

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 727 280**

51 Int. Cl.:

C23C 2/02	(2006.01)
C23C 2/12	(2006.01)
C22C 38/00	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01)
C22C 38/06	(2006.01)
C22C 38/08	(2006.01)
C22C 38/12	(2006.01)
C22C 38/16	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.12.2011 PCT/KR2011/009512**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **05.07.2012 WO12091319**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.2011 E 11854217 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2019 EP 2659019**

54 Título: **Lámina de acero recubierta de aluminio que presenta una excelente resistencia a la oxidación y resistencia al calor**

30 Prioridad:

27.12.2010 KR 20100136117

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.10.2019

73 Titular/es:

**POSCO (50.0%)
1 Koedong-dong, Nam-gu, Pohang-si
Kyungsangbook-do 790-300, KR y
POSCO COATED & COLOR STEEL CO., LTD.
(50.0%)**

72 Inventor/es:

**BAE, DAE-CHUL;
LIM, TAE-HUN y
JIN, YOUNG-SOOL**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 727 280 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

Lámina de acero recubierta de aluminio que presenta una excelente resistencia a la oxidación y resistencia al calor

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a una lámina de acero recubierta resistente al calor que puede usarse ampliamente para sistemas de escape de vehículos, conductos para tuberías de calentador doméstico, paneles para diversos aparatos de calentamiento doméstico tales como calderas de combustible, y aceros estructurales, y más específicamente, a una lámina de acero recubierta de aluminio que presenta una excelente resistencia a la oxidación y resistencia al calor.

Antecedentes de la técnica

10 El documento JP 2002 030384 A da a conocer una lámina de acero antioxidante para un depósito de combustible. El documento US 2008/0247461 A1 da a conocer una lámina de acero para un silenciador automovilístico y un método para la producción de la lámina de acero.

15 Láminas de acero recubiertas de aluminio, recubrimiento de aleación de aluminio-silicio preparado sobre láminas de acero laminadas en frío, combinan la resistencia a la corrosión, resistencia al calor, vistosidad y propiedades de reflexión térmica de aluminio; y las propiedades mecánicas y otras propiedades físicas de una lámina de acero laminada en frío en sí misma, y se utilizan ampliamente en automóviles, aparatos eléctricos, materiales de construcción y demás.

20 En cuanto a métodos para reunir conformabilidad, resistencia al calor, resistencia a la decoloración y resistencia a la oxidación, hay una técnica en la que se añaden elementos de aleación a un acero para facilitar la aleación entre un sustrato de acero y una capa de recubrimiento de aluminio, produciendo así una capa térmicamente estable, y al mismo tiempo, manteniendo alta resistencia al calor a través de la capa de óxido estable producida sobre la capa de recubrimiento. También se proporciona una técnica en la que se añaden elementos especiales al sustrato de acero para dotar a la capa de recubrimiento de elemento anticorrosión de sacrificio, mejorando así la resistencia a la corrosión del sustrato de acero, así como alargando significativamente la vida de resistencia a la corrosión de la capa de recubrimiento completa.

25 Una temperatura que permite el uso de una lámina de acero recubierta de aluminio sin la decoloración de la misma es aproximadamente de 400°C, aproximadamente de 100 a 150°C mayor que la de una lámina de acero galvanizada por inmersión en caliente y, debido a los avances en la industria, existe una necesidad de desarrollar componentes que requieran durabilidad mejorada y resistencia al calor en condiciones de temperaturas más altas que las temperaturas de resistencia al calor convencionales.

30 También hay una necesidad de que el límite elástico a altas temperaturas de aproximadamente 600 - 700°C esté por encima de un determinado nivel, y una necesidad de que la lámina de acero asegure la adhesión de la capa de aleación de aluminio-acero y presente buena resistencia a la oxidación, a pesar de tratamientos térmicos repetitivos a 800°C.

35 Para cubrir tales necesidades, la investigación en la fabricación de una lámina de acero resistente al calor se ha dirigido a mejorar las propiedades de resistencia al calor a altas temperaturas tales como resistencia a altas temperaturas, resistencia a la oxidación, resistencia a la decoloración y resistencia a la corrosión. Con el fin de alcanzar el objetivo, la solicitud de patente japonesa abierta a consulta por el público n.º HEI 2-61544 da a conocer un método para ajustar el contenido de N y Al solubles contenidos en acero, y realizar un tratamiento térmico tras el recubrimiento. Sin embargo, existen limitaciones, en la adición de un procedimiento y la posibilidad de envejecimiento debido a la dificultad en el ajuste de las cantidades de adición.

