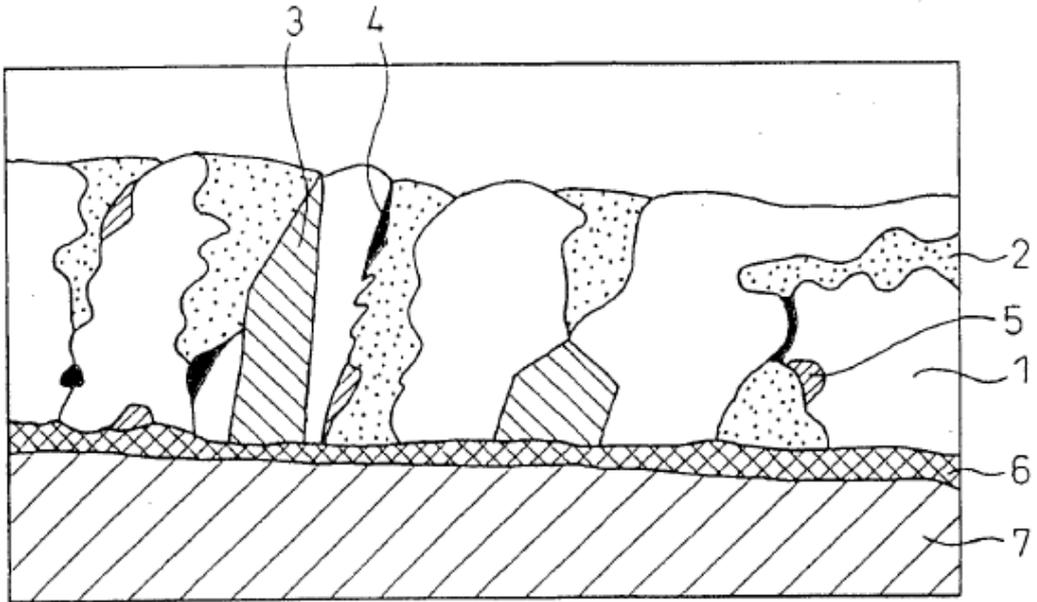


Fig.4

