

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 667 959**

51 Int. Cl.:

|                   |                             |           |
|-------------------|-----------------------------|-----------|
| <b>C21D 1/74</b>  | (2006.01) <b>C22C 38/04</b> | (2006.01) |
| <b>C21D 6/00</b>  | (2006.01) <b>C22C 38/06</b> | (2006.01) |
| <b>C21D 1/76</b>  | (2006.01) <b>C22C 38/50</b> | (2006.01) |
| <b>C21D 9/46</b>  | (2006.01) <b>C22C 38/44</b> | (2006.01) |
| <b>C23C 8/18</b>  | (2006.01) <b>C22C 38/48</b> | (2006.01) |
| <b>C22C 38/00</b> | (2006.01)                   |           |
| <b>C23C 8/14</b>  | (2006.01)                   |           |
| <b>C22C 38/52</b> | (2006.01)                   |           |
| <b>C21D 8/02</b>  | (2006.01)                   |           |
| <b>C22C 38/02</b> | (2006.01)                   |           |

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.07.2014 PCT/JP2014/003747**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **05.02.2015 WO15015728**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.07.2014 E 14832902 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2018 EP 2987888**

54 Título: **Lámina de acero inoxidable ferrítico**

30 Prioridad:

**30.07.2013 JP 2013157537**

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

**16.05.2018**

73 Titular/es:

**JFE STEEL CORPORATION (100.0%)  
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome  
Chiyoda-ku, Tokyo, 100-0011, JP**

72 Inventor/es:

**MIZUTANI, AKITO;  
FUJISAWA, MITSUYUKI y  
OGATA, HIROYUKI**

74 Agente/Representante:

**FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás**

ES 2 667 959 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 inoxidable ferrítico

## 5 [Campo técnico]

La presente invención se refiere a una lámina de acero inoxidable ferrítico que tiene alta resistencia a la oxidación, alta estabilidad de conformación a altas temperaturas, alta adhesión a una capa de óxido, y alta adhesión a un recubrimiento de catalizador y particularmente se refiere a una lámina de acero inoxidable ferrítico que se usa adecuadamente como material de un soporte de catalizador para instalaciones de purificación de gases de escape incluidas en automóviles, maquinaria agrícola, maquinaria de construcción, maquinaria industrial y similares.

## [Técnica anterior]

15 Se han usado ampliamente sopladuras cerámicas y sopladuras de metal compuestas por una lámina de acero inoxidable como soporte de catalizador para instalaciones de purificación de gases de escape incluidas en automóviles, maquinaria agrícola, maquinaria de construcción, maquinaria industrial y similares. Entre estas sopladuras, recientemente, se han usado cada vez más sopladuras de metal puesto que permiten que se logre una mayor razón de abertura y tienen mayor resistencia a choque térmico y mayor resistencia a la vibración que las sopladuras cerámicas.

20 Una sopladura de metal tiene una estructura de sopladura formada, por ejemplo, apilando una lámina de acero inoxidable plana (lámina plana) y una lámina de acero inoxidable que se ha trabajado para dar una conformación corrugada (lámina corrugada) alternativamente. Se aplica un material catalítico sobre la superficie de la lámina de acero inoxidable, y la sopladura de metal resultante se usa en una instalación de purificación de gases de escape. Cuando se aplica un material catalítico sobre la superficie de la lámina de acero inoxidable, la lámina de acero inoxidable se recubre comúnmente con  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  para formar una capa de recubrimiento de lavado y un material catalítico tal como Pt o Rh se aplica a la capa de recubrimiento de lavado.

30 La figura 1 ilustra un ejemplo de una sopladura de metal. La sopladura de metal ilustrada en la figura 1 es una sopladura de metal 4 preparada apilando una lámina plana 1 y una lámina corrugada 2, que están compuestas por una lámina de acero inoxidable, bobinando el producto resultante para dar una conformación de rollo, y fijando la periferia del producto bobinado en su lugar con un cilindro externo 3 compuesto por un acero inoxidable.

35 Debido a que la sopladura de metal se expone a un gas de escape a alta temperatura, se requiere que un material de la sopladura de metal, es decir, una lámina de acero inoxidable, tenga alta resistencia a la oxidación. También se requiere que el material de la sopladura de metal, es decir, la lámina de acero inoxidable, tenga alta adhesión (adhesión a un recubrimiento de catalizador) a un recubrimiento de catalizador (capa de recubrimiento de lavado sobre la que se deposita un material catalítico).

40 Por los motivos descritos anteriormente, hasta ahora, se han usado principalmente láminas de acero inoxidable ferrítico de alto contenido en Al tales como una lámina de acero inoxidable ferrítico del 20 % en masa de Cr - 5 % en masa de Al y una lámina de acero inoxidable ferrítico del 18 % en masa de Cr - 3 % en masa de Al como lámina de acero inoxidable para formar un soporte de catalizador para instalaciones de purificación de gases de escape, tales como una sopladura de metal.

45 Cuando se añade Al a un acero inoxidable de modo que el contenido en Al en el acero inoxidable es del 3 % en masa o más, la superficie del acero inoxidable puede protegerse mediante una capa de óxido de Al compuesta principalmente por  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , que potencia notablemente la resistencia a la oxidación. Además, también puede potenciarse notablemente la resistencia a la corrosión a altas temperaturas. La capa de óxido de Al tiene una alta afinidad por un recubrimiento de  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  (recubrimiento de lavado), que se usa comúnmente con el fin de depositar un catalizador sobre la lámina, y por tanto tiene alta adhesión a un recubrimiento de catalizador (adhesión entre la capa de óxido y el recubrimiento de lavado). Por tanto, una lámina de acero inoxidable ferrítico de alto contenido en Al que tiene un contenido en Al del 3 % en masa o más tiene notablemente alta adhesión a un recubrimiento de catalizador.

50 Se han usado ampliamente láminas de acero inoxidable ferrítico de alto contenido en Al como material de un soporte de catalizador puesto que tienen alta resistencia a la oxidación y alta adhesión a un recubrimiento de catalizador. En particular, las instalaciones de purificación de gases de escape de automóviles de gasolina, en las que la temperatura de los gases de escape alcanza 1000 °C o más, incluyen un soporte de catalizador compuesto por una lámina de acero inoxidable ferrítico con el 20 % en masa de Cr - 5 % en masa de Al o un soporte de catalizador compuesto por una lámina de acero inoxidable ferrítico con el 18 % en masa de Cr - 3 % en masa de Al, que tienen una resistencia a la oxidación notablemente alta.

65 Por otro lado, la temperatura de los gases de escape de automóviles diésel no se eleva tanto como la temperatura de los gases de escape de automóviles de gasolina, y la temperatura alcanzada es generalmente de

aproximadamente 800 °C. La temperatura más alta alcanzada por los gases de escape de maquinaria agrícola, maquinaria de construcción, maquinaria industrial, una fábrica, o similares es incluso más baja que la temperatura más alta alcanzada por los gases de escape de automóviles diésel. Por tanto, no se requiere que un material de un soporte de catalizador para instalaciones de purificación de gases de escape incluidas en automóviles diésel, maquinaria industrial, y similares, en el que la temperatura de los gases de escape es relativamente baja, tenga una resistencia a la oxidación notablemente alta comparable a las de una lámina de acero inoxidable ferrítico con el 20 % en masa de Cr - 5 % en masa de Al y una lámina de acero inoxidable ferrítico con el 18 % en masa de Cr – el 3 % en masa de Al.

Además, la eficacia de producción de una lámina de acero inoxidable ferrítico de alto contenido en Al que tiene un contenido en Al del 3 % en masa o más es baja, lo que aumenta el coste de producción, mientras que el acero inoxidable ferrítico de alto contenido en Al tiene alta resistencia a la oxidación y alta adhesión a un recubrimiento de catalizador. Puesto que la adición de una gran cantidad de Al a un acero inoxidable ferrítico reduce significativamente la tenacidad del acero inoxidable ferrítico, puede producirse agrietamiento mientras se enfría un desbaste plano colado, y a menudo puede producirse la rotura de una chapa de acero durante el tratamiento de una chapa laminada en caliente o durante laminado en frío realizado en la producción de la lámina de acero inoxidable ferrítico de alto contenido en Al. Esto da como resultado dificultad para producir la lámina y una reducción del rendimiento. Además, puede formarse una cascarilla de óxido dura sobre un acero de alto contenido en Al, lo que deteriora la calidad del producto en una etapa de descascarillado en la que se realizan decapado, pulido, y similares y aumenta el número de horas de mano de obra requeridas.

Con el fin de abordar los problemas descritos anteriormente, se han propuesto técnicas en las que se mejora la eficacia de producción de una lámina de acero inoxidable ferrítico usada como material de un soporte de catalizador tal como una sopladura de metal reduciendo el contenido en Al en la lámina al mínimo.

Por ejemplo, el documento de patente 1 propone una técnica en la que se forma una sopladura de metal apilando una chapa plana y una chapa corrugada que se componen de una lámina de acero inoxidable ferrítico alternativamente unión por difusión o unión en fase líquida, teniendo la lámina de acero inoxidable ferrítico un contenido en Al limitado a un nivel de impurezas de hasta el 0,8 % en lo que se refiere a la proporción en peso y un contenido en Nb del 0,1 % al 0,6 %. Según la técnica propuesta en el documento de patente 1, es posible mejorar la eficacia de producción de la lámina de acero inoxidable ferrítico mientras se logra alta resistencia a la oxidación de la lámina. Además, es posible reducir el riesgo de formación de una capa de alúmina, que inhibe la unión cuando se realiza un tratamiento térmico a alta temperatura durante la unión por difusión o unión en fase líquida. Esto permite que se produzca una sopladura de metal a un bajo coste.

El documento de patente 2 propone una técnica en la que se forma una sopladura de metal apilando una chapa plana y una chapa corrugada que se componen de una lámina de acero inoxidable ferrítico alternativamente mediante unión por difusión o unión en fase líquida, teniendo la lámina de acero inoxidable ferrítico un contenido en Al limitado a un nivel de impurezas de hasta el 0,8 % en lo que se refiere a la proporción en peso y un contenido en Mo del 0,3 % al 3 %. Según la técnica propuesta en el documento de patente 2, es posible mejorar la eficacia de producción de la lámina de acero inoxidable ferrítico a la vez que se logra una alta resistencia a la oxidación de la lámina y alta resistencia a corrosión por ácido sulfúrico de la lámina. Además, es posible reducir el riesgo de formación de una capa de alúmina, que inhibe la unión cuando se realiza un tratamiento térmico a alta temperatura durante la unión por difusión o unión en fase líquida. Esto permite que se produzca una sopladura de metal a un bajo coste.

El documento de patente 3 propone una técnica que no está relacionada con una lámina de acero inoxidable sino con una chapa de acero inoxidable ferrítico que contiene Al que tiene un grosor de aproximadamente 0,6 a 1,5 mm que se usa como material de un miembro de soporte de catalizador, en el que se añade Al a un acero con el 18 % en masa de Cr de modo que el contenido en Al en el acero es del 1,0 % a menos del 3,0 % en masa y una capa de óxido que tiene un contenido en Al del 15 % o más y se forma un grosor de 0,03 a 0,5  $\mu\text{m}$  sobre la superficie de la chapa de acero. Según la técnica propuesta en el documento de patente 3, es posible producir una chapa de acero inoxidable ferrítico resistente al calor que contiene Al que tiene alta trabajabilidad y alta resistencia a la oxidación.

El documento de patente 4 divulga un sistema que comprende un sustrato de acero inoxidable ferrítico que tiene un recubrimiento de óxido fuertemente adherente y un material catalítico sobre el mismo. El acero inoxidable ferrítico consiste esencialmente en, en peso, de hasta el 26 % de cromo, desde el 1 hasta el 8 % de aluminio, desde el 0,02 hasta el 2 % de hafnio, hasta el 0,3 % de itrio, hasta el 0,1 % de carbono, hasta el 2 % de silicio, y siendo el resto esencialmente hierro.

El documento de patente 5 describe un sistema de catalizador que comprende un sustrato de acero ferrítico que porta aluminio, una capa cerámica eléctricamente aislante sobre una superficie de dicho sustrato de acero ferrítico, y un material catalítico soportado sobre la capa cerámica. El sustrato de acero que porta aluminio comprende una aleación de hierro, cromo, aluminio e itrio, y tiene la propiedad de formar una capa de alúmina al calentar en el aire. El sistema es particularmente adecuado para sistemas de catalizador para tratar gases de escape de motores de combustión interna.

**[Lista de referencias]****[Bibliografía de patentes]**

- 5 [PTL 1] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada n.º 7-213918
- [PTL 2] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada n.º 7-275715
- 10 [PTL 3] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada n.º 2004-307918
- [PTL 4] Documento US 4 277 374
- [PTL 5] Documento US 3 920 583

**[Sumario de la invención]****[Problema técnico]**

20 Sin embargo, en las técnicas propuestas en los documentos de patente 1 y 2, puesto que el contenido en Al en la lámina de acero inoxidable ferrítico se reduce hasta el 0,8 % o menos en lo que se refiere a la proporción en peso, no puede formarse una capa de óxido de Al sobre la superficie de la lámina a altas temperaturas, sino que en su lugar se forma una capa de óxido de Cr. Si se forma una capa de óxido de Cr en lugar de una capa de óxido de Al, la resistencia a la oxidación de la lámina de acero inoxidable ferrítico puede degradarse. Además, si se forma una

25 capa de óxido de Cr en lugar de una capa de óxido de Al, puede degradarse la estabilidad de conformación de la lámina de acero inoxidable ferrítico a altas temperaturas y la adhesión de la lámina a una capa de óxido (adhesión entre una fundición de base y la capa de óxido), lo que da como resultado degradación de la adhesión de la lámina a un recubrimiento de catalizador (adhesión entre la capa de óxido y el recubrimiento de lavado).

30 Si la capa de óxido formada sobre la superficie de la lámina se compone de una capa de óxido de Cr únicamente, la diferencia en el coeficiente de expansión térmica entre la capa de óxido y una fundición de base se hace grande en comparación con el caso en el que la capa de óxido se compone de una capa de óxido de Al. Como resultado, puede producirse deformación por fluencia a alta temperatura, lo que da como resultado deformación de la lámina y desprendimiento de la capa de óxido. Además, en el caso en el que se aplica un material catalítico sobre la

35 superficie de una lámina de acero inoxidable ferrítico de este tipo, el recubrimiento de catalizador depositado sobre la superficie de la lámina de acero inoxidable ferrítico puede soltarse debido a la deformación de la lámina y al desprendimiento de la capa de óxido que pueden producirse a alta temperatura. Por tanto, es imposible producir una sopladura de metal que tenga las propiedades requeridas para un soporte de catalizador mediante las técnicas propuestas en los documentos 1 y 2 citados.