40 Además, la solicitud de patente japonesa abierta a consulta por el público n.º HEI 8-319548 da a conocer un método para aluminizado por inmersión en caliente en el que una capa de compuesto intermetálico que tiene la composición de Fe, Mn, Si, Cr, y similares en razones específicas se recubre sobre la superficie de la lámina de acero en un baño de recubrimiento al que se añaden simultáneamente Mn y Cr a componentes de baño de recubrimiento de Al y Si convencionales. Sin embargo, hay una limitación en el método dado a conocer anteriormente, en el que debe cambiarse la composición del baño de recubrimiento, y puede ser un inconveniente ajustar la composición de la superficie de capa de recubrimiento.

45 Además, la solicitud de patente japonesa abierta a consulta por el público n.º 2000-290764 da a conocer un método para la producción de una lámina de acero recubierta de aluminio por inmersión en caliente que tiene excelente resistencia al ennegrecimiento tras un tratamiento térmico, en el que el recubrimiento se realiza mientras se ajusta el contenido N soluble en un sustrato de acero; se realiza un tratamiento posterior de cromado especial; se realiza un tratamiento de recalentamiento a aproximadamente de 300 a 500°C; y después se permite que Al de la capa de recubrimiento y N soluble en acero reaccionen para producir AlN en la superficie de contacto entre la capa de recubrimiento y el sustrato de acero. Sin embargo, este método tiene la limitación de que puede ser complicado,

debido a la adición de un proceso y existe la posibilidad de agravar el ennegrecimiento cuando la resistencia del sustrato de acero se incrementa o la solución de tratamiento posterior se gestiona mal.

La reducción del contenido en Si y la adición de elementos de Mn, Cu, y Mg a un baño de recubrimiento de Al se da a conocer en la solicitud de patente japonesa abierta a consulta por el público n.º 2004-238657, mientras que la solicitud de patente japonesa n.º 2003-023854 da a conocer que la adición de Cr induce un cambio en la microestructura de la capa de recubrimiento, mejorando así la resistencia a la corrosión. Sin embargo, existe una limitación de que los elementos añadidos en el baño de recubrimiento pueden incrementar la viscosidad de la superficie del baño de recubrimiento de tal forma que puede ser significativamente difícil ajustar la concentración de Cr a un nivel constante y puede que no sea posible realizar una operación de recubrimiento general a alta velocidad.

10 **Divulgación**

Problema técnico

Un aspecto de la presente invención proporciona una lámina de acero recubierta de aluminio en la que la resistencia al calor y la resistencia a la oxidación de la capa de recubrimiento de aluminio se mejoran controlando la composición de la misma y formando una capa de aleación en la superficie de contacto entre un sustrato de acero y la capa de recubrimiento según la reivindicación 1.

Solución técnica

Según un aspecto de la presente invención, se proporciona una lámina de acero recubierta de aluminio que presenta una excelente resistencia a la oxidación y resistencia al calor, incluyendo la lámina de acero recubierta de aluminio: una capa de recubrimiento de aluminio formada sobre una superficie de una lámina de acero que incluye del 0,001 al 0,015 en peso de carbono (C), del 0,05 al 0,3 en peso de silicio (Si), del 0,1 al 0,6 % en peso de manganeso (Mn), del 0,01 al 0,05 % en peso de niobio (Nb), el 0,015 % en peso o menos de fósforo (P), el 0,015 % en peso o menos de azufre (S), el 0,1 % en peso o menos de aluminio soluble (Al), del 0,05 al 0,5 % en peso de cobre (Cu), del 0,05 al 0,5 % en peso de níquel (Ni), del 0,001 al 0,01 % en peso de nitrógeno (N), y el resto de Fe e impurezas inevitables; y una capa de aleación que incluye un compuesto intermetálico en una superficie de contacto entre la lámina de acero y la capa de recubrimiento de aluminio.

Efectos ventajosos

Puesto que la lámina de acero recubierta de aluminio de la presente invención tiene una resistencia a altas temperaturas y resistencia a la oxidación excelentes y muestra una adhesión superior a altas temperaturas, la capa de recubrimiento puede ser estable tras tratamiento térmico de la lámina de acero a temperaturas de hasta 800°C.

