

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 901 964**

51 Int. Cl.:

C22C 38/50	(2006.01) C22C 38/52	(2006.01)
C22C 38/46	(2006.01) C21D 9/00	(2006.01)
C22C 38/00	(2006.01) C21D 9/46	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01) C21D 6/00	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01) C21D 8/02	(2006.01)
C22C 38/06	(2006.01) B01J 32/00	(2006.01)
C22C 38/42	(2006.01)	
C22C 38/34	(2006.01)	
C22C 38/44	(2006.01)	
C22C 38/48	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.08.2015** **PCT/JP2015/004150**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.03.2016** **WO16031192**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.08.2015** **E 15835384 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.10.2021** **EP 3187609**

54 Título: **Lámina de acero inoxidable ferrítico y método de producción de la misma**

30 Prioridad:

29.08.2014 JP 2014175033

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.03.2022

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 y
FUJISAWA, MITSUYUKI

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 901 964 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 y método de producción de la misma

5 Campo técnico

La presente invención se relaciona con una lámina de acero inoxidable ferrítico la cual se utiliza para, en particular, un portador de catalizador para una instalación purificadora de gases de escape.

10 Antecedentes de la invención

Hoy en día, dado que las normativas sobre los gases de escape de automóviles son cada vez más estrictas, existe un número creciente de casos donde una estructura tipo panel metálica hecha de una lámina de acero inoxidable que sirve como un portador de catalizador para una instalación purificadora de gases de escape de automóviles se equipa en un automóvil. Una estructura tipo panel metálica es capaz de realizar una mayor proporción de apertura y tiene una mayor resistencia al choque térmico y una mayor resistencia a la vibración que un portador tipo panel predominante de cerámica. Por lo tanto, la proporción de casos donde se emplea una estructura tipo panel metálica es cada vez mayor. En particular, en el caso donde una instalación purificadora de gases de escape se equipen en un automóvil grande, tal como un camión, dado que el tamaño del portador es grande, se utiliza en muchos casos una estructura tipo panel metálica, la cual tiene un alto grado de libertad de forma.

Dicha estructura tipo panel metálica tiene una estructura de panel formada apilando, por ejemplo, láminas lisas de acero inoxidable (láminas lisas) y láminas de acero inoxidable conformadas en una forma corrugada (láminas corrugadas) en capas alternadas y fijando los puntos de contacto de las láminas lisas y las láminas corrugadas utilizando un método de soldadura fuerte o un método de unión por difusión, y la estructura tipo panel metálica cuya superficie está recubierta con un material catalítico se utiliza para una instalación purificadora de gases de escape.

Una estructura tipo panel se compone principalmente de una lámina de acero inoxidable ferrítico con alto contenido de Al, tipificada, por ejemplo, una lámina de acero inoxidable que contienen 5 % en masa de Al-20 % en masa de Cr o una lámina de acero inoxidable que contiene 3 % en masa de Al-18 % en masa de Cr. Existe un aumento significativo en la resistencia a la oxidación, al adicionar de 2 % en masa a 3 % en masa o más de Al al acero inoxidable, dado que se forma una película de óxido de Al_2O_3 en la superficie del acero inoxidable. En el caso de un automóvil con motor de gasolina, la temperatura dentro de su instalación purificadora de gases de escape aumenta debido a la temperatura de los gases de escape y una reacción catalítica y puede alcanzar una alta temperatura de 1000 °C o superior. Por lo tanto, una lámina de acero inoxidable ferrítico con alto contenido de Al que tiene un contenido de Al de 3 % en masa o más, la cual tiene una excelente resistencia a la oxidación a alta temperatura, se utiliza para un portador de catalizador. Además, se requiere que una lámina utilizada para un portador de catalizador tenga excelente resistencia al cambio de forma a una alta temperatura con el fin de prevenir el desprendimiento del catalizador soportado.