40 La técnica propuesta en el documento de patente 3 se refiere a una chapa de acero laminada en frío que tiene un grosor de 1 mm. Por tanto, un material de lámina adecuado como material de un soporte de catalizador no siempre se produce aplicando esta técnica a un material de lámina. Puesto que un material de lámina es considerablemente delgado, la resistencia mecánica a alta temperatura de una fundición de base de un material de lámina es menor

45 que la de un material de placa, y es probable que un material de lámina se deforme a alta temperatura. Por tanto, en el caso en el que la técnica propuesta en el documento de patente 3 se aplica a un material de lámina, puede producirse deformación debido a la diferencia en el coeficiente de expansión térmica entre la capa de óxido y la fundición de base cuando se agota el Al y empieza a formarse una capa de óxido de Cr mientras se oxida el material de lámina a alta temperatura porque la carga de prueba de la fundición de base del material de lámina no es lo

50 suficientemente alta.

Además, cuando se oxida un acero inoxidable que tiene un contenido en Al de menos del 3 % a alta temperatura, no se forma una capa de óxido de Al sobre la superficie del acero inoxidable de manera uniforme, lo que deteriora significativamente la adhesión a un recubrimiento de catalizador. En general, se forma una capa de óxido de Cr

55 compuesta principalmente por  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  sobre la superficie de un acero inoxidable que tiene un contenido en Al de menos del 3 % a alta temperatura. Sin embargo,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  tiene escasa adhesión a  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ , lo que constituye un recubrimiento de lavado (adhesión a un recubrimiento de catalizador). Además, tal como se describió anteriormente, puede producirse deformación debido a la diferencia en el coeficiente de expansión térmica entre la capa de óxido de Cr y la fundición de base, y es probable que se produzca desprendimiento del recubrimiento de lavado y el catalizador depositado.

60

Tal como se describió anteriormente, la degradación de resistencia a la oxidación, la estabilidad de conformación a altas temperaturas, la adhesión a una capa de óxido y la adhesión a un recubrimiento de catalizador, que puede provocarse debido a la formación de una capa de óxido de Cr, han sido problemas graves para una lámina de acero

65 inoxidable ferrítico en la que el contenido en Al se reduce con el fin de mejorar la eficacia de producción y la trabajabilidad de la lámina.

Un objeto de la presente invención es abordar estos problemas y proporcionar una lámina de acero inoxidable ferrítico adecuada como material de un soporte de catalizador para instalaciones de purificación de gases de escape (por ejemplo, sopladora de metal) que se usan a temperaturas relativamente bajas, es decir, específicamente, para mejorar la resistencia a la oxidación de una lámina de acero inoxidable ferrítico de bajo contenido en Al, la estabilidad de conformación de la lámina a altas temperaturas, la adhesión de la lámina a una capa de óxido, y la adhesión de la lámina a un recubrimiento de catalizador y proporcionar una lámina de acero inoxidable ferrítico que tiene buena eficacia de producción.

#### [Solución al problema]

Un soporte de catalizador para instalaciones de purificación de gases de escape incluidas en automóviles diésel, maquinaria industrial, y similares se expone a una atmósfera oxidante a de 500 °C a 800 °C durante el funcionamiento. Por consiguiente, se requiere que una lámina de acero inoxidable ferrítico usada como material del soporte de catalizador descrito anteriormente tenga alta resistencia a la oxidación con lo que el soporte de catalizador es capaz de resistir un largo periodo de funcionamiento en una atmósfera oxidante a de 500 °C a 800 °C. Además, con el fin de evitar que se produzca el desprendimiento del catalizador durante el funcionamiento a altas temperaturas, es deseable que la cantidad de deformación de la lámina de acero inoxidable ferrítico usada como material del soporte de catalizador descrito anteriormente que se produce cuando se usa en una atmósfera oxidante a de 500 °C a 800 °C sea pequeña (estabilidad de conformación). Además, es deseable que sea menos probable que una capa de óxido formada sobre la superficie de la lámina se desprenda a altas temperaturas (adhesión a una capa de óxido). Además, la adhesión entre un recubrimiento de lavado sobre el que se deposita un catalizador y la superficie de la lámina es deseablemente alta (adhesión a un recubrimiento de catalizador).

Los inventores de la presente invención han llevado a cabo estudios extensos de diversos factores que pueden afectar a la resistencia a la oxidación de una lámina de acero inoxidable ferrítico de bajo contenido en Al que tiene un contenido en Al de menos del 3 %, a la estabilidad de conformación de la lámina a altas temperaturas, a la adhesión de la lámina a una capa de óxido, y a la adhesión de la lámina a un recubrimiento de catalizador y, como resultado, encontraron los hechos (1) a (4) a continuación.

#### (1) Resistencia a la oxidación

Puede producirse una lámina de acero inoxidable ferrítico de bajo contenido en Al que tiene resistencia a la oxidación lo suficientemente alta en una atmósfera oxidante a de 500 °C a 800 °C limitando el contenido en Mn al 0,20 % o menos y el contenido en Al a más del 1,5 %. Sin embargo, si el contenido en Al es del 3 % o más, puede degradarse la tenacidad de un desbaste plano y la tenacidad de una chapa laminada en caliente, lo que da como resultado no poder lograr una buena eficacia de producción, que es uno de los objetos de la presente invención. Por tanto, con el fin de lograr tanto alta resistencia a la oxidación como buena eficacia de producción, el contenido en Al en la lámina de acero inoxidable ferrítico de bajo contenido en Al se limita a de más del 1,5 % a menos del 3 %.

#### (2) Estabilidad de conformación a altas temperaturas

Puede reducirse la cantidad de deformación de la lámina que se produce a altas temperaturas (de 500 °C a 800 °C) de manera eficaz aumentando la resistencia mecánica a alta temperatura de la lámina. La deformación de la lámina resulta de una tensión térmica provocada debido a la diferencia en el coeficiente de expansión térmica entre una capa de óxido formada sobre la superficie de la lámina y una fundición de base. La cantidad de deformación de la lámina puede reducirse aumentando la resistencia mecánica a alta temperatura de la lámina hasta un nivel lo suficientemente alto al que la lámina es capaz de resistir la tensión térmica. Puede aumentarse la resistencia mecánica a alta temperatura de una lámina de acero inoxidable ferrítico de bajo contenido en Al que tiene un contenido en Al de menos del 3 % de manera eficaz mediante endurecimiento por precipitación, lo que puede realizarse añadiendo Cu a la lámina. También pueden usarse elementos de endurecimiento de solutos tales como Nb, Mo, W y Co en combinación con Cu con el fin de aumentar adicionalmente la resistencia mecánica a alta temperatura de la lámina.

Cuando se mantiene una lámina de acero inoxidable ferrítico que tiene un contenido en Si del 0,20 % o menos, un contenido en Al de más del 1,5 % y menos del 3 %, y un contenido en Cr del 10,5 % o más y del 20,0 % o menos en una atmósfera oxidante a de 500 °C a 800 °C, se forma una capa compuesta de una capa de óxido de Al compuesta principalmente por  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y una capa de óxido de Cr compuesta principalmente por  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  sobre la superficie de la lámina. En el caso en el que se forme la capa compuesta sobre la superficie de la lámina, la cantidad de deformación de la lámina que se produce a altas temperaturas se vuelve pequeña en comparación con el caso en el que sólo se forme una capa de óxido de Cr sobre toda la superficie de la lámina. Esto se debe presuntamente a una reducción en la tensión térmica que está provocada por la capa de óxido de Al, que se forma parcialmente sobre la superficie de la lámina. Puesto que la diferencia en el coeficiente de expansión térmica entre la fundición de base de la lámina de acero inoxidable ferrítico y la capa de óxido de Cr es considerablemente grande, se provoca una gran tensión térmica en el caso en el que sólo se forme la capa de óxido de Cr sobre toda la superficie de la lámina, lo que puede dar como resultado deformación de la lámina, agrietamiento en la capa de óxido y desprendimiento de la

capa de óxido. En cambio, se considera que, en el caso en el que se forme la capa compuesta de una capa de óxido de Al y una capa de óxido de Cr, la capa de óxido de Al, que tiene un coeficiente de expansión térmica menor que el de la capa de óxido de Cr, reduce la tensión térmica descrita anteriormente, lo que reduce la cantidad de deformación de la lámina, el riesgo de agrietamiento en la capa de óxido y el riesgo de desprendimiento de la capa de óxido.

### (3) Adhesión a capa de óxido

Aumentar la resistencia mecánica a alta temperatura de la lámina y, de ese modo, mejorar la estabilidad de conformación de la lámina tal como se describe en (2) también aumenta la adhesión de la lámina a la capa de óxido. Uno de los factores que conducen al desprendimiento de la capa de óxido son grietas que pueden formarse cuando se produce la deformación de la lámina a alta temperatura y huecos que pueden formarse en la superficie de contacto entre la capa de óxido y la fundición de base. Si están presentes tales grietas y huecos, la fundición de base, que no está protegida en un grado suficiente, se expone en la superficie de la lámina, y la parte expuesta de la fundición de base se oxida hasta un grado considerable, lo que puede dar como resultado desprendimiento de la capa de óxido. Por tanto, limitar la composición de la lámina de acero inoxidable ferrítico para que sea la composición óptima descrita anteriormente y, de ese modo, aumentar la resistencia mecánica a alta temperatura de la lámina permite que la conformación de la lámina se establezca a altas temperaturas y también aumenta la adhesión de la lámina a la capa de óxido.

### (4) Adhesión a recubrimiento de catalizador

La estabilidad de conformación de la lámina a altas temperaturas y la adhesión de la lámina a la capa de óxido se mejoran de la manera descrita anteriormente. Como resultado, la adhesión de la lámina de acero inoxidable ferrítico a un recubrimiento de catalizador también puede aumentarse.

Además, la adhesión de la lámina a un recubrimiento de catalizador puede aumentarse de manera eficaz formando una capa de óxido adecuada sobre la superficie de la lámina antes de la formación de un recubrimiento de catalizador. Cuando se somete una lámina de acero inoxidable ferrítico de bajo contenido en Al que tiene un contenido en Al de más del 1,5 % y menos del 3 % a un tratamiento térmico en una atmósfera oxidante a 800 °C o más y 1100 °C o menos (a continuación en el presente documento, este tratamiento térmico se denomina "tratamiento de oxidación"), se forma una capa compuesta de una capa de óxido de Al compuesta principalmente por  $Al_2O_3$  y una capa de óxido de Cr compuesta principalmente por  $Cr_2O_3$  sobre la superficie de la lámina. La fracción de área de la capa de óxido de Al es del 20 % o más. En el caso en el que se forma una capa compuesta de este tipo sobre la superficie de la lámina, la adhesión de la lámina a un recubrimiento de catalizador aumenta notablemente en comparación con el caso en el que no se forma una capa de óxido sobre la superficie de la lámina. Esto es presuntamente porque la capa de óxido de Al que se forma parcialmente en la capa compuesta descrita anteriormente tiene una conformación acicular o una conformación de tipo cuchilla y produce de ese modo un efecto de anclaje, lo que aumenta la adhesión de la lámina a un recubrimiento de lavado.

Cuando la lámina de acero inoxidable ferrítico de bajo contenido en Al que tiene un contenido en Al de más del 1,5 % y menos del 3 % se somete a, antes del tratamiento de oxidación descrito anteriormente, un tratamiento térmico en el que la lámina se mantiene a 800 °C o más y 1250 °C o menos durante un periodo de tiempo predeterminado en una atmósfera reductora o a vacío (a continuación en el presente documento, este tratamiento térmico se denomina "pretratamiento térmico"), se facilita el crecimiento de la parte de óxido de Al de la capa compuesta, lo que aumenta adicionalmente la adhesión de la lámina de acero inoxidable ferrítico a un recubrimiento de catalizador.

La presente invención se basa en los hallazgos descritos anteriormente. El resumen de la presente invención es tal como sigue.

[1] Una lámina de acero inoxidable ferrítico que tiene una composición que consiste en, en % en masa, C: el 0,050 % o menos, Si: el 0,20 % o menos, Mn: el 0,20 % o menos, P: el 0,050 % o menos, S: el 0,0050 % o menos, Cr: el 10,5 % o más y el 20,0 % o menos, Ni: el 0,01 % o más y el 1,00 % o menos, Al: más del 1,5 % y menos del 3,0 %, Cu: el 0,01 % o más y el 1,00 % o menos, N: el 0,10 % o menos, uno o más elementos seleccionados de Ti: el 0,01 % o más y el 1,00 % o menos, Zr: el 0,01 % o más y el 0,20 % o menos, y Hf: el 0,01 % o más y el 0,20 % o menos, opcionalmente uno o más elementos seleccionados de Ca: el 0,0010 % o más y el 0,0300 % o menos, Mg: el 0,0015 % o más y el 0,0300 % o menos, y REM: el 0,01 % o más y el 0,20 % o menos, opcionalmente uno o más elementos seleccionados de Nb: el 0,01 % o más y el 1,00 % o menos, Mo: el 0,01 % o más y el 3,00 % o menos, W: el 0,01 % o más y el 3,00 % o menos, y Co: el 0,01 % o más y el 3,00 % o menos de modo que el contenido total del uno o más elementos de Nb, Mo, W y Co es del 0,01 % o más y del 3,00 % o menos, y siendo el resto Fe e impurezas inevitables, en la que la lámina tiene un grosor de 200  $\mu m$  o menos.

[4] La lámina de acero inoxidable ferrítico descrita en [1], estando la lámina de acero inoxidable ferrítico dotada de una capa compuesta que incluye una capa de óxido de Al y una capa de óxido de Cr, estando la capa compuesta dispuesta sobre una superficie de la lámina de acero inoxidable ferrítico, siendo la fracción de área de la capa de

óxido de Al del 20 % o más.