Por tanto, puede aplicarse a una gran variedad de productos tales como paneles para diferentes aparatos de calentamiento doméstico como calentadores de combustible, materiales de revestimiento para aparatos domésticos tales como arroceras eléctricas y sartenes, y demás. Además, la presente invención permite la fabricación de una lámina de acero conformable con una resistencia a la tracción de 350 MPa o más y, por tanto, pueden mejorarse ampliamente las características de resistencia cuando se usa para aplicaciones que requieren resistencia a la tracción tal como sistemas de escape de vehículos, intercambiadores de calor para aparatos eléctricos domésticos, y aceros estructurales.

Descripción de dibujos

La figura 1(a) y la figura 1(b) son fotografías que muestran microestructuras en sección transversal de la capa de recubrimiento del acero 1 inventivo y el acero 1 comparativo tras tratamientos térmicos a altas temperaturas.

La figura 2(a) y la figura 2(b) son fotografías que muestran la morfología superficial del acero 1 inventivo y el acero 1 comparativo tras tratamientos térmicos a altas temperaturas.

Mejor modo

A continuación, en el presente documento, se describirá en detalle la presente invención.

En primer lugar, se explicará la composición de la lámina de acero según la presente invención. Como se usan en el presente documento, los porcentajes (%) de componentes de la composición son porcentajes en peso.

El carbono (C) está presente en una cantidad del 0,001 % al 0,015 %. El C es un elemento para la mejora de la resistencia de la lámina de acero y puede estar presente preferiblemente en una cantidad del 0,001 % o más para asegurar una resistencia a la tracción de 300 MPa o más. Un contenido en carbono mayor del 0,015 % provoca agrietamiento o similares durante la formación de partes estirables profundas y dificulta la fabricación de partes estirables profundas. Por tanto, el límite superior del contenido en carbono es del 0,015 %.

El silicio (Si) está presente en una cantidad del 0,05 % al 0,3 %. El Si es un elemento de mejora de resistencia de solución sólida sustitutiva y contribuye a un incremento en la resistencia de la lámina de acero y a una mejora en la

5 resistencia al calor de la capa de recubrimiento. Cuando el contenido en Si es de más del 0,3 %, puede generarse una película delgada de óxido estable durante el tratamiento térmico de recristalización de modo que puede inhibirse la adhesión y puede haber una dificultad en la retirada de óxidos de superficie de una lámina de acero laminada en caliente. Cuando el contenido en Si es de menos del 0,05 %, pueden deteriorarse el efecto de mejora de la resistencia al calor y las características de fatiga. Por tanto, el contenido en Si está limitado al intervalo del 0,05 % al 0,3 %.

10 El manganeso (Mn) está presente en una cantidad del 0,1 % al 0,6 %. El Mn es un elemento que tiene un efecto de mejora de resistencia de solución sólida significativo y retrasa la transformación de austenita a ferrita. Además, el Mn tiene un papel importante en la prevención de fragilidad en caliente provocada por el S añadido de forma inevitable y en el aumento de la resistencia al calor tras el recubrimiento de aluminio. Cuando el contenido en Mn es de menos del 0,1 %, se requiere una alta temperatura para el tratamiento térmico de la lámina de acero en una región de monofásica de austenita. Esta alta temperatura acelera la oxidación de la lámina de acero y afecta de manera adversa a la resistencia a la corrosión de la lámina de acero incluso cuando la lámina de acero puede recubrirse. Además, es difícil conseguir una elevada resistencia deseada mediante tratamiento térmico en una zona bifásica de ferrita-austenita. Mientras tanto, cuando el contenido en Mn es de más del 0,6 %, existe el peligro de que la lámina de acero pueda sufrir de adhesión, soldabilidad, apariencia superficial y propiedades de impacto pobres. Por tanto, el contenido en Mn está limitado al intervalo del 0,1 % al 0,6 %.

20 El azufre(S) puede estar presente preferiblemente en una cantidad del 0,01 % o menos (salvo 0 %). El S es un elemento de impureza presente en el acero e inhibe la ductilidad y soldabilidad de la lámina de acero. Cuando el contenido en S es del 0,01 % o menos, los efectos negativos no son tan grandes. Por tanto, el límite superior del contenido en S puede ser preferiblemente de aproximadamente el 0,01 %.