Por otro lado, en el caso de un automóvil con motor diésel, la temperatura de los gases de escape no se eleva a dicha alta temperatura como es el caso con los gases de escape de un automóvil con motor de gasolina, y la temperatura final máxima es de aproximadamente 800 °C en la mayoría de los casos. En el caso de los vehículos, tales como las máquinas agrícolas y las máquinas de construcción distintas de los automóviles, la temperatura más alta de sus gases de escape es incluso menor. Por lo tanto, no se requiere que una lámina tenga una resistencia a la oxidación tan excelente a una alta temperatura o una resistencia al cambio de forma tan excelente a una alta temperatura que la lámina de acero inoxidable que contiene 5 % en masa de Al-20 % en masa de Cr o la lámina de acero inoxidable que contiene 3 % en masa de Al-18 % en masa de Cr descrita anteriormente tiene. Por otro lado, en el caso de dichas láminas de acero inoxidable ferrítico con alto contenido de Al, aunque la resistencia a la oxidación es excelente, existe el problema de que, dado que una hoja de acero laminada en caliente en la mitad del proceso de fabricación es deficiente en términos de tenacidad, se produce una disminución en la factibilidad de fabricación, lo cual resulta en un aumento de los costos de fabricación. Además, estas láminas son deficientes en términos de maleabilidad. Por lo tanto, el fracturamiento tiende a ocurrir en las láminas cuando se realiza el trabajo de corrugación, y existe un caso donde no es posible dar a las láminas la forma deseada debido a la recuperación elástica. También se considera la posibilidad de realizar un recocido antes de realizar el conformado con el fin de aumentar la maleabilidad de corrugación. Sin embargo, en el caso de una lámina delgada, dado que es difícil remover las incrustaciones superficiales las cuales se generan cuando se realiza el recocido mediante esmerilado o decapado, el recocido brillante generalmente se realiza en una atmósfera reductora. Ya que el recocido brillante requiere un control atmosférico de alto nivel, existe un aumento significativo en los costos de fabricación debido a la adición de un proceso de recocido brillante. Con el fin de evitar dicho aumento en los costos de fabricación, una lámina se utiliza idealmente para el trabajo de corrugación sin ser sometida a recocido.

Para resolver los problemas descritos anteriormente, se han propuesto láminas de acero inoxidable cuya factibilidad de fabricación aumenta al disminuir el contenido de Al tanto como sea posible.

La literatura tipo patente 1 divulga una estructura tipo panel metálica hecha de una lámina de acero inoxidable fabricada limitando el contenido de Al en el intervalo de un nivel de impurezas al 0,8 % en masa y formando una capa de óxido de Cr en lugar de una capa de óxido de Al a una alta temperatura con el fin de aumentar la capacidad de unión por difusión

cuando se ensambla un portador. Además, la literatura tipo patente 2 divulga una estructura tipo panal metálica hecha de una lámina de acero inoxidable fabricada limitando el contenido de Al en el intervalo de un nivel de impurezas al 0,8 % en masa y estableciendo el contenido de Mo del 0,3 % en masa al 3 % en masa con el fin de aumentar la resistencia a la oxidación, capacidad de unión por difusión, y resistencia a la corrosión por ácido sulfúrico.

Sin embargo, en el caso de las láminas de acero inoxidable descritas en la literatura tipo patente 1 y en la literatura tipo patente 2, existe el problema de que, dado que la diferencia en el coeficiente de expansión térmica entre una capa de óxido de Cr generada en la superficie de la lámina y el acero base es mayor que en el caso de una capa de óxido de Al, la deformación por fluencia se produce a una alta temperatura, lo cual resulta en un cambio en la forma de la lámina y desprendimiento de la capa de óxido en la superficie de la lámina. En el caso donde se produzca dicha deformación o desprendimiento, al caerse el catalizador soportado en la superficie de la lámina, no es posible satisfacer las propiedades requeridas para un portador de catalizador.

Como se describe anteriormente, en el caso donde el acero inoxidable que tiene un contenido de Al reducido se lamina en una lámina que tienen un espesor de 200 μm o menos y se utilice para una estructura tipo panal metálica, existe un gran problema de cambio en la forma a una alta temperatura. Dicho acero inoxidable ferrítico es deficiente en términos de resistencia al cambio de forma cuando se utiliza a una alta temperatura.

Por lo tanto, en el pasado, los presentes inventores inventaron una lámina de acero inoxidable ferrítico fabricada limitando el contenido de Al de 0,01 % en masa a 1,0 % en masa con el fin de aumentar la factibilidad de fabricación y adicionando elementos químicos tales como Cu, Nb, Mo y W con el fin de aumentar la resistencia al cambio de forma a una alta temperatura (consulte la literatura de tipo patente 3).

La literatura tipo patente 4 describe una hoja de acero inoxidable ferrítico que contiene aproximadamente 0,01 por ciento en masa o menos de carbono; aproximadamente 1,0 por ciento en masa o menos de silicio; aproximadamente 1,5 por ciento en masa o menos de manganeso; de aproximadamente 11 a aproximadamente 23 por ciento en masa de cromo; aproximadamente 0,06 por ciento en masa o menos de fósforo; aproximadamente 0,03 por ciento en peso o menos de azufre; aproximadamente 1,0 por ciento en masa o menos de aluminio; aproximadamente 0,04 por ciento en masa de nitrógeno; de aproximadamente 0,0005 a aproximadamente 0,01 por ciento en masa de boro; aproximadamente 0,3 por ciento en masa o menos de vanadio; aproximadamente 0,8 por ciento en masa o menos de niobio y/o aproximadamente 1,0 por ciento en masa o menos de titanio.