### [Efectos ventajosos de la invención]

5 Según la presente invención, puede producirse una lámina de acero inoxidable ferrítico adecuada como material de un soporte de catalizador para instalaciones de purificación de gases de escape que permite que la eficacia de producción mejore y tiene alta resistencia a la oxidación, alta estabilidad de conformación a altas temperaturas, alta adhesión a una capa de óxido, y alta adhesión a un recubrimiento de catalizador.

10 La lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención puede usarse adecuadamente como material de un soporte de catalizador para instalaciones de purificación de gases de escape incluidas en maquinaria agrícola tal como un tractor y una cosechadora y maquinaria de construcción tal como un buldócer y una pala mecánica, es decir, automóviles diésel sin carga, o un material de un soporte de catalizador para instalaciones de purificación de gases de escape industriales. La lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención también puede  
15 usarse como material de un soporte de catalizador para automóviles diésel y vehículos de dos ruedas, un material de un miembro de cilindro externo para un soporte de catalizador de este tipo, un material de un miembro para gases de escape para automóviles y vehículos de dos ruedas, o un material de tubos de escape para aparatos de calefacción y aparatos de combustión. Las aplicaciones de la lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención no se limitan a las aplicaciones descritas anteriormente.

### [Breve descripción de los dibujos]

[Fig. 1] La figura 1 es un diagrama (vista en sección transversal) que ilustra un ejemplo de una sopladura de metal.

25 [Fig. 2] La figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo de una sección transversal de la superficie de una lámina de acero inoxidable sobre la que se forma una capa de óxido.

[Fig. 3] La figura 3 es un diagrama que ilustra un ejemplo de una observación de SEM de una capa compuesta de una capa de óxido de Al y una capa de óxido de Cr que se forma sobre la superficie de una lámina de acero  
30 inoxidable.

[Fig. 4] La figura 4 es un diagrama esquemático que ilustra un ejemplo de una sección transversal de la superficie de una lámina de acero inoxidable sobre la que se deposita una capa de óxido, en la que se forma un recubrimiento de  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  (recubrimiento de lavado) sobre la capa de óxido.

### Descripción de las realizaciones

La presente invención se describe específicamente a continuación.

40 La lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención tiene una composición que contiene, en % en masa, C: el 0,050 % o menos, Si: el 0,20 % o menos, Mn: el 0,20 % o menos, P: el 0,050 % o menos, S: el 0,0050 % o menos, Cr: el 10,5 % o más y el 20,0 % o menos, Ni: el 0,01 % o más y el 1,00 % o menos, Al: más del 1,5 % y menos del 3,0 %, Cu: el 0,01 % o más y el 1,00 % o menos, N: el 0,10 % o menos, y contiene además uno o más elementos seleccionados de Ti: el 0,01 % o más y el 1,00 % o menos, Zr: el 0,01 % o más y el 0,20 % o menos, y Hf: el 0,01 % o más y el 0,20 % o menos, y siendo el resto Fe e impurezas inevitables. La optimización de la  
45 composición de la lámina de acero inoxidable ferrítico tal como se describió anteriormente permite que se produzca una lámina de acero inoxidable ferrítico que tiene características de oxidación a alta temperatura de modo que se forma una capa compuesta de una capa de óxido de Al y una capa de óxido de Cr sobre la superficie de la lámina en una atmósfera oxidante a alta temperatura.

50 La lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención es un material de lámina compuesto por un acero inoxidable ferrítico. Específicamente, la lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención es un material de lámina que tiene principalmente un grosor de 200  $\mu\text{m}$  o menos y diferente de un material de chapa que tiene generalmente un grosor de más de 200  $\mu\text{m}$  a 3 mm o menos.

55 Los motivos para limitar la composición de la lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención se describen a continuación. Obsérvese que, cuando se hace referencia a una composición, “%” siempre indica “% en masa” a menos que se especifique lo contrario.

60 C: el 0,050 % o menos

Si el contenido en C supera el 0,050 %, puede degradarse la resistencia a la oxidación de la lámina de acero inoxidable ferrítico. Además, si el contenido en C supera el 0,050 %, puede degradarse la tenacidad del acero inoxidable ferrítico, lo que deteriora la eficacia de producción de la lámina. Por tanto, el contenido en C se limita al 0,050 % o menos y se fija preferiblemente al 0,020 % o menos. Sin embargo, fijar el contenido en C a menos del 0,003 % puede aumentar el tiempo requerido para el refinado y es, por tanto, indeseable desde el punto de vista de la  
65

fabricación.

Si: el 0,20 % o menos

- 5 Si el contenido en Si supera el 0,20 %, puede formarse una capa de óxido de Si entre la capa de óxido y la fundición de base, lo que inhibe la formación de una capa de óxido de Al. Como resultado, sólo puede formarse desventajosamente una capa de óxido compuesta por una capa de óxido de Cr en lugar de una capa de óxido compuesta de una capa de óxido de Cr y una capa de óxido de Al. Por tanto, el contenido en Si se limita al 0,20 % o menos, se fija preferiblemente al 0,15 % o menos, y se fija de manera adicionalmente preferible a menos del 0,10 %.
- 10 Sin embargo, si el contenido en Si se fija a menos del 0,03 %, es imposible realizar el refinado mediante un método habitual y el tiempo y el coste requeridos para el refinado pueden aumentar. Por tanto, fijar el contenido en Si a menos del 0,03 % es indeseable desde el punto de vista de la fabricación.

Mn: el 0,20 % o menos

- 15 Si el contenido en Mn supera el 0,20 %, puede degradarse la resistencia a la oxidación de la lámina de acero inoxidable ferrítico. Por tanto, el contenido en Mn se limita al 0,20 % o menos, se fija preferiblemente al 0,15 % o menos, y se fija de manera adicionalmente preferible a menos del 0,10 %. Sin embargo, si el contenido en Mn se fija a menos del 0,03 %, es imposible realizar el refinado mediante un método habitual y el tiempo y el coste requeridos para el refinado pueden aumentar. Por tanto, fijar el contenido en Mn a menos del 0,03 % es indeseable desde el punto de vista de la fabricación.
- 20

P: el 0,050 % o menos

- 25 Si el contenido en P supera el 0,050 %, puede reducirse la adhesión entre una capa de óxido formada sobre la superficie de la lámina de acero inoxidable ferrítico y la fundición de base (adhesión a una capa de óxido). Además, también puede degradarse la resistencia a la oxidación de la lámina de acero inoxidable ferrítico. Por tanto, el contenido en P se limita al 0,050 % o menos y se fija preferiblemente al 0,030 % o menos.

- 30 S: el 0,0050 % o menos

- Si el contenido en S supera el 0,0050 %, puede reducirse la adhesión entre una capa de óxido formada sobre la superficie de la lámina de acero inoxidable ferrítico y la fundición de base (adhesión a una capa de óxido). Además, también puede degradarse la resistencia a la oxidación de la lámina de acero inoxidable ferrítico. Por tanto, el contenido en S se limita al 0,0050 % o menos, se fija preferiblemente al 0,0030 % o menos, y se fija más preferiblemente al 0,0010 % o menos.
- 35

Cr: el 10,5 % o más y el 20,0 % o menos

- 40 El Cr es un elemento esencial para potenciar la resistencia a la oxidación de la lámina de acero inoxidable ferrítico y aumentar la resistencia mecánica de la lámina. Con el fin de obtener un efecto ventajoso de este tipo, es necesario limitar el contenido en Cr al 10,5 % o más. Sin embargo, si el contenido en Cr supera el 20,0 %, puede degradarse la tenacidad de un desbaste plano, una chapa laminada en caliente, una chapa laminada en frío, y similares preparados a partir del acero inoxidable ferrítico, lo que da como resultado no poder lograr una buena eficacia de producción, que es uno de los objetos de la presente invención. Por tanto, el contenido en Cr se limita al 10,5 % o más y el 20,0 % o menos. Cuando se considera el equilibrio entre el coste de producción de la lámina de acero inoxidable ferrítico y las propiedades de la lámina a altas temperaturas, el contenido en Cr se fija preferiblemente al 10,5 % o más y al 18,0 % o menos, se fija más preferiblemente al 13,5 % o más y al 16,0 % o menos, y se fija de manera adicionalmente preferible al 14,5 % o más y al 15,5 % o menos.
- 45
- 50

Ni: el 0,01 % o más y el 1,00 % o menos

- El Ni potencia la capacidad de soldadura fuerte de la lámina de acero inoxidable ferrítico que se requiere cuando la lámina de acero inoxidable ferrítico se forma para dar una estructura de catalizador-soporte deseada. Por tanto, el contenido en Ni se limita al 0,01 % o más. Sin embargo, puesto que el Ni es un elemento de estabilización de austenita, si el contenido en Ni supera el 1,00 %, puede formarse la microestructura de austenita cuando el Al y Cr incluidos en la lámina se consumen debido a oxidación mientras se realiza un tratamiento de oxidación a alta temperatura. Si se forma la microestructura de austenita, aumenta el coeficiente de expansión térmica, lo que puede provocar que se produzcan defectos tales como estricción y rotura de la lámina. Por tanto, el contenido en Ni se limita al 0,01 % o más y al 1,00 % o menos, se fija preferiblemente al 0,05 % o más y al 0,50 % o menos, y se fija más preferiblemente al 0,10 % o más y al 0,20 % o menos.
- 55
- 60

Al: Más del 1,5 % y menos del 3,0 %

- 65 El Al es el elemento más importante en la presente invención. Cuando el contenido en Al supera el 1,5 %, se forma una capa compuesta de una capa de óxido de Al y una capa de óxido de Cr como capa de óxido sobre la superficie

- de la lámina de acero inoxidable ferrítico cuando la lámina se usa a alta temperatura, lo que potencia la resistencia a la oxidación de la lámina de acero inoxidable ferrítico, la estabilidad de conformación de la lámina a altas temperaturas y la adhesión de la lámina a un recubrimiento de catalizador. Además, cuando el contenido en Al supera el 1,5 %, puede formarse una capa compuesta de una capa de óxido de Al compuesta principalmente por  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y una capa de óxido de Cr compuesta principalmente por  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , siendo la fracción de área de la capa de óxido de Al del 20 % o más sobre la superficie de la lámina, realizando un tratamiento de oxidación antes de la deposición de un recubrimiento de catalizador. Esto aumenta la adhesión entre la lámina de acero inoxidable ferrítico y un recubrimiento de lavado (adhesión a un recubrimiento de catalizador).
- 5 Sin embargo, si el contenido en Al es del 3,0 % o más, puede degradarse la tenacidad de un material de la lámina de acero inoxidable ferrítico, es decir, una chapa laminada en caliente, lo que deteriora la eficacia de producción de la lámina. Además, si el contenido en Al es del 3,0 % o más, la cascarilla de óxido formada sobre la chapa laminada en caliente descrita anteriormente o similar se vuelve rígida, y la dificultad para retirar la cascarilla en un procedimiento de decapado o pulido puede aumentar, lo que deteriora la eficacia de producción de la lámina.
- 10 Por tanto, el contenido en Al se limita a más del 1,5 % y menos del 3,0 %. Cuando se considera el equilibrio entre la eficacia de producción de la lámina de acero inoxidable ferrítico y la resistencia a la oxidación de la lámina, el contenido en Al se fija preferiblemente a más del 1,8 % y menos del 2,5 %.
- 15 Cu: el 0,01 % o más y el 1,00 % o menos
- 20 El Cu es un elemento que aumenta la resistencia mecánica a alta temperatura de la lámina de acero inoxidable ferrítico. Añadir Cu a la lámina provoca que se formen precipitados finos, lo que aumenta la resistencia mecánica de la lámina. Esto reduce la cantidad de deformación por fluencia a alta temperatura que se produce debido a la diferencia en el coeficiente de expansión térmica entre una capa de óxido formada sobre la superficie de la lámina y la fundición de base. La reducción en la cantidad de deformación por fluencia a alta temperatura da como resultado un potenciamiento de la estabilidad de conformación de la lámina de acero inoxidable ferrítico a altas temperaturas. Por consiguiente, la adhesión de la lámina a una capa de óxido y la adhesión de la lámina a un recubrimiento de catalizador aumentan.
- 25 Con el fin de obtener los efectos ventajosos descritos anteriormente, el contenido en Cu se limita al 0,01 % o más. Sin embargo, si el contenido en Cu supera el 1,00 %, puede degradarse la resistencia a la oxidación de la lámina de acero inoxidable ferrítico. Además, la dificultad para trabajar la lámina puede aumentar, lo que aumenta el coste de producción. Por tanto, el contenido en Cu se limita al 0,01 % o más y al 1,00 % o menos. Cuando se considera la estabilidad de conformación de la lámina de acero inoxidable ferrítico y la reducción de costes, el contenido en Cu se fija preferiblemente al 0,05 % o más y al 0,80 % o menos y se fija más preferiblemente al 0,10 % o más y al 0,50 % o menos.
- 30 N: el 0,10 % o menos
- 35 Si el contenido en N supera el 0,10 %, puede degradarse la tenacidad del acero inoxidable ferrítico, lo que da como resultado dificultad en la producción de la lámina. Por tanto, el contenido en N se limita al 0,10 % o menos, se fija preferiblemente al 0,05 % o menos, y se fija de manera adicionalmente preferible al 0,02 % o menos. Sin embargo, fijar el contenido en N a menos del 0,003 % puede aumentar el tiempo requerido para el refinado y es, por tanto, indeseable desde el punto de vista de la fabricación.
- 40 Uno o más elementos seleccionados de Ti: el 0,01 % o más y el 1,00 % o menos, Zr: el 0,01 % o más y el 0,20 % o menos, y Hf: el 0,01 % o más y el 0,20 % o menos
- 45 La lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención contiene uno o más elementos seleccionados de Ti, Zr y Hf con el fin de potenciar la tenacidad, la resistencia a la oxidación y la eficacia de producción de la lámina.
- 50 Ti: el 0,01 % o más y el 1,00 % o menos
- 55 El Ti es un elemento que estabiliza el C y N contenidos en un acero y, por tanto, potencia la eficacia de producción y la resistencia a la corrosión del acero inoxidable ferrítico. El Ti también aumenta la adhesión entre una capa de óxido formada sobre la superficie de la lámina de acero inoxidable ferrítico y la fundición de base. Tales efectos ventajosos pueden obtenerse limitando el contenido en Ti al 0,01 % o más. Sin embargo, puesto que el Ti se oxida fácilmente, si el contenido en Ti supera el 1,00 %, una gran cantidad de óxido de Ti puede mezclarse en la capa de óxido formada sobre la superficie de la lámina de acero inoxidable ferrítico. Si una gran cantidad de óxido de Ti se mezcla en la capa de óxido tal como se describió anteriormente, puede degradarse la resistencia a la oxidación de la lámina de acero inoxidable ferrítico. Además, puede formarse una capa de óxido de Ti cuando se realiza un tratamiento térmico a alta temperatura durante la soldadura fuerte, lo que deteriora significativamente la capacidad de soldadura fuerte. Por tanto, cuando la lámina de acero inoxidable ferrítico contiene Ti, el contenido en Ti se fija preferiblemente al 0,01 % o más y al 1,00 % o menos, se fija más preferiblemente al 0,05 % o más y al 0,50 % o menos, y se fija de manera adicionalmente preferible al 0,10 o más y al 0,30 % o menos.
- 60
- 65