25 El aluminio soluble (Al soluble) está presente en una cantidad del 0,1 % o menos (salvo 0 %). El Al soluble es un elemento desoxidante. Cuando el contenido en Al supera el 0,1 %, los efectos de desoxidación se saturan; se aumentan inclusiones tales como alúmina; y puede combinarse Al con N para formar AlN, dando como resultado así un descenso en la cantidad de N disuelto y una inhibición de un incremento en el límite elástico. Por tanto, el límite superior del contenido en Al soluble es del 0,1 %.

30 El nitrógeno (N) está presente en una cantidad del 0,001 % al 0,01 %. El N es un elemento de mejora de resistencia intersticial y se combina con titanio (Ti), niobio (Nb) y aluminio (Al) para formar nitruros. En la presente invención, se añade N en una cantidad apropiada con el fin de mantener la resistencia tras el tratamiento térmico. Cuando el contenido en N es de menos del 0,001 %, no se esperan los efectos anteriores. Cuando el contenido en N es de más del 0,01 %, puede ser difícil disolver y colar la lámina de acero y pueden provocarse de manera indeseada el deterioro en la conformabilidad de la lámina de acero y una aparición de sopladuras durante la soldadura. Por tanto, el límite superior del contenido en N es del 0,01 %.

35 El cobre (Cu) está presente en una cantidad del 0,05 % al 0,5 %. El Cu es un elemento que no es más fácil de oxidar que el Fe y tiene un papel en la mejora de la capacidad de recubrimiento. Cuando se añade Cu en una cantidad del 0,2 % o más, tiene un papel en la mejora de la resistencia a la corrosión del sustrato de acero. Además, Cu muestra propiedades de barrera en la superficie de contacto del sustrato de capa acero / capa de aleación, de modo que contribuye a mejoras en la resistencia al calor y resistencia a la decoloración. Cuando el contenido en Cu es de menos del 0,05 %, es difícil esperar un efecto de mejora de la resistencia al calor, mientras que, cuando el contenido en Cu es de más del 0,5 %, tales efectos se saturan y se aumentan los costes de producción. Por tanto, el límite superior de contenido en Cu es del 0,5 %.

40 El níquel (Ni) está presente en una cantidad del 0,05 % al 0,5 %. Como Sn y Cu, se añade Ni con el objetivo de mejorar la resistencia a la corrosión del sustrato de acero y la capa de recubrimiento. Dado que el Ni también contribuye a mejoras en resistencia al calor y a la decoloración, sus efectos son mayores. Cuando el contenido en Ni es de menos del 0,05 %, no hay un aumento significativo en el efecto de mejora de la resistencia al calor. Cuando el contenido en Ni es de más del 0,5 %, tales efectos se saturan y se aumentan los costes de producción. Por tanto, el límite superior del contenido en Ni es del 0,5 %.

50 El niobio (Nb) está presente en una cantidad del 0,01 % al 0,05 %. El Nb es un elemento efectivo en la mejora de la resistencia de la lámina de acero, reduciendo el tamaño de grano y la tratabilidad térmica de la misma. El Nb reacciona primero con N y se añade con el fin de formar Nb(C N). Cuando el contenido en Nb es de menos del 0,01 %, puede ser difícil alcanzar tales efectos. Cuando el contenido en Nb es de más del 0,05 %, se aumentan los costes de producción y se aumenta la resistencia debido a la producción de carburos y nitruros en exceso, de modo que es difícil esperar el efecto de mejora de la conformabilidad. Por tanto, el contenido en Nb está limitado al intervalo del 0,01 % al 0,05 %.

55 El remanente es Fe e impurezas inevitables. La lámina de acero recubierta de aluminio de la presente invención incluye una capa de recubrimiento de aluminio y la lámina de acero recubierta de aluminio incluye una capa de aleación que incluye un compuesto intermetálico en la superficie de contacto entre la lámina de acero y la capa de recubrimiento. Para el compuesto intermetálico, puede ser preferible un compuesto intermetálico basado en Cu-Ni-Fe(-Al-Si). La capa de aleación tiene un papel en la inhibición de la difusión de Fe de la lámina de acero y la

reducción de la difusión de Al de la capa de recubrimiento durante un tratamiento térmico a altas temperaturas. La capa de aleación mejora la adhesión de la lámina de acero y la capa de recubrimiento a temperatura ambiente, y al mismo tiempo, forma una textura uniforme sobre la capa de superficie tras tratamiento térmico a altas temperaturas e inhibe la formación de la capa de aleación de Al-Fe porosa, mejorando así la adhesión a altas temperaturas.