La literatura tipo patente 5 describe un acero que contiene Cr, caracterizado por contener, en % en masa, C: 0,01 % o menos, N: 0,015 % o menos, Si: 0,8 a 1,0 %, Mn: 0,2 a 1,5 %, P: 0,03 % o menos, S: 0,01 % o menos, Ni: 0,2 % o menos, Cu: 0,2 % o menos, Cr: 13 a 15 %, Mo: 0,1 % o menos, Nb: 0,3 a 0,5 %, Ti: 0,05 a 0,2 %, V: 0,01 a 0,2 %, Al: 0,015 a 1,0 %, y B: 0,0002 a 0,0010 %.

La literatura tipo patente 6 describe una hoja de acero inoxidable ferrítico que comprende: trazas $\leq$ C $\leq$ 0,03 %; 0,2 % $\leq$ Mn $\leq$ 1 %; 0,2 % $\leq$ Si $\leq$ 1 %; trazas $\leq$ S $\leq$ 0,01 %; trazas $\leq$ P $\leq$ 0,04 %; 15 % $\leq$ Cr $\leq$ 22 %; trazas $\leq$ Ni $\leq$ 0,5 %; trazas $\leq$ Mo $\leq$ 2 %; trazas $\leq$ Cu $\leq$ 0,5 %; 0,160 % $\leq$ Ti $\leq$ 1 %; 0,02 % $\leq$ Al $\leq$ 1 %; 0,2 % $\leq$ Nb $\leq$ 1 %; trazas $\leq$ V $\leq$ 0,2 %; 0,009 % $\leq$ N $\leq$ 0,03 %; trazas $\leq$ Co $\leq$ 0,2 %; trazas $\leq$ Sn $\leq$ 0,05 %; tierras raras $\leq$ 0,1 %; trazas $\leq$ Zr $\leq$ 0,01 %.

La literatura tipo patente 7 describe un acero inoxidable ferrítico que comprende en porcentajes en peso 0,003 - 0,035 % de carbono, 0,05 - 1,0 % de silicio, 0,1 - 0,8 % de manganeso, 20 - 24 % de cromo, 0,05 - 0,8 % de níquel, 0,003 - 0,5 % molibdeno, 0,2 - 0,8 % de cobre, 0,003 - 0,05 % de nitrógeno, 0,05 - 0,8 % de titanio, 0,05 - 0,8 % de niobio, 0,03 - 0,5 % de vanadio, menos de 0,04 % de aluminio, y la suma de C+N es menos de 0,06 %.

La literatura tipo patente 8 describe aceros inoxidables ferríticos que incluyen, en % en masa, C: de 0,001 a 0,030 %, Si: de más de 0,3 a 0,55 %, Mn: de 0,05 a 0,50 %, P: no más de 0,05 %, S: no más de 0,01 %, Cr: de 19,0 a 28,0 %, Ni: de 0,01 a menos de 0,30 %, Mo: de 0,2 a 3,0 %, Al: de más de 0,08 a 1,2 %, V: de 0,02 a 0,50 %, Cu: menos de 0,1 %, Nb: de 0,005 a 0,50 %, Ti: de 0,05 a 0,50 %, y N: de 0,001 a 0,030 %.

La literatura tipo patente 9 describe una hoja de acero inoxidable ferrítico laminada en frío que comprende $\leq$ 0,03 % de C, de 0,11 a 2,00 % de Si, $\leq$ 1,00 % de Mn, $\leq$ 0,03 % de S, de 10,00 a 25,00 % de Cr, $\leq$ 0,03 % de N, $\leq$ 0,08 % de Al, de 0,10 a 0,50 % de Ti, de 0,02 a 0,40 % de V, de 0,0002 a 0,0050 % de B y $\leq$ 0,012 % de O.

La literatura tipo patente 10 describe un acero inoxidable ferrítico que comprende, en peso, 14-19 % de Cr, $\leq$ 0,5 % de Si, $\leq$ 0,5 % de Mn, $\leq$ 0,1 % de Al, 0,02-0,40 % de Ti, 0-0,5 % de Nb, 0-1,0 % de Cu, 0-1,0 % de V, 0-1,0 % de Ni, 0-0,005 % de Ca.

La literatura tipo patente 11 describe una tubería de acero inoxidable soldada que comprende $\leq$ 0,03 % de C, $\leq$ 2,0 % de Si, $\leq$ 2,0 % de Mn, $\leq$ 0,1 % de P, $\leq$ 0,03 % de S, $\leq$ 1,0 % de Ni, de 9 a 24 % de Cr, de 0,05 a 0,60 % de Nb, de 0,05 a 0,30 % de Ti, $\leq$ 0,15 % de Al, $\leq$ 0,03 % de N.

En NPL 1, se determinó experimentalmente el efecto del grado de deformación sobre el límite elástico de la hoja de acero

inoxidable ferrítico y un modelo previamente desarrollado se aplicó a los datos así obtenidos.