Zr: el 0,01 % o más y el 0,20 % o menos

El Zr se combina con el C y N contenidos en un acero y potencia de ese modo la tenacidad del acero inoxidable ferrítico, lo que facilita la producción de la lámina. Además, el Zr se concentra en los límites de grano cristalino en una capa de óxido formada sobre la superficie de la lámina de acero inoxidable ferrítico, lo que potencia la resistencia a la oxidación de la lámina, aumenta la resistencia mecánica a alta temperatura de la lámina, y potencia la estabilidad de conformación de la lámina. Tales efectos ventajosos pueden obtenerse limitando el contenido en Zr al 0,01 % o más. Sin embargo, si el contenido en Zr supera el 0,20 %, el Zr puede formar un compuesto intermetálico junto con Fe o similares, lo que deteriora la resistencia a la oxidación de la lámina de acero inoxidable ferrítico. Por tanto, cuando la lámina de acero inoxidable ferrítico contiene Zr, el contenido en Zr se fija preferiblemente al 0,01 % o más y al 0,20 % o menos, se fija más preferiblemente al 0,01 % o más y al 0,15 % o menos, y se fija de manera adicionalmente preferible del 0,03 % o más al 0,05 % o menos.

Hf: el 0,01 % o más y el 0,20 % o menos

El Hf aumenta la adhesión entre una capa de óxido de Al formada sobre la superficie de la lámina de acero inoxidable ferrítico y la fundición de base. El Hf también reduce la velocidad de crecimiento de la capa de óxido de Al y de ese modo limita la reducción en el contenido en Al en el acero, lo que potencia la resistencia a la oxidación de la lámina de acero inoxidable ferrítico. Con el fin de obtener tales efectos ventajosos, el contenido en Hf se fija preferiblemente al 0,01 % o más. Sin embargo, si el contenido en Hf supera el 0,20 %, el Hf puede mezclarse en la capa de óxido de Al descrita anteriormente en forma de  $\text{HfO}_2$  y puede servir como ruta a través de la cual se difunde el oxígeno. Como resultado, por el contrario, puede acelerarse la oxidación y puede aumentarse la velocidad de reducción en el contenido en Al en el acero. Por tanto, cuando la lámina de acero inoxidable ferrítico contiene Hf, el contenido en Hf se fija preferiblemente al 0,01 % o más y al 0,20 % o menos, se fija más preferiblemente al 0,02 % o más y al 0,10 % o menos, y se fija de manera adicionalmente preferible al 0,03 % o más y al 0,05 % o menos.

Los elementos descritos anteriormente son los constituyentes fundamentales de la lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención. La lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención puede contener los siguientes elementos según sea necesario además de los constituyentes fundamentales descritos anteriormente.

Uno o más elementos seleccionados de Ca: el 0,0010 % o más y el 0,0300 % o menos, Mg: el 0,0015 % o más y el 0,0300 % o menos, y REM: el 0,01 % o más y el 0,20 % o menos

La lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención puede contener uno o más elementos seleccionados de Ca, Mg, y REM principalmente con el fin de aumentar la adhesión de la lámina de acero inoxidable ferrítico a una capa de óxido y potenciar la resistencia a la oxidación de la lámina.

Ca: el 0,0010 % o más y el 0,0300 % o menos

El Ca aumenta la adhesión entre una capa de óxido de Al formada sobre la superficie de la lámina de acero inoxidable ferrítico y la fundición de base. Con el fin de obtener un efecto ventajoso de este tipo, el contenido en Ca se fija preferiblemente al 0,0010 % o más. Sin embargo, si el contenido en Ca supera el 0,0300 %, pueden degradarse la tenacidad del acero inoxidable ferrítico y la resistencia a la oxidación de la lámina de acero inoxidable ferrítico. Por tanto, el contenido en Ca se fija preferiblemente al 0,0010 % o más y al 0,0300 % o menos y se fija más preferiblemente al 0,0020 % o más y al 0,0100 % o menos.

Mg: el 0,0015 % o más y el 0,0300 % o menos

De manera similar al Ca, el Mg aumenta la adhesión entre una capa de óxido de Al formada sobre la superficie de la lámina de acero inoxidable ferrítico y la fundición de base. Con el fin de obtener un efecto ventajoso de este tipo, el contenido en Mg se fija preferiblemente al 0,0015 % o más. Sin embargo, si el contenido en Mg supera el 0,0300 %, pueden degradarse la tenacidad del acero inoxidable ferrítico y la resistencia a la oxidación de la lámina de acero inoxidable ferrítico. Por tanto, el contenido en Mg se fija preferiblemente al 0,0015 % o más y al 0,0300 % o menos y se fija más preferiblemente al 0,0020 % o más y el 0,0100 % o menos.

REM: el 0,01 % o más y el 0,20 % o menos

Los REM se refieren a Sc, Y y a elementos de la serie de los lantánidos (elementos de números atómicos 57 a 71, tales como La, Ce, Pr, Nd y Sm). El "contenido en REM" en el presente documento se refiere al contenido total de estos elementos. En general, los REM aumentan la adhesión de la lámina de acero inoxidable ferrítico a una capa de óxido formada sobre la superficie de la lámina, lo que potencia notablemente la resistencia al desprendimiento de la capa de óxido. Un efecto ventajoso de este tipo puede obtenerse limitando el contenido en REM al 0,01 % o más. Sin embargo, si el contenido en REM supera el 0,20 %, estos elementos pueden concentrarse en los límites de grano cristalino durante la producción de la lámina de acero inoxidable ferrítico. Tales elementos llegan a fundirse cuando se calientan hasta una alta temperatura, lo que provoca que se produzcan defectos sobre la superficie de un

material de la lámina, es decir, una chapa laminada en caliente. Por tanto, el contenido en REM se fija preferiblemente al 0,01 % o más y al 0,20 % o menos y se fija más preferiblemente al 0,03 % o más y al 0,10 % o menos.

5 Uno o más elementos seleccionados de Nb: el 0,01 % o más y el 1,00 % o menos, Mo: el 0,01 % o más y el 3,00 % o menos, W: el 0,01 % o más y el 3,00 % o menos, y Co: el 0,01 % o más y el 3,00 % o menos: el 0,01 % o más y el 3,00 % o menos en total

10 La lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención puede contener uno o más elementos seleccionados de Nb, Mo, W y Co principalmente con el fin de aumentar la resistencia mecánica a alta temperatura de la lámina de acero inoxidable ferrítico de manera que el contenido total de los elementos seleccionados es del 0,01 % o más y del 3,00 % o menos.

15 Nb: el 0,01 % o más y el 1,00 % o menos

El Nb aumenta la resistencia mecánica a alta temperatura de la lámina de acero inoxidable ferrítico, lo que potencia la estabilidad de conformación de la lámina a altas temperaturas y aumenta la adhesión de la lámina a una capa de óxido. Un efecto ventajoso de este tipo puede obtenerse limitando el contenido en Nb al 0,01 % o más. Sin embargo, si el contenido en Nb supera el 1,00 %, puede degradarse la tenacidad del acero inoxidable ferrítico, lo que da como resultado dificultad en la producción de la lámina. Por tanto, cuando la lámina de acero inoxidable ferrítico contiene Nb, el contenido en Nb se fija preferiblemente al 0,01 % o más y al 1,00 % o menos y se fija más preferiblemente al 0,10 % o más y al 0,70 % o menos. Cuando se considera el equilibrio entre la resistencia mecánica a alta temperatura de la lámina de acero inoxidable ferrítico y la eficacia de producción de la lámina, el contenido en Nb se fija de manera adicionalmente preferible al 0,30 % o más y al 0,60 % o menos.

25 Mo: el 0,01 % o más y el 3,00 % o menos

W: el 0,01 % o más y el 3,00 % o menos

30 Co: el 0,01 % o más y el 3,00 % o menos

Puesto que el Mo, el W y el Co aumentan cada uno la resistencia mecánica a alta temperatura de la lámina de acero inoxidable ferrítico, el uso de una lámina de acero inoxidable ferrítico que contiene Mo, W y Co como material de un soporte de catalizador para instalaciones de purificación de gases de escape aumenta la vida útil del soporte de catalizador. Estos elementos también estabilizan una capa de óxido formada sobre la superficie de la lámina de acero inoxidable ferrítico, lo que potencia la resistencia a la corrosión por sal. Tales efectos ventajosos pueden obtenerse limitando cada uno de los contenidos en Mo, W y Co al 0,01 % o más. Sin embargo, si el contenido en Mo, W o Co supera el 3,00 %, puede degradarse la tenacidad del acero inoxidable ferrítico, lo que da como resultado dificultad en la producción de la lámina. Por tanto, cuando la lámina de acero inoxidable ferrítico contiene Mo, W, y Co, los contenidos en Mo, W y Co se fijan cada uno preferiblemente al 0,01 % o más y al 3,00 % o menos y se fijan cada uno más preferiblemente al 0,1 % o más y al 2,50 % o menos.

45 Cuando la lámina de acero inoxidable ferrítico contiene uno o más elementos seleccionados de Nb, Mo, W y Co, el contenido total de los elementos seleccionados se fija preferiblemente al 3,00 % o menos. Si el contenido total de los elementos seleccionados supera el 3,00 %, la tenacidad del acero inoxidable ferrítico puede degradarse significativamente, lo que da como resultado dificultad en la producción de la lámina. El contenido total de los elementos seleccionados se fija más preferiblemente al 2,50 % o menos.

50 Los elementos contenidos en la lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención que son distintos de los elementos descritos anteriormente (resto) son Fe e impurezas inevitables. Los ejemplos de las impurezas inevitables incluyen Zn, Sn y V. Los contenidos de estos elementos se fijan cada uno preferiblemente al 0,1 % o menos.

55 A continuación se describe un tratamiento térmico en el que se forma una capa compuesta de una capa de óxido de Al y una capa de óxido de Cr sobre la superficie de la lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención. Aunque la lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención tiene alta resistencia a la oxidación, alta estabilidad de conformación a altas temperaturas, alta adhesión a una capa de óxido, y adhesión suficientemente alta a un recubrimiento de catalizador, puede formarse opcionalmente una capa compuesta de una capa de óxido de Al y una capa de óxido de Cr (fracción de área de capa de óxido de Al: el 20 % o más) sobre la superficie de la lámina de acero inoxidable ferrítico con el fin de aumentar adicionalmente la adhesión de la lámina a un recubrimiento de catalizador.

65 Cuando la lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención se somete a un tratamiento de oxidación en el que la lámina se mantiene en una atmósfera oxidante a alta temperatura a 800 °C o más y 1100 °C o menos durante de 1 minuto o más a 25 horas o menos, se forma una capa compuesta de una capa de óxido de Al y una capa de óxido de Cr en la que la fracción de área de la capa de óxido de Al es del 20 % o más, lo que es adecuado

para un soporte de catalizador para instalaciones de purificación de gases de escape, sobre la superficie de la lámina. La "atmósfera oxidante a alta temperatura" en el presente documento se refiere a una atmósfera que tiene una concentración de oxígeno de aproximadamente el 0,5 % en volumen o más.

5 El crecimiento del óxido de Al durante el tratamiento de oxidación, que se incluye en la capa compuesta, puede facilitarse cuando la lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención se somete, antes del  
tratamiento térmico descrito anteriormente (tratamiento de oxidación) realizado en una atmósfera oxidante, a un  
10 pretratamiento térmico en el que la lámina se calienta hasta un intervalo de temperatura de 800 °C o más y 1250 °C  
o menos en una atmósfera reductora o a un vacío de  $1,0 \times 10$  Pa o menos y  $1,0 \times 10^{-5}$  Pa o más y posteriormente se  
mantiene en el intervalo de temperatura descrito anteriormente durante un tiempo de residencia de 10 segundos o  
más y 2 horas o menos. Por tanto, cuando la lámina de acero inoxidable ferrítico se somete al tratamiento de  
oxidación posterior al pretratamiento térmico descrito anteriormente, puede producirse una lámina de acero  
15 inoxidable ferrítico sobre la que se forma una capa compuesta de una capa de óxido de Al y una capa de óxido de  
Cr y que tiene adhesión notablemente alta a un recubrimiento de catalizador. La "atmósfera reductora" en el  
presente documento se refiere a una atmósfera que tiene un punto de rocío de -10 °C o menos.

En la presente invención, la capa de óxido formada sobre la superficie de la lámina de acero inoxidable ferrítico se observa de la siguiente manera.

20 La figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra una sección transversal de la superficie de la lámina de acero  
inoxidable ferrítico, en la que se forma una capa de óxido 6 sobre la capa de superficie de una fundición de base 5.  
La lámina de acero inoxidable ferrítico sobre la que se forma una capa de óxido se corta en una dirección  
perpendicular a la superficie de la lámina y se incluye en una resina o similar de manera que la superficie cortada  
queda expuesta. Entonces, se pule la superficie cortada. Posteriormente, se lleva a cabo un análisis en línea  
25 (análisis de la concentración de oxígeno), por ejemplo, desde el punto a, que es la superficie superior de la lámina,  
hasta el punto b, que está ubicado dentro de la lámina (parte de fundición de base), usando un sistema de análisis  
de componentes conocido tal como un microanalizador de sonda de electrones (EPMA). En el caso en el que esté  
presente una capa de óxido, la intensidad de detección de oxígeno aumenta con el avance del análisis en línea  
partiendo del punto a y, una vez que se alcanza la intensidad de detección de oxígeno máxima, disminuye hacia el  
30 punto c, que se ubica en la superficie de contacto entre la capa de óxido y la fundición de base. La intensidad de  
detección de oxígeno continúa descendiendo más allá del punto c con el avance del análisis en línea y llega a ser  
sustancialmente constante en las proximidades del punto b, que se ubica dentro de la lámina (parte de fundición de  
base).