- 5 En otras palabras, el compuesto intermetálico basado en Cu-Ni-Fe(-Al-Si) existe entre el sustrato de acero y la capa de recubrimiento de la lámina de acero durante el proceso de inmersión en caliente, teniendo así un papel en la reducción de la concentración de Fe en el compuesto intermetálico mediante la inhibición de la migración de Al al sustrato de acero de la lámina de acero e inhibición de la difusión de Fe en la capa de recubrimiento, y por consiguiente, el compuesto intermetálico basado en Cu-Ni-Fe(-Al-Si) mejora la adhesión del sustrato de acero y la
10 capa de recubrimiento.

El grosor de la capa de aleación puede ser preferiblemente de aproximadamente 3 μm o menos. Cuando el grosor de la capa de aleación es más grueso de 3 μm , se deteriora la conformabilidad de la lámina de acero recubierta de aluminio. Por tanto, el grosor puede ser preferiblemente de no más de 3 μm .

- 15 Preferiblemente, la capa de recubrimiento de Al puede incluir Al como componente principal y Si en una cantidad del 5 al 11 % en peso. El Si es un elemento que inhibe la difusión de Al en la capa de aleación en el sustrato de acero, haciendo así delgado el grosor de la capa de aleación. Con el fin de alcanzar dicho efecto, se incluye Si en una cantidad del 5 % en peso o más. Sin embargo, cuando la cantidad del mismo es de más del 11 % en peso, la capa de aleación de Al está tan endurecida, que la conformabilidad se deteriora y se requiere el incremento en la temperatura del baño de inmersión en caliente, provocando así dificultades en la operación de recubrimiento. Por
20 tanto, el límite superior puede ser preferiblemente del 11 % en peso. Mientras tanto, la capa de recubrimiento de Al puede incluir Fe preferiblemente en una cantidad del 10 % en peso o menos.

- Preferiblemente, la capa de recubrimiento de Al puede tener un grosor en el intervalo de aproximadamente de 10 a 30 μm . Cuando el grosor es demasiado delgado, se deteriora la resistencia a la corrosión tras el recubrimiento. Cuando el grosor es demasiado grueso, pueden deteriorarse la soldabilidad y la conformabilidad. En particular para
25 la conformabilidad, durante la estampación tras calentamiento a altas temperaturas, el compuesto intermetálico muestra fragilidad y puede producirse descascarillado fácilmente. Por tanto, el grosor de recubrimiento puede ser preferiblemente de aproximadamente 10 a 30 μm .

A continuación, en el presente documento, se describirá detalladamente un método de fabricación.

- 30 Mediante el recalentamiento de una placa de acero que cumple la composición de acero descrita anteriormente, sometiendo a la placa de acero recalentada a enrollado y laminado en caliente, puede fabricarse una lámina de acero laminada en caliente. Un método para la fabricación de la lámina de acero laminada en caliente no está limitado específicamente y, por tanto, la lámina de acero laminada en caliente puede fabricarse según métodos generales. La lámina de acero puede fabricarse mediante recalentamiento de la placa de acero a desde 1,100°C hasta 1,300°C, sometiendo a la placa de acero recalentada a laminado de acabado en caliente a una temperatura no
35 más baja que la del punto de transformación Ar3 pero no más alta de 900°C, y enrollando la lámina de acero laminada en caliente a desde 650°C hasta 700°C.

- Una lámina de acero laminada en frío puede fabricarse mediante decapado y laminado en frío de la lámina de acero laminada en caliente fabricada. Mientras que la razón de reducción de laminado en frío tras el decapado no está limitada, el límite inferior puede ser preferiblemente de aproximadamente el 30 % porque cuando es demasiado bajo, es difícil obtener un grosor deseado y corregir la forma de la lámina de acero. Cuando la razón de reducción del laminado en frío es mayor del 80 %, hay una alta posibilidad de que se produzca agrietamiento en bordes de la lámina de acero y puede inducirse una carga durante el laminado en frío. Por tanto, la razón de reducción puede ser
40 preferiblemente del 80 % o menos.