Lista de citas

5 Literatura tipo patente

- PTL 1: Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada No. 7-213918
 PTL 2: Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada No. 7-275715
 PTL 3: Patente japonesa No. 5522330 (Publicación internacional No. WO2013/114833)
 10 PTL 4: Publicación de solicitud de patente europea No. EP 1 308 532 A2
 PTL 5: Publicación de solicitud de patente europea No. EP 2 036 994 A1
 PTL 6: Publicación de solicitud de patente internacional No. WO 2014/033372 A1
 PTL 7: Publicación de solicitud de patente internacional No. WO 2014/080078 A1
 PTL 8: Publicación de solicitud de patente internacional No. WO 2013/080526
 15 PTL 9: Publicación de solicitud de patente japonesa No. JP 2001 254 154
 PTL 10: Publicación de solicitud de patente japonesa No. JP H08 144 021
 PTL 11: Publicación de solicitud de patente japonesa No. JP 2007 217 716 A

Literatura de tipo no patente

- 20 NPL 1: Kester D. Clarke et al., "Effect of Strain Rate on the Yield Stress of Ferritic Stainless Steels", Metall Mater Trans A, Springer-Verlag Nueva York

Breve descripción de la invención

25 Problema técnico

30 Sin embargo, en el caso de la lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la literatura de tipo patente 3, elementos químicos de reforzamiento por soluto tipificados, por ejemplo, como costosos Cu, Nb, Mo y W con el fin de aumentar la resistencia al cambio de forma a una alta temperatura. Por lo tanto, ha existido una demanda para aumentar la factibilidad de fabricación disminuyendo los costos de los componentes y para aumentar la maleabilidad de corrugación sin realizar el recocido inhibiendo la disminución de la maleabilidad.

35 Por lo tanto, un objetivo de la presente invención es, resolviendo los problemas descritos anteriormente, proporcionar una lámina de acero inoxidable ferrítico excelente en términos de maleabilidad de corrugación, resistencia al cambio de forma a una alta temperatura, y factibilidad de fabricación y un método para fabricar la lámina de acero.

Solución al problema

40 Los presentes inventores llevaron a cabo diligentemente investigaciones con el fin de resolver los problemas descritos anteriormente y, como resultado, encontraron un método para aumentar la resistencia al cambio de forma adicionando cantidades específicas de Cr, Ti y V en lugar de adicionar elementos químicos de reforzamiento costosos, y encontraron que, con este método, es posible obtener una lámina de acero inoxidable excelente en términos de maleabilidad de corrugación. La materia de la presente invención se define en las reivindicaciones.

45 Efectos ventajosos de la invención

50 De acuerdo con la presente invención, es posible proporcionar una lámina de acero inoxidable ferrítico excelente en términos de maleabilidad de corrugación, resistencia al cambio de forma a una alta temperatura, y factibilidad de fabricación y un método para fabricar la lámina de acero.

Descripción de las realizaciones

55 En primer lugar, con el fin de completar la lámina de acero inoxidable ferrítico para que sea utilizada para un portador de catalizador para una instalación purificadora de gases de escape para un automóvil con motor diésel de acuerdo con la presente invención, los presentes inventores llevaron a cabo investigaciones sobre las propiedades requeridas para prevenir el desprendimiento de un catalizador debido al cambio de forma en el caso de un portador de catalizador para una instalación purificadora de gases de escape para que sea utilizada para un gas de escape cuya temperatura más alta es de 800 °C o menor, y como resultado, encontraron que es posible inhibir el desprendimiento de un catalizador que ocurre en el caso donde una proporción de cambio de forma es de 10 % o menos, o preferiblemente de 5 % o menos, después de que el portador de catalizador se ha mantenido a una temperatura de 500 °C o mayor, y 800 °C o menor durante 100 horas en aire atmosférico. En la presente, un método para determinar la proporción de cambio de forma se describirá en detalle en los Ejemplos.

65 Con el fin de obtener una lámina de acero inoxidable de bajo costo que tiene suficiente maleabilidad de corrugación y factibilidad de fabricación, y que al mismo tiempo satisfaga las propiedades requeridas descritas anteriormente, utilizando

una lámina de acero inoxidable ferrítico en la cual el contenido de Al, el cual disminuye la maleabilidad y factibilidad de fabricación, y elementos químicos costosos tales como Cu, Nb y Mo se controlan para que sean lo más pequeños posible, los presentes inventores llevaron a cabo investigaciones minuciosas sobre la resistencia al cambio de forma a una alta temperatura y maleabilidad de corrugación y, como resultado, obtuvieron los siguientes conocimientos, los cuales dieron como resultado la realización de la presente invención.