35 El punto b, en el que se termina el análisis en línea, está colocado a una distancia suficiente del punto c hacia el  
interior de la lámina (por ejemplo, la distancia entre los puntos a y b: grosor de la lámina incluyendo la capa de óxido  
 $\times 0,5$ ). El punto en el que la intensidad de detección de oxígeno es igual a "(intensidad de detección en el punto  
máximo + intensidad de detección en el punto b)  $\times 0,5$ " se considera que es el punto c, y la parte de la lámina entre  
los puntos a y c, en la que el nivel de oxígeno es mayor que en el interior de la lámina, se considera que es la  
40 capa de óxido 6. La parte de la lámina que se extiende desde el punto c hacia el interior de la lámina se considera que es  
la fundición de base 5.

45 Que la capa de óxido formada sobre la superficie de la lámina de acero inoxidable ferrítico es la capa compuesta  
(capa compuesta de una capa de óxido de Al y una capa de óxido de Cr) o no puede confirmarse mediante, por  
ejemplo, la identificación del tipo de la capa de óxido mediante el análisis de la superficie de la lámina de acero  
inoxidable ferrítico usando un sistema conocido tal como un sistema de difracción de rayos X.

50 La fracción de área de la capa de óxido de Al incluida en la superficie superior de la capa compuesta puede medirse  
de la siguiente manera.

El tipo de la capa de óxido formada sobre la superficie de la lámina de acero inoxidable ferrítico se identifica  
mediante el método descrito anteriormente con el fin de confirmar que la capa de óxido es una capa compuesta de  
una capa de óxido de Al y una capa de óxido de Cr. Entonces, se toma una imagen de la capa de óxido formada  
sobre la superficie de la lámina de acero inoxidable ferrítico usando un microscopio electrónico de barrido (SEM) o  
55 similar. Las posiciones y conformaciones (en la imagen) de la capa de óxido de Al y la capa de óxido de Cr se  
determinan usando, según sea necesario, un análisis de componentes de la capa de óxido (capa compuesta) que se  
lleva a cabo mediante espectroscopía de rayos X por dispersión de energía (EDX), microanálisis de sonda de  
electrones (EPMA), o similar. La fracción de área de la capa de óxido de Al en la superficie de la capa compuesta  
puede determinarse calculando la fracción de las partes de la imagen en que se forma la capa de óxido de Al en lo  
60 que se refiere a la fracción de área. Por ejemplo, en el caso en el que la capa de óxido observada sea una capa  
compuesta que incluye dos tipos de capas, es decir, una capa de óxido de Al y una capa de óxido de Cr, las  
diferentes capas de superficie incluidas en la imagen se convierten en binarias, y la fracción de área de la capa de  
óxido de Al puede calcularse usando un software de procesamiento de imágenes disponible comercialmente o  
similar. El área de la región en la que se toma la imagen de la capa de óxido formada sobre la superficie de la lámina  
65 de acero inoxidable ferrítico es preferiblemente lo más grande posible de manera que puede determinarse la  
conformación de la capa de óxido. A continuación se describe un ejemplo específico.

La figura 3 ilustra el resultado de una observación de SEM (imagen de SEM) de la superficie de una muestra tomada de la lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención, que se ha sometido a pretratamiento térmico en el que la muestra se mantuvo a 1200 °C a vacío durante 30 minutos y posteriormente se sometió a un tratamiento de oxidación en el que la muestra se mantuvo a 900 °C al aire durante 5 horas ("muestra A" en los ejemplos a continuación). A partir de la imagen de SEM ilustrada en la figura 3 se confirmó que estaban presentes dos capas de óxido que tenían diferentes conformaciones (la capa 7 que tenía una conformación acicular y la capa 8 que no tenía una conformación acicular). Los resultados de un análisis de difracción de rayos X de la muestra tras el tratamiento de oxidación confirmaron que la capa de óxido formada sobre la superficie de la muestra era una capa compuesta que incluía dos tipos de óxidos, es decir,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

Se llevó a cabo un análisis de composición de las dos capas de óxido que tienen diferentes conformaciones que están presentes en la imagen de SEM ilustrada en la figura 3 mediante EDX, EPMA, o similar. Como resultado, se encontró que la capa 7 que tenía una conformación acicular era una capa de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , la otra capa 8 era una capa de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , y la capa de óxido formada sobre la superficie de la muestra tras el tratamiento de oxidación era una capa compuesta de una capa de óxido de Al y una capa de óxido de Cr. Las diferentes capas de superficie incluidas en la imagen de SEM se convirtieron en binarias, y se calculó la fracción de área de la capa de óxido de Al usando un software de procesamiento de imágenes disponible comercialmente (por ejemplo, "Photoshop" producido por Adobe Systems Incorporated).

La fracción de área de la capa de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (capa de óxido de Al, capa 7 en la figura 3) en la superficie superior de la capa de óxido ilustrada en la figura 3 (capa compuesta de una capa de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y una capa de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), que se calculó mediante el método descrito anteriormente, fue del 43 %. Se llevó a cabo el mismo análisis en tres campos de visión, y el promedio de los mismos se consideró que era la fracción de área de la capa de óxido de Al.

A continuación se describe un método preferido para producir la lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención.

La lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención puede producirse usando equipos de producción habituales de acero inoxidable. Por ejemplo, un acero inoxidable que tiene la composición descrita anteriormente se refina en un convertidor de acero, un horno eléctrico, o similar, se somete a un refinado secundario mediante VOD (descarburación con oxígeno a vacío) o AOD (descarburación con argón-oxígeno), y posteriormente se forma para dar un desbaste plano de acero que tiene un grosor de aproximadamente 200 a 300 mm mediante colada-desbastado de lingotes o colada continua. El desbaste plano colado se carga en un horno de calentamiento, calentado hasta de 1150 °C a 1250 °C, y posteriormente se lamina en caliente. Por tanto, se prepara una chapa laminada en caliente que tiene un grosor de aproximadamente 2 a 4 mm. Opcionalmente, la chapa laminada en caliente puede recocerse a de 800 °C a 1050 °C. La cascarilla se retira de la superficie de la chapa laminada en caliente mediante granallado, decapado, pulido mecánico, o similar. Posteriormente, se repiten la laminación en frío y el recocido varias veces para formar una lámina de acero inoxidable que tiene un grosor de 200  $\mu\text{m}$  o menos.

La deformación por procesamiento que se produce durante la laminación en frío afecta a la estructura de agregado tras la recristalización, lo que facilita el crecimiento de la capa de óxido de Al incluida en la capa compuesta formada sobre la superficie de la lámina de acero inoxidable ferrítico. Por tanto, cuando se repiten la laminación en frío y el recocido varias veces para formar una lámina, la razón de reducción por laminación en la laminación en frío final, en la que se forma material intermedio recocido para dar una lámina que tiene un grosor deseado, se fija preferiblemente al 50 % o más y al 95 % o menos con el fin de producir una lámina en la que se aplica una gran cantidad de deformación por procesamiento. El tratamiento de recocido descrito anteriormente se realiza preferiblemente manteniendo de 700 °C a 1050 °C en una atmósfera reductora durante de 30 segundos a 5 minutos.

El grosor de la lámina puede controlarse dependiendo de la aplicación de la lámina. Por ejemplo, en el caso en el que la lámina se use como material de un soporte de catalizador para instalaciones de purificación de gases de escape que se requiere particularmente que tenga alta resistencia a la vibración y alta durabilidad, el grosor de la lámina se fija preferiblemente a aproximadamente más de 50  $\mu\text{m}$  y 200  $\mu\text{m}$  o menos. En el caso en el que la lámina se use como material de un soporte de catalizador para instalaciones de purificación de gases de escape que se requiere particularmente que tenga una alta densidad celular y una alta contrapresión, el grosor de la lámina se fija preferiblemente a aproximadamente 25  $\mu\text{m}$  o más y 50  $\mu\text{m}$  o menos.

A continuación se describe un método para formar una capa compuesta de una capa de óxido de Al y una capa de óxido de Cr (fracción de área de capa de óxido de Al: el 20 % o más) sobre la superficie de la lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención.

Cuando la lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención se expone a una alta temperatura en una atmósfera oxidante, se forma una capa compuesta de una capa de óxido de Al y una capa de óxido de Cr sobre la superficie de la lámina, lo que aumenta la adhesión de la lámina a un recubrimiento de catalizador. Con el fin de formar la capa compuesta de una capa de óxido de Al y una capa de óxido de Cr (fracción de área de la capa de óxido de Al: el 20 % o más) sobre la superficie de la lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención,

es preferible calentar la lámina en un intervalo de temperatura de 800 °C o más a 1100 °C o menos en una atmósfera oxidante que tiene una concentración de oxígeno del 0,5 % en volumen o más y posteriormente realizar un tratamiento térmico (tratamiento de oxidación) en el que la lámina se mantiene en el intervalo de temperatura descrito anteriormente durante un tiempo de residencia de 1 minuto o más a 25 horas o menos. La concentración de oxígeno descrita anteriormente se fija más preferiblemente al 5 % en volumen o más y se fija de manera adicionalmente preferible al 15 % en volumen o más y al 21 % en volumen o menos.

Si la lámina se calienta a menos de 800 °C en el tratamiento térmico descrito anteriormente realizado en una atmósfera oxidante (tratamiento de oxidación), puede ser imposible formar una capa de óxido en la que la fracción de área de la capa de óxido de Al es del 20 % o más, lo que es necesario para aumentar la adhesión de la lámina a un recubrimiento de catalizador. En otro caso, puede ser imposible formar una capa de óxido que tenga un grosor suficientemente grande. Por otro lado, si la lámina se calienta hasta más de 1100 °C, puede aumentarse el tamaño de los granos cristalinos de la lámina, lo que hace que la lámina sea frágil. Por tanto, en el tratamiento térmico descrito anteriormente (tratamiento de oxidación), la lámina se calienta hasta 800 °C o más y 1100 °C o menos y se calienta preferiblemente hasta 850 °C o más y 950 °C o menos. Si la lámina se mantiene a 800 °C o más y 1100 °C o menos durante un tiempo de residencia de menos de 1 minuto, es imposible formar una capa de óxido que tenga un grosor lo suficientemente grande como para aumentar la adhesión de la lámina a un recubrimiento de catalizador. Por otro lado, si el tiempo de residencia descrito anteriormente supera las 25 horas, la capa de óxido puede volverse frágil y es probable que se desprenda. Por tanto, el tiempo de residencia descrito anteriormente se fija preferiblemente a 1 minuto o más y 25 horas o menos y se fija más preferiblemente a 1 hora o más y 15 horas o menos.

Con el fin de aumentar adicionalmente la adhesión de la lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención a un recubrimiento de catalizador, es preferible realizar, antes del tratamiento térmico descrito anteriormente (tratamiento de oxidación) realizado en una atmósfera oxidante, un pretratamiento térmico en el que la lámina se calienta hasta un intervalo de temperatura de 800 °C o más y 1250 °C o menos en una atmósfera reductora o a un vacío de  $1,0 \times 10$  Pa o menos y  $1,0 \times 10^{-5}$  Pa o más y posteriormente se mantiene en el intervalo de temperatura descrito anteriormente durante un tiempo de residencia de 10 segundos o más y 2 horas o menos. El pretratamiento térmico facilita el crecimiento de la capa de óxido basada en Al incluida en la capa compuesta y de ese modo aumenta la fracción de área de la capa de óxido de Al, lo que aumenta notablemente la adhesión de la lámina a un recubrimiento de catalizador.

Los ejemplos de un gas atmosférico usado en el pretratamiento térmico realizado en una atmósfera reductora incluyen un gas N<sub>2</sub> y un gas H<sub>2</sub>. Si la lámina se calienta hasta menos de 800 °C o más de 1250 °C en el pretratamiento térmico descrito anteriormente realizado en una atmósfera reductora o a un vacío de  $1,0 \times 10$  Pa o menos y  $1,0 \times 10^{-5}$  Pa o más, puede ser imposible promover la formación de la capa de óxido de Al en un grado suficiente. Por tanto, en el pretratamiento térmico descrito anteriormente, la lámina se calienta hasta 800 °C o más y 1250 °C o menos. Si el tiempo de residencia durante el cual la lámina se mantiene a 800 °C o más y 1250 °C o menos es de menos de 10 segundos, puede ser imposible promover la formación de la capa de óxido de Al en un grado suficiente. Por otro lado, si el tiempo de residencia descrito anteriormente supera las 2 horas, puede ser imposible promover adicionalmente la formación de la capa de óxido de Al. Además, puede degradarse el rendimiento en el procedimiento de producción. Por tanto, el tiempo de residencia descrito anteriormente se fija preferiblemente a 10 segundos o más y 2 horas o menos y se fija más preferiblemente a 60 segundos o más y 1 hora o menos. Si el grado de vacío es de más de  $1,0 \times 10$  Pa o menos de  $1,0 \times 10^{-5}$  Pa, puede ser imposible promover la formación de la capa de óxido de Al. Por tanto, el grado de vacío se limita a  $1,0 \times 10$  Pa o menos y  $1,0 \times 10^{-5}$  Pa o más.

Cuando la lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención se somete al tratamiento térmico (tratamiento de oxidación) en una atmósfera oxidante tal como se describió anteriormente, la capa compuesta (capa compuesta de una capa de óxido de Al y una capa de óxido de Cr) se forma sobre la lámina. En el caso en el que la lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención se use como material de un soporte de catalizador para instalaciones de purificación de gases de escape, el grosor de la capa compuesta formada sobre la superficie de la lámina se fija preferiblemente a más de 0,5 μm y 10,0 μm o menos, se fija más preferiblemente a 0,7 μm o más y 5,0 μm o menos, y se fija de manera adicionalmente preferible a 1,0 μm o más y 3,0 μm o menos por lado de la lámina. El grosor de la capa compuesta puede controlarse a un grosor deseado cambiando el tiempo de residencia durante el cual la lámina se mantiene a 800 °C o más y 1100 °C o menos en el tratamiento térmico (tratamiento de oxidación) realizado en una atmósfera oxidante.