- Tras un tratamiento térmico de la lámina de acero laminada en frío, se realiza recubrimiento de Al sobre la misma. Mediante la realización de recubrimiento de Al tras el tratamiento térmico de la lámina de acero laminada en frío puede fabricarse una lámina de acero que tiene resistencia al calor y características superficiales excelentes. El método de recubrimiento de aluminio no está particularmente limitado y ejemplos del mismo incluyen baño por inmersión en caliente, electrorecubrimiento, recubrimiento por deposición a vacío, y chapado. Sin embargo, la inmersión en caliente es el más rentable económicamente.

50 **Modo para la invención**

A continuación, se explicarán en detalle realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención.

Ejemplos

- Placas de acero que tienen la composición como se exponen en la tabla 1 se sometieron a fundición a vacío, y calentamiento en un horno de calentamiento en un intervalo de temperaturas de 1,150°C a 1,250°C durante 1 hora, seguido de laminado en caliente. El laminado en caliente se terminó a una temperatura de 890°C a 920°C. Se realizó enrollado a 700°C. Después, las láminas de acero laminadas en caliente se sometieron a decapado y
55

laminado en frío a una razón de reducción de laminado en frío del 75 %, y después, las láminas de acero laminadas en frío se sometieron a aluminizado por inmersión en caliente.

5 Para el aluminizado por inmersión en caliente, las láminas de acero laminadas en frío desengrasadas se trataron con calor en una atmósfera reductora de nitrógeno e hidrógeno (la concentración de hidrógeno del 30 %) a una temperatura de punto de condensación de -40°C y la temperatura máxima de tratamiento térmico de recocido de reducción fue de 820°C. Tras el tratamiento térmico, las láminas de acero se enfriaron a 680°C y se sometieron a estabilización durante un tiempo determinado, y después se sometieron a inmersión en un baño de recubrimiento mantenido a 680°C para su recubrimiento.

10 El baño de recubrimiento estaba compuesto del 8,5 % en peso de Si y el resto de Al. Para asegurar un grosor de recubrimiento de 20 a 30 µm por lado, se realizó retirada de gases.

Tras esto, las muestras recubiertas se sometieron a un aparato de enfriamiento el floreado superficial de las láminas de acero recubiertas de aluminio por inmersión en caliente se ajustó al mínimo.

Tabla 1

Muestras de acero	C	Si	Mn	P	S	Al soluble	Cu	Ni	N	Nb
Acero inventivo 1	0,002	0,15	0,4	0,014	0,012	0,044	0,2	0,2	0,003	0,04
Acero inventivo 2	0,004	0,2	0,4	0,015	0,010	0,041	0,2	0,4	0,003	0,05
Acero inventivo 3	0,002	0,2	0,5	0,011	0,015	0,047	0,4	0,3	0,003	0,03
Acero inventivo 4	0,003	0,05	0,5	0,010	0,010	0,048	0,2	0,5	0,003	0,05
Acero inventivo 5	0,002	0,08	0,3	0,015	0,008	0,057	0,3	0,4	0,003	0,03
Acero comparativo 1	0,018	0,2	0,5	0,012	0,010	0,035	0,01	0,04	0,003	0,02
Acero comparativo 2	0,003	0,5	0,03	0,011	0,012	0,036	0,02	0,3	0,003	0,04
Acero comparativo 3	0,003	0,01	0,4	0,014	0,013	0,050	0,01	0,02	0,003	0,04
Acero comparativo 4	0,004	0,09	0,4	0,013	0,009	0,048	0,01	0,01	0,003	0,04
Acero comparativo 5	0,003	0,10	0,2	0,009	0,014	0,049	0,2	0,01	0,003	0,002

15 Para evaluar las propiedades de resistencia al calor de las láminas de acero recubiertas de aluminio por inmersión en caliente fabricadas como se ha indicado anteriormente, se realizó un ensayo de tracción a 700°C y se midieron los límites elásticos a alta temperatura y se muestran en la tabla 2. Para evaluar las propiedades de resistencia a la oxidación, las láminas de acero fabricadas como se ha indicado anteriormente se pesaron y calentaron en hornos de mufla en los que las temperaturas se mantuvieron a 700°C y 800°C, respectivamente, durante 48 horas y después se sometieron a enfriamiento por aire. El experimento anteriormente mencionado, como un ciclo, se realizó repetidamente durante 5 ciclos y se midieron los aumentos de peso. Los resultados de los mismos se muestran en la tabla 2. El aumento de peso indica que se aumentó la cantidad de formación de capa de aleación de FeAl. Por tanto, se puede determinar superioridad de la adhesión a partir de las medidas de aumento de peso.