Se aclaró que, con el fin de aumentar la resistencia al cambio de forma de una lámina de acero inoxidable ferrítico, la reducción final por laminación de un proceso de laminación en frío realizado en acero que contiene cantidades específicas de, por ejemplo, Cr, Ti y V debe ser del 50 % o más y del 95 % o menos, y la dureza Vickers (HV, por sus siglas en inglés) debe controlarse para que sea mayor que 200. Se cree que esto se debe a que, dado que se acumula una gran cantidad de esfuerzo de trabajo debido a una reducción por laminación aumentada de un proceso de laminación en frío, se promueve la recrystalización mediante un tratamiento térmico en un proceso de fabricación de estructuras tipo panal metálicas, lo cual da como resultado un aumento en el diámetro del grano cristalino de una lámina.

Es decir, se piensa que, dado que la cantidad de deformación por fluencia a alta temperatura y una tasa de oxidación disminuyen con un aumento en el diámetro del grano cristalino, existe una disminución en la cantidad de deformación cuando la estructura tipo panal metálica se utiliza a una alta temperatura. Por otro lado, en el caso donde la dureza Vickers (HV) es de 200 o menor, el efecto de promover un aumento en el diámetro del grano cristalino es insuficiente. Por lo tanto, la dureza Vickers (HV) de la lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la presente invención se establece para que sea mayor que 200, o preferiblemente mayor que 220.

Es preferible que el diámetro del grano cristalino de una lámina de acero inoxidable ferrítico se incremente después de que la lámina de acero se haya ensamblado en una estructura tipo panal metálica. Esto debido a que existe un aumento en el costo en el caso donde se añade un proceso de recocido en un proceso de fabricación de láminas con el fin de aumentar el diámetro del grano cristalino. Dado que un tratamiento térmico (tratamiento térmico de unión) generalmente se realiza en un vacío de $1,0 \times 10$ Pa o menos o en una atmósfera reductora a una temperatura de 800 °C a 1200 °C durante 30 segundos o más para realizar soldadura fuerte o unión por difusión cuando se ensambla un portador de catalizador para una estructura tipo panal metálica, el diámetro del grano cristalino debe aumentarse realizando dicho tratamiento térmico. Es decir, al realizar un trabajo de corrugación con granos cristalinos no recrystalizados, el diámetro del grano cristalino debe aumentarse debido a la recrystalización que ocurre cuando se realiza un tratamiento térmico de unión. En la presente, el término "una atmósfera reductora" se refiere a una atmósfera compuesta por N₂, H₂, o Ar, o una mezcla de estos gases.

Por otro lado, en el caso donde se acumule una cantidad excesiva de esfuerzo de trabajo, dado que es difícil realizar el trabajo de corrugación, existe el caso donde se produzcan fracturas cuando se realiza el conformado. Incluso si no se producen fracturas, existe un caso donde no es posible realizar el trabajo de corrugación hasta un grado en el cual se logre una forma deseada debido a un aumento en la resistencia a la deformación de la lámina. A partir de los resultados de las investigaciones, se aclaró que, a menos que la dureza Vickers (HV) sea de 350 o mayor, es posible realizar el conformado sin ningún problema bajo condiciones intensas tales que el radio máximo de curvatura sea de 1 mm o menos cuando se realizan el trabajo de corrugación. Por lo tanto, la dureza Vickers (HV) de la lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la presente invención se establece para que sea menor que 350, preferiblemente menor que 320, o más preferiblemente menor que 300.

En la presente, se describirá un método para medir la dureza Vickers (HV) de la lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la presente invención.

En primer lugar, después de haber cortado una muestra que tiene un tamaño apropiado de una lámina e incorporar la muestra en, por ejemplo, una resina de manera que quede expuesta una sección transversal paralela a la dirección de laminación y en un ángulo recto a la superficie de la lámina, se realiza un pulido espejo. Posteriormente, al determinar la dureza en 5 puntos en la parte central en la dirección del espesor de esta sección transversal utilizando un medidor de dureza Vickers, la dureza promedio de los 5 puntos se define como la dureza Vickers (HV) de la lámina. Los detalles de, por ejemplo, las condiciones determinantes se determinan de acuerdo con JIS Z 2244.

[Lámina de acero inoxidable ferrítico]

A continuación, la lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la presente invención se describirá en detalle.

En primer lugar, se describirá la composición química de la lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la presente invención. En lo sucesivo, el % utilizado cuando se describen los elementos químicos constitutivos de la lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la presente invención denotará siempre % en masa.

<C: 0,020 % o menos>

Dado que existe una disminución en la tenacidad debido a las grandes cantidades de carburos precipitados cuando se realiza la laminación en caliente en el caso donde existe un aumento en el contenido de C, y dado que la maleabilidad de corrugación de una lámina disminuye con un aumento en el contenido de C, el contenido de C se establece para que sea

de 0,020 % o menos, o preferiblemente de 0,010% o menos. Es más preferible que el contenido de C sea lo más pequeño posible.