Con el fin de producir un soporte de catalizador para instalaciones de purificación de gases de escape usando la lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención, se emplea preferiblemente el método siguiente.

Se produce un soporte de catalizador para instalaciones de purificación de gases de escape formando un material, es decir, la lámina de acero inoxidable ferrítico, para dar una conformación predeterminada y realizando unión. Por ejemplo, la sopladura de metal ilustrada en la figura 1 puede producirse apilando una lámina plana 1 y una lámina corrugada 2, que están compuestas por la lámina de acero inoxidable ferrítico, bobinando el producto resultante para dar una conformación de rollo, y fijando la periferia del producto bobinado en su lugar con un cilindro externo 3. La

parte en la que la lámina plana 1 y la lámina corrugada 2 se ponen en contacto entre sí y la parte en la que la lámina corrugada 2 y el cilindro externo 3 se ponen en contacto entre sí se unen mediante soldadura fuerte, unión por difusión, o similar.

- 5 Con el fin de producir un soporte de catalizador para instalaciones de purificación de gases de escape usando la lámina de acero inoxidable ferrítico según la presente invención, el procedimiento de producción incluye preferiblemente una etapa en la que se realiza el tratamiento de oxidación descrito anteriormente. La etapa en la que se realiza el tratamiento de oxidación puede llevarse a cabo antes o después de que la lámina de acero inoxidable ferrítico se forme para dar una conformación predeterminada (por ejemplo, conformación de sopladura) y que se realice la unión. Es decir, puede someterse al tratamiento de oxidación o bien una lámina de acero inoxidable ferrítico que todavía no se ha formado para dar una conformación predeterminada o bien una lámina de acero inoxidable ferrítico que se ha formado para dar una conformación predeterminada (por ejemplo, conformación de sopladura) y se ha sometido a unión.
- 10
- 15 El procedimiento de producción incluye más preferiblemente, como pretratamiento térmico, una etapa en la que el pretratamiento térmico descrito anteriormente se realiza en una atmósfera reductora o a un vacío de  $1,0 \times 10$  Pa o menos y  $1,0 \times 10^{-5}$  Pa o más. La realización de un pretratamiento de este tipo aumenta además la adhesión del soporte de catalizador para instalaciones de purificación de gases de escape a un recubrimiento de catalizador.
- 20 Pueden emplearse medios de unión tales como soldadura fuerte y unión por difusión cuando se forma el material, es decir, la lámina de acero inoxidable ferrítico, para dar una conformación predeterminada y se somete a unión. En general, la soldadura fuerte, la unión por difusión, y similares requieren un tratamiento térmico en el que se mantiene una temperatura de 800 °C a 1200 °C en una atmósfera reductora o a vacío. Por tanto, el pretratamiento térmico descrito anteriormente también puede servir como tratamiento térmico para soldadura fuerte o unión por difusión. En el caso en el que se lleve a cabo una etapa de tratamiento de recocido blanco como etapa final del procedimiento para producir la lámina de acero inoxidable ferrítico con el fin de realizar recristalización posterior a la laminación en frío, el pretratamiento térmico descrito anteriormente también puede servir como la etapa de tratamiento de recocido blanco del procedimiento para producir la lámina de acero inoxidable ferrítico.
- 25
- 30 Por tanto, es posible aumentar la adhesión del soporte de catalizador para instalaciones de purificación de gases de escape a un recubrimiento de catalizador sin añadir ninguna etapa adicional a un método de producción común.

### Ejemplos

- 35 Aceros que tenían las composiciones químicas mostradas en la tabla 1, que se prepararon mediante fusión a vacío, se calentaron hasta 1200 °C y posteriormente se laminaron en caliente a 900 °C o más y 1200 °C o menos. Por tanto, se prepararon chapas laminadas en caliente que tenían un grosor de 3 mm. Las chapas laminadas en caliente se recocieron al aire (temperatura de recocido: 1000 °C, tiempo de mantenimiento a la temperatura de recocido: 1 minuto), y se retiró la cascarilla de las chapas recocidas mediante decapado. Por tanto, se prepararon chapas recocidas laminadas en caliente. Entonces se laminaron en frío las chapas recocidas laminadas en caliente. Por tanto, se prepararon chapas laminadas en frío que tenían un grosor de 1 mm. Se recocieron las chapas laminadas en frío (gas atmosférico: gas N<sub>2</sub>, temperatura de recocido: 900 °C o más y 1050 °C o menos, tiempo de residencia a la temperatura de recocido: 1 minuto). Posteriormente, se decaparon las chapas laminadas en frío y entonces se sometieron repetidamente a laminado en frío mediante un laminador con cilindros de apoyo múltiples y recocido (gas atmosférico: gas N<sub>2</sub>, temperatura de recocido: 900 °C o más y 1050 °C o menos, tiempo de residencia a la temperatura de recocido: 1 minuto) varias veces. Por tanto, se prepararon láminas que tenían una anchura de 100 mm y un grosor de 50 μm.
- 40
- 45

Se evaluaron las chapas y láminas recocidas laminadas en caliente preparadas de la manera descrita anteriormente en lo que se refiere a la tenacidad de la chapa recocida laminada en caliente (eficacia de producción de la lámina), la estabilidad de conformación de la lámina a altas temperaturas, la resistencia a la oxidación de la lámina, y la adhesión de la lámina a un recubrimiento de catalizador. Las evaluaciones se realizaron de la siguiente manera.

50

(1) Tenacidad de la chapa recocida laminada en caliente (eficacia de producción de la lámina)

55

- Se midió la tenacidad de la chapa recocida laminada en caliente mediante un ensayo de impacto de Charpy con el fin de evaluar el rendimiento de enhebrado uniforme de la chapa recocida laminada en caliente en una etapa de laminación en frío. Se tomó una muestra de Charpy de cada una de las chapas recocidas laminadas en caliente que tenían un grosor de 3 mm preparadas mediante el método descrito anteriormente de manera que la dirección longitudinal de la muestra fue paralela a la dirección de laminación. Se formó una entalla en V en cada muestra en una dirección perpendicular a la dirección de laminación. Se prepararon las muestras según la muestra con entalla en V descrita en la norma JIS (norma JIS Z 2202 (1998)) excepto en que el grosor (anchura en la norma JIS) de la muestra no cambió con respecto al grosor de la muestra original, es decir, 3 mm. Según la norma JIS (norma JIS Z 2242 (1998)), se sometieron a prueba tres muestras para cada temperatura, y se midieron la cantidad de energía absorbida y la fracción de superficie con fractura por fragilidad. Por tanto, se obtuvo una curva de transición. La temperatura a la que la curva de transición de la fracción de superficie con fractura por fragilidad alcanzó el 50 % se
- 60
- 65

consideró que era la temperatura de transición de dúctil a frágil (DBTT).

5 Cuando la DBTT determinada por el ensayo de impacto de Charpy es de 75 °C o menos, es posible enhebrar la chapa recocida laminada en caliente a través de una línea de recocido-decapado y una línea de laminación en frío, en la que la chapa recocida laminada en caliente se dobla repetidamente, de manera uniforme a temperatura normal. La DBTT se fija preferiblemente a menos de 25 °C en un entorno tal como la estación invernal en zonas de clima frío en las que es probable que se reduzca la temperatura de la chapa.

10 Por consiguiente, se dio una evaluación de “tenacidad de la chapa recocida laminada en caliente (eficacia de producción de la lámina): excelente (O)” cuando la DBTT fue de menos de 25 °C; se dio una evaluación de “tenacidad de la chapa recocida laminada en caliente (eficacia de producción de la lámina): buena (O)” cuando la DBTT fue de 25 °C o más y 75 °C o menos; y se dio una evaluación de “tenacidad de la chapa recocida laminada en caliente (eficacia de producción de la lámina): mala (x)” cuando la DBTT fue de más de 75 °C. La tabla 2 resume los resultados.

### 15 (2) Estabilidad de conformación de la lámina a altas temperaturas

20 Se tomaron muestras que tenían una anchura de 100 mm y una longitud de 50 mm de cada una de las láminas que tenían un grosor de 50 µm preparadas mediante el método descrito anteriormente. Se bobinaron las muestras en la dirección longitudinal para formar una conformación cilíndrica que tenía un diámetro de 5 mm, y las partes de borde se fijaron en su sitio mediante soldadura por puntos. Por tanto, se prepararon tres muestras cilíndricas de cada una de las láminas. Se calentaron las muestras en un horno de atmósfera de aire a 800 °C durante 400 horas y posteriormente se enfriaron hasta la temperatura ambiente, simulando el entorno de servicio. Se midió el promedio de las cantidades de cambios dimensionales de las tres muestras cilíndricas (razón de un aumento en la longitud de la muestra cilíndrica tras el calentamiento y el enfriamiento con respecto a la longitud de la muestra cilíndrica antes del calentamiento). Se dio una evaluación de “estabilidad de conformación de la lámina a altas temperaturas: excelente (O)” cuando el cambio dimensional promedio fue de menos del 3 %. Se dio una evaluación de “estabilidad de conformación de la lámina a altas temperaturas: buena (O)” cuando el cambio dimensional promedio fue del 3 % o más y del 5 % o menos. Se dio una evaluación de “estabilidad de conformación de la lámina a altas temperaturas: mala (x)” cuando el cambio dimensional promedio fue de más del 5 %. La tabla 2 resume los resultados.

### 30 (3) Resistencia a la oxidación de la lámina

35 Se tomaron tres muestras que tenían una anchura de 20 mm y una longitud de 30 mm de cada una de las láminas que tenían un grosor de 50 µm preparadas mediante el método descrito anteriormente. Se calentaron las muestras a 800 °C durante 400 horas en un horno de atmósfera de aire. Posteriormente, se midió el promedio de aumentos en pesos de las tres muestras debido a oxidación (cociente obtenido dividiendo el cambio de peso que se produjo durante el calentamiento entre el área superficial inicial). Se dio una evaluación de “resistencia a la oxidación de la lámina: excelente (O)” cuando el aumento de peso promedio debido a la oxidación fue de menos de 2 g/m<sup>2</sup>. Se dio una evaluación de “resistencia a la oxidación de la lámina: buena (O)” cuando el aumento de peso promedio debido a la oxidación fue de 2 g/m<sup>2</sup> o más y de 4 g/m<sup>2</sup> o menos. Se dio una evaluación de “resistencia a la oxidación de la lámina: mala (3)” cuando el aumento de peso promedio debido a la oxidación fue de más de 4 g/m<sup>2</sup>. La tabla 2 resume los resultados.

### 45 (4) Adhesión de la lámina al recubrimiento de catalizador

50 Con el fin de simular un recubrimiento de lavado usado para depositar un catalizador sobre la lámina, las láminas se recubrieron con una disolución de “ALUMINASOL 200” (producida por Nissan Chemical Industries, Ltd.). Las láminas resultantes se evaluaron en lo que se refiere a la resistencia al desprendimiento.

55 A continuación se describe un método para someter a prueba la adhesión de la lámina a un recubrimiento de catalizador. Se tomaron tres muestras que tenían una anchura de 20 mm y una longitud de 30 mm de cada una de las láminas que tenían un grosor de 50 µm preparadas mediante el método descrito anteriormente. Posteriormente, se aplicó la disolución de “ALUMINASOL 200” a las muestras de manera que el grosor de la película de recubrimiento fue de 50 µm por lado de la muestra. Se secaron las muestras a 250 °C durante 2,5 horas y posteriormente se cocieron a 700 °C durante 2 horas. Por tanto, se formó una capa de  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> que simulaba un recubrimiento de lavado sobre ambas superficies de cada muestra.

60 Las muestras preparadas tal como se describió anteriormente, sobre las que se formó la capa de  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, se sometieron a una prueba de desprendimiento de la siguiente manera. Las muestras se mantuvieron al aire a 800 °C durante 30 minutos. Posteriormente, las muestras se extrajeron del horno y se enfriaron al aire hasta la temperatura ambiente. Entonces se sometieron las muestras a limpieza ultrasónica en agua durante 10 segundos (temperatura del agua: aproximadamente 25 °C, frecuencia de la onda ultrasónica: 30 kHz). Se evaluaron las muestras en lo que se refiere a la adhesión a un recubrimiento de catalizador midiendo la razón promedio (promedio de las tres muestras) del cambio en peso que se produjo durante la limpieza (razón de desprendimiento). Se dio una evaluación

de “adhesión de la lámina al recubrimiento de catalizador: excelente (O)” cuando la razón promedio del cambio de peso (razón de desprendimiento) fue de menos del 15 %. Se dio una evaluación de “adhesión de la lámina al recubrimiento de catalizador: buena (O)” cuando la razón promedio del cambio de peso (razón de desprendimiento) fue del 15 % o más y del 30 % o menos. Se dio una evaluación de “adhesión de la lámina al recubrimiento de catalizador: mala (x)” cuando la razón promedio del cambio de peso (razón de desprendimiento) fue de más del 30 %. La tabla 2 resume los resultados.

Con el fin de examinar el impacto de la capa de óxido superficial sobre la adhesión de la lámina a un recubrimiento de catalizador, se formaron láminas sobre las que también se sometió a prueba una capa de óxido en lo que se refiere a la adhesión a un recubrimiento de catalizador.

Se tomaron muestras que tenían una anchura de 20 mm y una longitud de 30 mm de cada una de las láminas que tenían un grosor de 50  $\mu\text{m}$  preparadas mediante el método descrito anteriormente. Se sometieron las muestras a un tratamiento de oxidación o a un pretratamiento térmico y un tratamiento de oxidación en las condiciones mostradas en la tabla 3. Por tanto, se formó una capa de óxido sobre la superficie de cada muestra. Posteriormente, las muestras, sobre las que se formó una capa de óxido, se recubrieron con la disolución de “ALUMINASOL 200” de manera que el grosor de la película de recubrimiento fue de 50  $\mu\text{m}$  por lado de la muestra como en el método descrito anteriormente. Se secaron las muestras a 250 °C durante 2,5 horas y posteriormente se cocieron a 700 °C durante 2 horas. Por tanto, se formó una capa de  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  que simulaba un recubrimiento de lavado sobre ambas superficies de cada muestra.