25 Además, las muestras que se trataron térmicamente hasta 5 ciclos se sometieron a procedimiento de torsión a 180° (torsión 0t) y después al ensayo de adhesión a alta temperatura y se observó la apariencia de las superficies y los resultados del mismo se muestran en la tabla 2. A partir de los resultados de la observación, © significa muy bueno, O significa bueno, Δ significa promedio y × significa pobre.

Tabla 2

Muestras de acero	Alta temp. LE (MPa)	Resistencia a la oxidación (g/m ²)		Propiedades mecánicas (temp. ambiente)		Adhesión		Apariencia de la superficie
		700°C	800 °C	LE(MPa)	RT(MPa)	Temp. ambiente	800 °C	
Acero inventivo 1	73	15	40	175	370	©	©	©

ES 2 727 280 T3

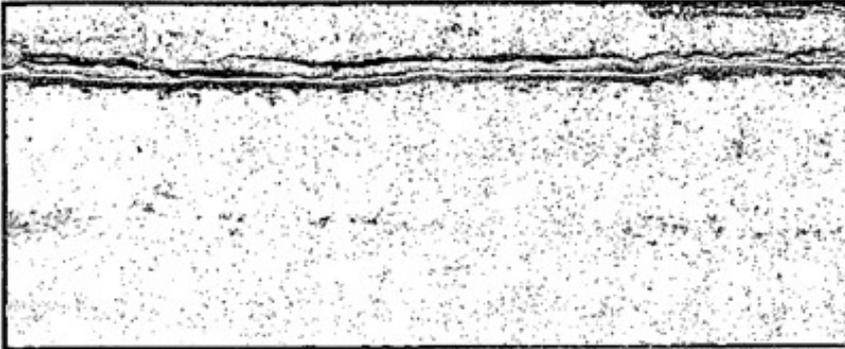
Acero inventivo 2	71	18	42	172	365	⊙	⊙	⊙
Acero inventivo 3	70	20	45	178	378	⊙	⊙	⊙
Acero inventivo 4	75	17	44	170	360	⊙	⊙	⊙
Acero inventivo 5	72	16	40	168	365	⊙	⊙	⊙
Acero comparativo 1	55	35	60	325	380	⊙	Δ	○
Acero comparativo 2	50	37	62	189	398	Δ	○	X
Acero comparativo 3	45	40	65	170	362	⊙	Δ	○
Acero comparativo 4	42	36	70	165	385	⊙	Δ	○
Acero comparativo 5	50	32	67	251	358	⊙	○	Δ

- 5 Como se muestra en la tabla 2 los límites elásticos a alta temperatura a 700°C de los aceros inventivos de la presente invención fueron de 70 MPa o más y se descubrió que los aceros inventivos mostraban una excelente resistencia a alta temperatura. Sin embargo, los aceros comparativos en las mismas condiciones quedaron tras los aceros inventivos.
- Como los resultados de las mediciones de las apariencias de la superficie y adhesión de recubrimiento, se encontró que todos los aceros inventivos garantizaron apariencias de superficie, adhesión de recubrimiento excelentes y las capas de recubrimiento no se descascarillaron a alta temperatura de hasta 800°C y la adhesión a altas temperaturas fue excelente.
- 10 Mientras tanto, la resistencia a la oxidación a altas temperaturas se midió en cada ciclo y a partir de los resultados mostrados en la tabla 2, se encontró que los ejemplos de la presente invención mostraron una excelente resistencia a la oxidación. Sin embargo, a partir de los ejemplos comparativos que estaban fuera del intervalo de la presente invención, se produjo una oxidación excesiva y la resistencia a la oxidación fue inferior.
- 15 Mientras, tras realizar 5 ciclos, se compararon microestructuras en sección transversal de las capas de recubrimiento del acero inventivo 1 y el acero comparativo 1. La figura 1 muestra los resultados de los ensayos de adhesión tras el tratamiento térmico del acero inventivo 1 y el acero comparativo 1 a alta temperatura como microestructuras en sección transversal de las capas de recubrimiento y la figura 2 muestra la morfología superficial del acero inventivo 1 y el acero comparativo 1 tras el tratamiento térmico a alta temperatura, respectivamente. Como se muestra en la figura 1(a), en el acero inventivo 1, una aparición de agrietamiento entre el sustrato de acero y la capa de recubrimiento fue pequeño incluso después del tratamiento térmico y el resultado fue favorable. Sin embargo, en el acero comparativo 1 en la figura 1(b), se encontró que la aparición de agrietamiento entre el sustrato de acero y la capa de recubrimiento fue grande y se produjo descascarillado.
- 20 Mientras que en el acero inventivo 1 de la figura 2(a), se observó de manera uniforme una microestructura granulada fina sobre la superficie incluso tras el tratamiento térmico, el acero comparativo 1 de la figura 2(b) mostró una microestructura en polvo gruesa. Como resultado del análisis de las superficies, el acero inventivo 1 mostró bajo Fe de 9,4 %, mientras que el acero comparativo 1 mostró el 14,9 % de Fe. Así, la razón por la cual una concentración de Fe fue baja en el acero inventivo, fue porque el compuesto intermetálico CuNi-(AlSiFe) producido en la superficie de contacto inhibió la difusión de Fe del sustrato de acero.
- 25