<Si: 0,05 % o más y 2,0 % o menos>

Si bien el Si es un elemento químico el cual aumenta la resistencia a la oxidación, en el caso donde el contenido de Si es más de 2,0 %, existe una disminución en la tenacidad y existe una disminución de la maleabilidad, lo cual resulta en dificultad de fabricación. Por lo tanto, el contenido de Si se estable para que sea de 2,0 % o menos, preferiblemente de 1,0 % o menos, o más preferiblemente de 0,2 % o menos. Sin embargo, cuando la resistencia a la oxidación se aumenta en mayor medida, el contenido de Si es de 0,05 % o más, preferiblemente de 0,1 % o más.

<Mn: 0,05 % o más y 1,0 % o menos>

En el caso donde el contenido de Mn es más de 1,0 %, existe una disminución en la resistencia a la oxidación a una alta temperatura. Por lo tanto, el contenido de Mn se estable para que sea de 1,0 % o menos, preferiblemente de 0,5 % o menos, o más preferiblemente de 0,3 % o menos. Sin embargo, dado que el Mn es eficaz para fijar S en el acero, el contenido de Mn es de 0,05 % o más, preferiblemente de 0,1 % o más.

<S: 0,010 % o menos>

En el caso donde el contenido de S es más de 0,010 %, existe una disminución en la resistencia a la oxidación a una alta temperatura. Por lo tanto, el contenido de S se estable para que sea de 0,010 % o menos, preferiblemente de 0,005 % o menos, o más preferiblemente de 0,003 % o menos. Incluso es más preferible que el contenido de S sea lo más pequeño posible.

<P: 0,050 % o menos>

En el caso donde el contenido de P es más de 0,050 %, existe una disminución en la resistencia a la oxidación a una alta temperatura. Por lo tanto, el contenido de P se estable para que sea de 0,050 % o menos, o preferiblemente de 0,030 % o menos. Es más preferible que el contenido de P sea lo más pequeño posible.

<Cr: 10,0 % o más y 25,0 % o menos>

Dado que el Cr es un elemento químico el cual es esencial para lograr resistencia a la oxidación y resistencia a una alta temperatura satisfactorias, el contenido de Cr se establece para que sea de 10,0 % o más. Sin embargo, en el caso donde el contenido de Cr es más de 25,0 %, dado que existe una disminución en la maleabilidad, no es posible lograr una excelente maleabilidad de corrugación, la cual es uno de los objetivos de la presente invención. Por lo tanto, el contenido de Cr se estable para que sea de 10,0 % o más, y de 25,0 % o menos, o preferiblemente de 10,0 % o más y de 20,0 % o menos. Teniendo en cuenta un equilibrio entre los costos de fabricación y la resistencia a la oxidación, es más preferible que el contenido de Cr sea de 16,0 % o más y de 17,0 % o menos.

<Ni: 0,05 % o más y 0,50 % o menos>

El Ni es eficaz para aumentar la soldabilidad fuerte cuando se ensambla un portador de catalizador. Dicho efecto se lleva a cabo en el caso donde el contenido de Ni es de 0,05 % o más. Sin embargo, en el caso donde el contenido de Ni, el cual es un elemento químico estabilizador de la austenita, es más de 0,50 %, existe un aumento en el coeficiente de expansión térmica de la lámina debido a la formación de austenita cuando comienza la oxidación del Cr, lo cual da como resultado un problema de, por ejemplo, formación de arrugas o fracturas en una lámina. Por lo tanto, el contenido de Ni se estable para que sea de 0,05 % o más y de 0,50 % o menos, preferiblemente de 0,08 % o más y de 0,30 % o menos, o más preferiblemente de 0,10 % o más y de 0,20 % o menos.

<Ti: 0,14 % o más y 0,25 % o menos.>

El Ti es un elemento químico el cual aumenta la maleabilidad y la resistencia a la oxidación al fijar C y N en el acero, y dicho efecto se lleva a cabo en el caso donde el contenido de Ti es de 0,14 % o más. Por otro lado, en el caso donde el contenido de Ti es más de 0,25 %, se precipita TiN que tiene un gran diámetro de grano. Dado que la presente invención se basa en el supuesto de que el espesor de la lámina es de 200 μm o menos, y dado que dicho TiN tiene un diámetro de grano de varios μm a varias decenas de μm , dicho TiN provoca una perforación al penetrar la lámina o una disminución en la resistencia a la oxidación al penetrar una película de óxido. Por lo tanto, el contenido de Ti se estable para que sea de 0,14 % o más y de 0,25 % o menos, o preferiblemente de 0,15 % o más y de 0,19 % o menos.