La figura 4 es un diagrama esquemático que ilustra una sección transversal de una muestra sobre la que se formó una capa de  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ . En la muestra sobre la que se formó la capa de  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ , se forma una capa de óxido 6 sobre la capa de superficie de una fundición de base 5. La capa de superficie de la capa de óxido se recubre con una capa de  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  9. Las muestras recubiertas se sometieron a una prueba de desprendimiento de la siguiente manera. Esta prueba de desprendimiento se llevó a cabo en condiciones más rigurosas que las usadas para la prueba de desprendimiento descrita anteriormente.

Con el fin de simular la tensión térmica repetida que se produce en las condiciones de servicio, se sometieron repetidamente las muestras a un tratamiento térmico 200 veces en total, en el que la muestra se mantuvo a 800 °C durante 30 minutos y posteriormente se enfriaron al aire hasta la temperatura ambiente. Entonces se sometieron las muestras a limpieza ultrasónica en agua durante 10 segundos (temperatura del agua: aproximadamente 25 °C, frecuencia de la onda ultrasónica: 30 kHz). Se evaluaron las muestras en lo que se refiere a la adhesión a un recubrimiento de catalizador midiendo la razón del cambio en peso que se produjo durante la limpieza (razón de desprendimiento). Se dio una evaluación de “adhesión de la lámina al recubrimiento de catalizador: excelente (O)” cuando la razón del cambio de peso (razón de desprendimiento) fue de menos del 20 %. Se dio una evaluación de “adhesión de la lámina al recubrimiento de catalizador: buena (O)” cuando la razón del cambio de peso (razón de desprendimiento) fue del 20 % o más y del 40 % o menos. Se dio una evaluación de “adhesión de la lámina al recubrimiento de catalizador: mala (x)” cuando la razón del cambio de peso (razón de desprendimiento) fue de más del 40 %.

Para cada una de las muestras preparadas en diversas condiciones que se habían sometido al tratamiento de oxidación (muestras sobre las que no se había formado la capa de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  que simula un recubrimiento de lavado), se determinó el grosor de la capa de óxido (distancia entre los puntos a y c en la figura 2), el tipo de la capa de óxido, y la fracción de área de la capa de óxido de Al en la superficie de la capa de óxido mediante el método descrito anteriormente.

La tabla 3 resume los resultados.

[Tabla 1]

| N.º de acero | Composición química (% en masa) |      |      |       |        |      |      |     |      |       |      |      |      |                      | Observaciones           |
|--------------|---------------------------------|------|------|-------|--------|------|------|-----|------|-------|------|------|------|----------------------|-------------------------|
|              | C                               | Si   | Mn   | P     | S      | Cr   | Ni   | Al  | Cu   | N     | Ti   | Zr   | Hf   | Otros                |                         |
| 1            | 0,008                           | 0,14 | 0,13 | 0,030 | 0,0020 | 11,3 | 0,12 | 2,1 | 0,02 | 0,014 | 0,21 | -    | -    | -                    | Ejemplo de la invención |
| 2            | 0,013                           | 0,10 | 0,10 | 0,031 | 0,0025 | 15,3 | 0,12 | 2,1 | 0,10 | 0,011 | 0,24 | -    | -    | -                    | Ejemplo de la invención |
| 3            | 0,012                           | 0,14 | 0,13 | 0,023 | 0,0021 | 18,4 | 0,16 | 1,9 | 0,13 | 0,010 | 0,19 | -    | -    | -                    | Ejemplo de la invención |
| 4            | 0,007                           | 0,10 | 0,12 | 0,022 | 0,0021 | 11,4 | 0,10 | 2,0 | 0,04 | 0,011 | 0,21 | -    | -    | -                    | Ejemplo de la invención |
| 5            | 0,008                           | 0,08 | 0,07 | 0,023 | 0,0015 | 15,3 | 0,18 | 2,8 | 0,05 | 0,012 | 0,23 | -    | -    | -                    | Ejemplo de la invención |
| 6            | 0,009                           | 0,13 | 0,12 | 0,031 | 0,0014 | 15,5 | 0,15 | 1,7 | 0,06 | 0,010 | -    | 0,15 | -    | -                    | Ejemplo de la invención |
| 7            | 0,010                           | 0,10 | 0,15 | 0,038 | 0,0012 | 15,0 | 0,13 | 1,9 | 0,02 | 0,014 | -    | -    | 0,08 | -                    | Ejemplo de la invención |
| 8            | 0,006                           | 0,12 | 0,11 | 0,029 | 0,0021 | 15,1 | 0,17 | 2,0 | 0,91 | 0,009 | 0,18 | -    | -    | Ca:0,0045, Mg:0,0032 | Ejemplo de la invención |
| 9            | 0,011                           | 0,07 | 0,08 | 0,038 | 0,0024 | 11,3 | 0,10 | 2,1 | 0,05 | 0,007 | 0,23 | -    | -    | Ca:0,0051, Mg:0,0034 | Ejemplo de la invención |
| 10           | 0,006                           | 0,13 | 0,12 | 0,031 | 0,0011 | 11,4 | 0,13 | 2,0 | 0,05 | 0,008 | -    | 0,05 | -    | Ca:0,0034, Mg:0,0086 | Ejemplo de la invención |
| 11           | 0,007                           | 0,14 | 0,11 | 0,037 | 0,0013 | 15,3 | 0,13 | 2,3 | 0,06 | 0,009 | 0,23 | -    | 0,04 | La:0,081             | Ejemplo de la invención |
| 12           | 0,013                           | 0,12 | 0,14 | 0,034 | 0,0010 | 15,4 | 0,12 | 2,1 | 0,34 | 0,008 | 0,21 | -    | -    | La+Ce:0,024          | Ejemplo de la invención |
| 13           | 0,011                           | 0,11 | 0,10 | 0,039 | 0,0022 | 15,1 | 0,19 | 2,0 | 0,51 | 0,008 | 0,19 | -    | -    | Y+Ce:0,035, Nb:0,45  | Ejemplo de la invención |
| 14           | 0,013                           | 0,10 | 0,14 | 0,025 | 0,0015 | 15,0 | 0,20 | 2,1 | 0,81 | 0,013 | 0,15 | -    | -    | Mo:0,51              | Ejemplo de la invención |
| 15           | 0,013                           | 0,13 | 0,11 | 0,026 | 0,0025 | 15,1 | 0,18 | 2,0 | 0,53 | 0,007 | 0,34 | -    | -    | W:0,24, Co:0,25      | Ejemplo de la invención |
| 16           | 0,012                           | 0,15 | 0,14 | 0,025 | 0,0018 | 11,3 | 0,12 | 0,4 | 0,31 | 0,010 | 0,41 | -    | -    | -                    | Ejemplo comparativo     |
| 17           | 0,006                           | 0,10 | 0,10 | 0,034 | 0,0014 | 20,8 | 0,14 | 2,1 | 0,34 | 0,008 | 0,23 | -    | -    | -                    | Ejemplo comparativo     |
| 18           | 0,011                           | 0,10 | 0,12 | 0,025 | 0,0013 | 15,1 | 0,16 | 1,3 | 0,06 | 0,013 | 0,29 | -    | -    | -                    | Ejemplo comparativo     |
| 19           | 0,012                           | 0,09 | 0,11 | 0,037 | 0,0015 | 15,3 | 0,16 | 4,0 | 0,05 | 0,012 | 0,27 | -    | -    | -                    | Ejemplo comparativo     |
| 20           | 0,010                           | 0,10 | 0,13 | 0,030 | 0,0022 | 11,3 | 0,13 | 2,1 | -    | 0,013 | 0,24 | -    | -    | -                    | Ejemplo comparativo     |
| 21           | 0,008                           | 0,24 | 0,12 | 0,032 | 0,0021 | 11,5 | 0,15 | 2,0 | -    | 0,013 | 0,25 | -    | -    | -                    | Ejemplo comparativo     |
| 22           | 0,009                           | 0,12 | 0,22 | 0,029 | 0,0020 | 11,2 | 0,13 | 2,2 | -    | 0,013 | 0,23 | -    | -    | -                    | Ejemplo comparativo     |

[Tabla 2]

| N.º de acero | Tenacidad de chapa recocida laminada en caliente |            | Propiedades de la lámina a altas temperaturas |            |   |            | Adhesión al recubrimiento de catalizador |            | Observaciones           |
|--------------|--|------------|---|------------|---|------------|--|------------|-------------------------|
|              | DBTT (°C)  | Evaluación | Estabilidad de conformación                   |            | Resistencia a la oxidación                                |            | Razón de desprendimiento (%)             | Evaluación |                         |
|              |  |            | Cambio dimensional (%)                        | Evaluación | Aumento de peso debido a la oxidación (g/m <sup>2</sup> ) | Evaluación |  |            |                         |
| 1            | -5   | ○          | 3,2   | ○          | 3,5   | ○          | 19                                       | ○          | Ejemplo de la invención |
| 2            | 20   | ○          | 2,2   | ○          | 1,5   | ○          | 16                                       | ○          | Ejemplo de la invención |
| 3            | 30   | ○          | 1,6   | ○          | 1,6   | ○          | 17                                       | ○          | Ejemplo de la invención |
| 4            | -10  | ○          | 3,7   | ○          | 2,9   | ○          | 25                                       | ○          | Ejemplo de la invención |
| 5            | 25   | ○          | 2,2   | ○          | 1,3   | ○          | 20                                       | ○          | Ejemplo de la invención |
| 6            | 40   | ○          | 3,2   | ○          | 3,1   | ○          | 19                                       | ○          | Ejemplo de la invención |
| 7            | 15   | ○          | 3,8   | ○          | 2,8   | ○          | 26                                       | ○          | Ejemplo de la invención |
| 8            | 20   | ○          | 1,4   | ○          | 1,8   | ○          | 21                                       | ○          | Ejemplo de la invención |
| 9            | -15  | ○          | 3,9   | ○          | 3,4   | ○          | 23                                       | ○          | Ejemplo de la invención |
| 10           | 25   | ○          | 4,1   | ○          | 1,5   | ○          | 27                                       | ○          | Ejemplo de la invención |
| 11           | 10   | ○          | 2,1   | ○          | 1,1   | ○          | 16                                       | ○          | Ejemplo de la invención |
| 12           | 5  | ○          | 1,8   | ○          | 1,0   | ○          | 12                                       | ○          | Ejemplo de la invención |
| 13           | 10   | ○          | 1,5   | ○          | 1,4   | ○          | 11                                       | ○          | Ejemplo de la invención |
| 14           | 30   | ○          | 1,8   | ○          | 2,9   | ○          | 16                                       | ○          | Ejemplo de la invención |
| 15           | 35   | ○          | 1,3   | ○          | 1,7   | ○          | 13                                       | ○          | Ejemplo de la invención |
| 16           | -30  | ○          | 8,7   | x          | 5,9   | x          | 89                                       | x          | Ejemplo comparativo     |
| 17           | 100  | x          | 1,3   | ○          | 1,5   | ○          | 12                                       | ○          | Ejemplo comparativo     |
| 18           | 20   | ○          | 7,2   | x          | 4,9   | x          | 84                                       | x          | Ejemplo comparativo     |
| 19           | 90   | x          | 2,1   | ○          | 1,5   | ○          | 15                                       | ○          | Ejemplo comparativo     |
| 20           | -10  | ○          | 6,8   | x          | 3,4   | ○          | 75                                       | x          | Ejemplo comparativo     |
| 21           | 10   | ○          | 1,8   | ○          | 1,2   | ○          | 37                                       | x          | Ejemplo comparativo     |
| 22           | 5  | ○          | 6,7   | x          | 4,8   | x          | 78                                       | x          | Ejemplo comparativo     |

5 [Tabla 3]

| Muestra | N.º de acero | Condiciones de tratamiento térmico |        | Tipo de capa | Fracción de área de capa de | Grosor de la capa de | Adhesión al recubrimiento de catalizador |            | Observaciones |
|---------|--------------|------------------------------------|--------|--------------|-----------------------------|----------------------|--|------------|---------------|
|         |              | Trata-                             | Trata- |              |                             |                      | Razón de                                 | Evaluación |               |

ES 2 667 959 T3

|   |   | miento térmico   | miento de oxidación     | de óxido          | óxido de Al (%)  | óxido (μm) | desprendimiento (%) |   |                         |
|---|---|--|-------------------------|-------------------|------------------|------------|---------------------|---|-------------------------|
| A | 1 | 1200 °C x 30 min (a vacío*1)                                       | 900 °C x 5 h (al aire)  | Capa compuesta *2 | 44               | 3,5        | 12                  | ⊙ | Ejemplo de la invención |
| B | 2 | 1200 °C x 30 min (a vacío*1)                                       | 900 °C x 5 h (al aire)  | Capa compuesta *2 | 51               | 2,9        | 10                  | ⊙ | Ejemplo de la invención |
| C | 3 | Ninguno  | 900 °C x 5 h (al aire)  | Capa compuesta *2 | 35               | 2,3        | 19                  | ⊙ | Ejemplo de la invención |
| D | 4 | 1200 °C x 30 min (a vacío*1)                                       | 900 °C x 5 h (al aire)  | Capa compuesta *2 | 50               | 4,1        | 9                   | ⊙ | Ejemplo de la invención |
| E | 5 | 1200 °C x 30 min (a vacío*1)                                       | 900 °C x 5 h (al aire)  | Capa compuesta *2 | 82               | 2,1        | 6                   | ⊙ | Ejemplo de la invención |
| F | 6 | 950 °C x 30 min (75 % de H <sub>2</sub> -25 % de N <sub>2</sub> )  | 900 °C x 5 h (al aire)  | Capa compuesta *2 | 45               | 2,9        | 8                   | ⊙ | Ejemplo de la invención |
| G | 7 | 1200 °C x 30 min (a vacío*1)                                       | 900 °C x 5 h (al aire)  | Capa compuesta *2 | 35               | 3,2        | 11                  | ⊙ | Ejemplo de la invención |
| H | 8 | Ninguno  | Ninguno                 | Ninguno           | 0                | <0,1       | 38                  | ⊙ | Ejemplo de la invención |
| I |   | 1200 °C x 30 min (a vacío*1)                                       | 900 °C x 30 s (al aire) | Capa compuesta *2 | No puede medirse | 0,2        | 31                  | ⊙ | Ejemplo de la invención |
| J |   | Ninguno  | 900 °C x 30 s (al aire) | Capa compuesta *2 | No puede medirse | 0,1        | 33                  | ⊙ | Ejemplo de la invención |
| K |   | 1200 °C x 30 min (a vacío*1)                                       | 800 °C x 5 h (al aire)  | Capa compuesta *2 | 48               | 1,1        | 9                   | ⊙ | Ejemplo de la invención |
| L |   | Ninguno  | 800 °C x 5 h (al aire)  | Capa compuesta *2 | 41               | 1,0        | 19                  | ⊙ | Ejemplo de la invención |
| M |   | 950 °C x 30 min (a vacío*1)  | 900 °C x 5 h (al aire)  | Capa compuesta *2 | 52               | 2,3        | 6                   | ⊙ | Ejemplo de la invención |
| N |   | Ninguno  | 900 °C x 5 h (al aire)  | Capa compuesta *2 | 37               | 2,1        | 15                  | ⊙ | Ejemplo de la invención |
| O |   | 1100 °C x 30 min (a vacío*1)                                       | 1000 °C x 5 h (al aire) | Capa compuesta *2 | 59               | 4,1        | 11                  | ⊙ | Ejemplo de la invención |
| P |   | Ninguno  | 1000 °C x 5 h (al aire) | Capa compuesta *2 | 45               | 3,9        | 18                  | ⊙ | Ejemplo de la invención |
| Q |   | 1200 °C x 30 min (75 % de H <sub>2</sub> -25 % de N <sub>2</sub> ) | 900 °C x 5 h (al aire)  | Capa compuesta *2 | 56               | 2,1        | 5                   | ⊙ | Ejemplo de la invención |