REIVINDICACIONES

1. Lámina de acero recubierta de aluminio que presenta una excelente resistencia a la oxidación y al calor, que comprende:
- 5 una capa de recubrimiento de aluminio formada sobre una superficie de una lámina de acero que comprende del 0,001 al 0,015 % en peso de carbono (C), del 0,05 al 0,3 % en peso de silicio (Si), del 0,1 al 0,6 % en peso de manganeso (Mn), del 0,01 al 0,05 % en peso de niobio (Nb), 0,015 % en peso o menos de fósforo (P), 0,015 % en peso o menos de azufre (S), 0,1 % en peso o menos de aluminio soluble (Al), del 0,05 al 0,5 % en peso de cobre (Cu), del 0,05 al 0,5 % en peso de níquel (Ni), del 0,001 al 0,01 % en peso de nitrógeno (N), y el resto de Fe e impurezas inevitables; y
- 10 una capa de aleación que comprende un compuesto intermetálico en una superficie de contacto entre la lámina de acero y la capa de recubrimiento de aluminio.
2. Lámina de acero recubierta de aluminio según la reivindicación 1, en la que el compuesto 1 ic intermetálico es un compuesto 1 ic intermetálico basado en Cu-Ni-Fe(-Al-Si).
- 15 3. Lámina de acero recubierta de aluminio según la reivindicación 1, en la que la capa de aleación tiene un grosor de 3 μm o menos.
4. Lámina de acero recubierta de aluminio según la reivindicación 1, en la que la capa de recubrimiento de aluminio comprende de 5 a 11 en peso de silicio (Si) y el resto de aluminio (Al) e impurezas inevitables.
5. Lámina de acero recubierta de aluminio según la reivindicación 1, en la que la capa de recubrimiento de aluminio comprende el 10 % en peso o menos de acero (Fe) y el 50 % en peso o más de aluminio (Al).
- 20 6. Lámina de acero recubierta de aluminio según la reivindicación 1, en la que la capa de recubrimiento de aluminio tiene un grosor de 10 μm a 30 μm .

[Figura 1] (a)

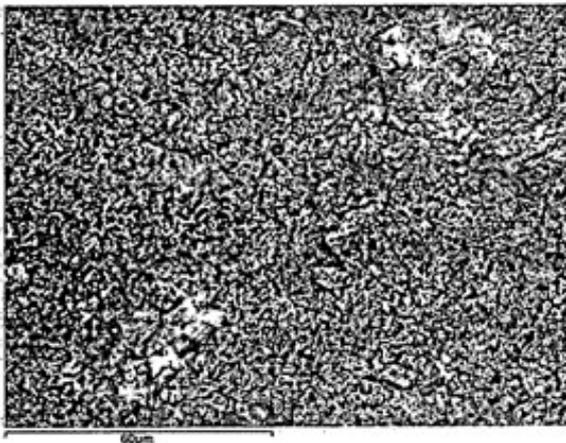


(b)



Grieta

[Figura 2] (a)



(b)