<Al: 0,001 % o más y 0,10 % o menos>

El Al tiene un efecto desoxidante. Dicho efecto se lleva a cabo en el caso donde el contenido de Al es de 0,001 % o más. Sin embargo, en el caso donde el contenido de Al es más de 0,10 %, existe una disminución en la tenacidad o capacidad de decapado de una hoja de acero laminada en caliente. Por lo tanto, el contenido de Al se estable para que sea de

0,001 % o más y de 0,10 % o menos, o preferiblemente de 0,020 % o más y de 0,060 % o menos.

<V: 0,02 % o más y 0,10 % o menos>

- 5 El V es eficaz para aumentar la tenacidad de una hoja de acero laminada en caliente y la resistencia a la oxidación de una lámina al combinarse con C y N en el acero. Además, V es eficaz para prevenir la perforación cuando se realiza la laminación de la lámina al inhibir la precipitación de TiN que tiene un gran diámetro de grano. Con el fin de llevar a cabo dichos efectos, el contenido de V se establece para que sea de 0,02 % o más. Por otro lado, en el caso donde el contenido de V es más de 0,10 %, existe una disminución en la tenacidad y resistencia a la oxidación. Por lo tanto, el contenido de V se establece para que sea de 0,02 % o más y de 0,10 % o menos, o preferiblemente de 0,02 % o más y de 0,04 % o menos.

<N: 0,020% o menos>

- 15 En el caso donde el contenido de N es más de 0,020 %, existe una disminución en la tenacidad y existe dificultad en la fabricación debido a una disminución en la maleabilidad. Por lo tanto, el contenido de N se establece para que sea de 0,020 % o menos, o preferiblemente de 0,010 % o menos.

- 20 La composición química base de la lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la presente invención es como se describe anteriormente, y el resto el cual es diferente de los anteriores es Fe e impurezas inevitables.

Además, la lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la presente invención puede contener Mo, Cu, Co, Nb, REM, Zr, Hf, Ca y Mg como elementos químicos selectivos.

- 25 <Mo: 0,01 % o más y 0,50 % o menos>

Mo es eficaz para aumentar la resistencia a altas temperaturas de una lámina de acero inoxidable ferrítico. Además, el Mo aumenta la resistencia a la corrosión por sal al estabilizar una película de óxido formada en la superficie de una lámina de acero inoxidable ferrítico. Dichos efectos se llevan a cabo en el caso donde el contenido de Mo es de 0,01 % o más. Sin embargo, en el caso donde el contenido de Mo es más de 0,50 %, dado que existe una disminución en la tenacidad del acero inoxidable ferrítico, pueden existir dificultades para fabricar una lámina. Por lo tanto, en el caso donde se adicione Mo, el contenido de Mo es de 0,01 % o más y de 0,50 % o menos, o más preferiblemente de 0,10 % o más y de 0,30 % o menos.

- 35 <Cu: 0,01 % o más y 0,30 % o menos>

El Cu es un elemento químico el cual es eficaz para aumentar la resistencia a altas temperaturas de una lámina de acero inoxidable ferrítico. En el caso donde se adicione Cu, dado que existe un aumento en la resistencia de una lámina debido a la formación de precipitados que tienen un diámetro de grano pequeño, se inhibe la deformación por fluencia a alta temperatura, la cual es causada por una diferencia en el coeficiente de expansión térmica entre una película de óxido formada en la superficie de la lámina y el acero base. Además, como resultado de la inhibición de la deformación por fluencia a alta temperatura, existe un aumento en la estabilidad de la forma de una lámina de acero inoxidable ferrítico a una alta temperatura, lo cual da como resultado un aumento en la adherencia de una película de óxido y la adherencia de un catalizador.

- 45 Con el fin de llevar a cabo dichos efectos, es preferible que el contenido de Cu sea de 0,01 % o más. Sin embargo, en el caso donde el contenido de Cu es más de 0,30 %, existe una disminución en la resistencia a la oxidación de una lámina de acero inoxidable ferrítico, y puede existir un aumento en el costo debido a la dificultad de trabajo. Por lo tanto, en el caso de que se adicione Cu, el contenido de Cu es de 0,01 % o más y de 0,30 % o menos. Teniendo en cuenta la disminución del costo, es más preferible que el contenido de Cu sea de 0,05 % o más y de 0,25 % o menos.

<Co: 0,01 % o más y 0,20 % o menos>

- 55 El Co es eficaz para aumentar la factibilidad de fabricación al aumentar la tenacidad de una lámina de acero inoxidable. Dicho efecto se lleva a cabo en el caso donde el contenido de Co es de 0,01 % o más. Por otro lado, en el caso donde el contenido de Co es más de 0,20 %, puede existir una disminución en maleabilidad. Por lo tanto, en el caso donde se adicione Co, el contenido de Co es de 0,01 % o más y de 0,20 % o menos.