|   |    |  |                         |                   |    |     |    |   |                         |
|---|----|--|-------------------------|-------------------|----|-----|----|---|-------------------------|
| R | 9  | 1200 °C x 30 min (75 % de H <sub>2</sub> -25 % de N <sub>2</sub> ) | 900 °C x 5 h (al aire)  | Capa compuesta *2 | 58 | 3,2 | 7  | ⊙ | Ejemplo de la invención |
| S | 10 | 1200 °C x 30 min (a vacío*1)                                       | 900 °C x 5 h (al aire)  | Capa compuesta *2 | 61 | 1,9 | 7  | ⊙ | Ejemplo de la invención |
| T | 11 | 1200 °C x 30 min (a vacío*1)                                       | 900 °C x 5 h (al aire)  | Capa compuesta *2 | 43 | 3,4 | 14 | ⊙ | Ejemplo de la invención |
| U | 12 | 1200 °C x 30 min (a vacío*1)                                       | 900 °C x 5 h (al aire)  | Capa compuesta *2 | 82 | 1,5 | 8  | ⊙ | Ejemplo de la invención |
| V | 9  | Ninguno  | 900 °C x 5 h (al aire)  | Capa compuesta *2 | 25 | 2,8 | 19 | ⊙ | Ejemplo de la invención |
| W | 10 | Ninguno  | 750 °C x 24 h (al aire) | Capa compuesta *2 | 14 | 1,5 | 33 | ⊙ | Ejemplo de la invención |

\*1) Grado de vacío:<1,0 x 10 Pa

\*2) Capa compuesta de capa de óxido de Al (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y capa de óxido de Cr (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

5 Tal como se muestra en la tabla 2, en los ejemplos de la invención, la tenacidad de la chapa laminada en caliente, la estabilidad de conformación de la lámina a altas temperaturas, la resistencia a la oxidación de la lámina, y la adhesión de la lámina a un recubrimiento de catalizador fueron excelentes. En particular, puesto que las chapas laminadas en caliente preparadas en los ejemplos de la invención tenían alta tenacidad, fue posible producir las láminas de acero inoxidable ferrítico usando equipos de producción habituales de acero inoxidable de manera eficaz.

10 Por otro lado, en los ejemplos comparativos, al menos una propiedad seleccionada de la tenacidad de la chapa laminada en caliente, la estabilidad de conformación de la lámina a altas temperaturas, la resistencia a la oxidación de la lámina, y la adhesión de la lámina a un recubrimiento de catalizador fue mala.

15 Tal como se muestra en la tabla 3, las muestras que se habían sometido adecuadamente a un tratamiento de oxidación o a un pretratamiento térmico y un tratamiento de oxidación para formar una capa de óxido sobre las mismas de manera que la fracción de área de la capa de óxido de Al fuera del 20 % o más, tenían una adhesión mayor a un recubrimiento de catalizador que la muestra H, que no se había sometido a un tratamiento de oxidación.

20 Las muestras en las que la fracción de área de la capa de óxido de Al era del 20 % o más tenían una adhesión notablemente mayor a un recubrimiento de catalizador que las muestras I y J, en las que el grosor de la capa de óxido era de 0,2 μm o menos, puesto que el tiempo de tratamiento de oxidación se fijó para que fuera corto, es decir, 30 s, y la muestra W, en la que la fracción de área de la capa de óxido de Al era pequeña, es decir, del 14 %, puesto que el tratamiento de oxidación se realizó a 750 °C durante 24 h.

25 A partir de los resultados descritos anteriormente se encuentra que las láminas de acero inoxidable ferrítico preparadas en los ejemplos de la invención tenían alta adhesión a un recubrimiento de catalizador así como buena eficacia de producción y buenas propiedades a alta temperatura.

30 **[Aplicabilidad industrial]**

Según la presente invención, es posible producir una lámina de acero inoxidable ferrítico usada de manera adecuada como material de un soporte de catalizador para instalaciones de purificación de gases de escape en las que la temperatura máxima alcanzada por el gas de escape es relativamente baja, usando equipos de producción habituales de acero inoxidable de manera eficaz, lo que es notablemente efectivo desde el punto de vista industrial.

35 **[Lista de signos de referencia]**

1: LÁMINA PLANA

40 2: LÁMINA CORRUGADA

3: CILINDRO EXTERNO

- 4: SOPLADURA DE METAL
- 5: FUNDICIÓN DE BASE
- 5 6: CAPA DE ÓXIDO
- 7: CAPA DE ÓXIDO DE Al
- 10 8: CAPA DE ÓXIDO DE Cr
- 9:  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> QUE SIRVE COMO RECUBRIMIENTO

**REIVINDICACIONES**

1. Lámina de acero inoxidable ferrítico que tiene una composición que consiste en, en % en masa:
- 5 C: el 0,050 % o menos, Si: el 0,20 % o menos, Mn: el 0,20 % o menos, P: el 0,050 % o menos, S: el 0,0050 % o menos, Cr: el 10,5 % o más y el 20,0 % o menos, Ni: el 0,01 % o más y el 1,00 % o menos, Al: más del 1,5 % y menos del 3,0 %, Cu: el 0,01 % o más y el 1,00 % o menos, N: el 0,10 % o menos,
- 10 uno o más elementos seleccionados de Ti: el 0,01 % o más y el 1,00 % o menos, Zr: el 0,01 % o más y el 0,20 % o menos, y Hf: el 0,01 % o más y el 0,20 % o menos,
- opcionalmente uno o más elementos seleccionados de Ca: el 0,0010 % o más y el 0,0300 % o menos, Mg: el 0,0015 % o más y el 0,0300 % o menos, y REM: el 0,01 % o más y el 0,20 % o menos,
- 15 opcionalmente uno o más elementos seleccionados de Nb: el 0,01 % o más y el 1,00 % o menos, Mo: el 0,01 % o más y el 3,00 % o menos, W: el 0,01 % o más y el 3,00 % o menos, y Co: el 0,01 % o más y el 3,00 % o menos de modo que el contenido total del uno o más elementos de Nb, Mo, W y Co es del 0,01 % o más y del 3,00 % o menos, y
- 20 siendo el resto Fe e impurezas inevitables,
- en la que la lámina tiene un grosor de 200  $\mu\text{m}$  o menos.
- 25 2. Lámina de acero inoxidable ferrítico según la reivindicación 1, estando la lámina de acero inoxidable ferrítico dotada de una capa compuesta que incluye una capa de óxido de Al y una capa de óxido de Cr, estando la capa compuesta dispuesta sobre una superficie de la lámina de acero inoxidable ferrítico, siendo la fracción de área de la capa de óxido de Al del 20 % o más.

FIG. 1

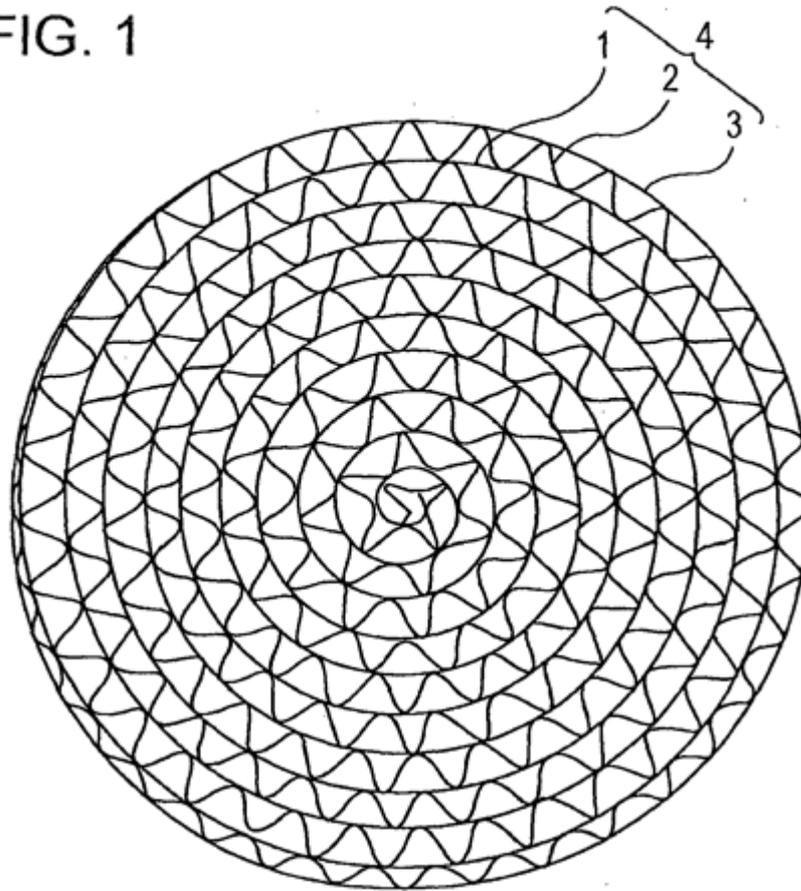


FIG. 2

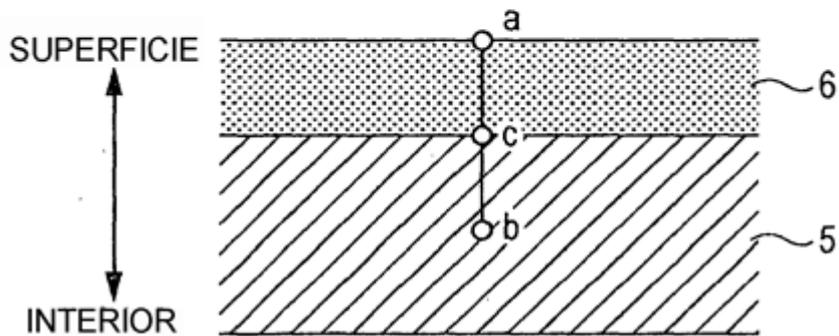


FIG. 3

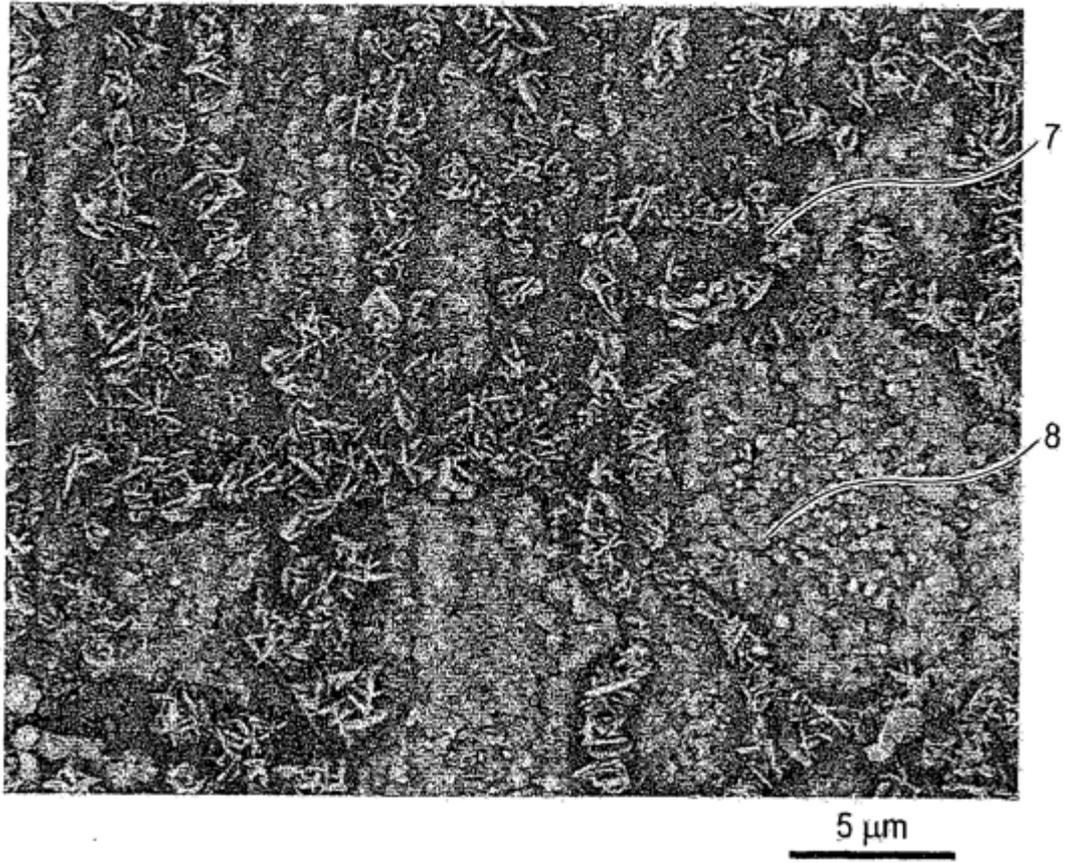


FIG. 4