<Nb: 0,01 % o más y 0,20 % o menos>

- 60 Nb es eficaz para aumentar la resistencia a altas temperaturas de una lámina. Dicho efecto se lleva a cabo en el caso donde el contenido de Nb es de 0,01 % o más. Sin embargo, en el caso donde el contenido de Nb es más de 0,20 %, dado que existe un incremento en la temperatura de recristalización, un aumento en el diámetro del grano cristalino se inhibe cuando se realiza un tratamiento térmico para la unión por difusión, lo cual puede resultar en una disminución en la capacidad de unión por difusión. Además, dado que el Nb se mezcla en una película de óxido o forma un compuesto con el Fe, puede existir una disminución en la resistencia al cambio de forma a una alta temperatura. Por lo tanto, en el

caso de que se adicione Nb, el contenido de Nb es de 0,01 % o más y de 0,20 % o menos, o más preferiblemente de 0,02 % o más y de 0,05 % o menos.

<REM: 0,01 % o más y 0,20 % o menos>

El término "REM" en la presente se refiere a Y y elementos químicos que tienen respectivamente los números atómicos del 57 al 71 tales como La, Nd y Sm, y el contenido de REM se refiere al contenido total de estos elementos químicos. Generalmente, dado que REM aumenta la adherencia de una película de óxido, REM es significativamente eficaz para aumentar la resistencia al desconchado de la película. Dicho efecto se lleva a cabo en el caso donde el contenido de REM es de 0,01 % o más. Sin embargo, en el caso donde el contenido de REM es más de 0,20 %, estos elementos químicos se concentran y precipitan en los límites del grano cristalino y después se funden cuando se calientan a una alta temperatura, lo cual puede resultar en la formación de los defectos superficiales de una hoja de acero laminada en caliente. Por lo tanto, en el caso de que se adicione REM, el contenido de REM es de 0,01 % o más y de 0,20 % o menos, o más preferiblemente de 0,03 % o más y de 0,10 % o menos.

<Zr: 0,01 % o más y 0,20 % o menos>

Como resultado de la combinación de Zr con C y N en el acero, existe un aumento en la tenacidad de una hoja de acero laminada en caliente, y existe un aumento en la maleabilidad, lo cual facilita la fabricación de una lámina. Además, como resultado de estar concentrado en los límites del grano en una película de óxido, existe un aumento en la resistencia a la oxidación a una alta temperatura y en la resistencia a altas temperaturas, en particular, la resistencia al cambio de forma. Dichos efectos se llevan a cabo en el caso donde el contenido de Zr es de 0,01 % o más. Sin embargo, en el caso donde el contenido de Zr es más de 0,20 %, dado que el Zr forma compuestos intermetálicos con, por ejemplo, el Fe, puede existir una disminución en la resistencia a la oxidación. Por lo tanto, en el caso donde se adicione Zr, el contenido de Zr es de 0,01 % o más y de 0,20 % o menos, o más preferiblemente de 0,01 % o más y de 0,05 % o menos.

<Hf: 0,01 % o más y 0,20 % o menos>

El Hf es eficaz para aumentar la resistencia a la oxidación a una alta temperatura al aumentar la adherencia entre una película de óxido formada en la superficie de una lámina y el acero base. Con el fin de llevar a cabo dicho efecto, es preferible que el contenido de Hf sea de 0,01 % o más. Por otro lado, en el caso donde el contenido de Hf es más de 0,20 %, puede existir una disminución en la tenacidad de una hoja de acero laminada en caliente en un proceso de fabricación. Por lo tanto, en el caso de que se adicione Hf, el contenido de Hf es de 0,01 % o más y de 0,20 % o menos, o más preferiblemente de 0,02 % o más y de 0,10 % o menos.

<Ca: 0,0003 % o más y 0,0020 % o menos>

El Ca es un elemento químico el cual es eficaz para prevenir la obstrucción de la boquilla causada por las inclusiones a base de Ti, las cuales tienden a cristalizarse cuando se realiza la colada continua. Dicho efecto se lleva a cabo en el caso donde el contenido de Ca es de 0,0003 % o más. Sin embargo, en el caso donde el contenido de Ca es más de 0,0020 %, puede existir una disminución en la resistencia a la corrosión debido a la formación de CaS. Por lo tanto, en el caso donde se adicione Ca, el contenido de Ca es de 0,00030 % o más y de 0,0020 % o menos, más preferiblemente de 0,0005 % o más y de 0,0015 % o menos, o incluso más preferiblemente de 0,0005 % o más y de 0,0010 % o menos.

<Mg: 0,0005 % o más y 0,0030 % o menos>

El Mg tiene una función de aumentar la adherencia entre una película de óxido formada en la superficie de una lámina de acero inoxidable ferrítico y el acero base. Con el fin de llevar a cabo dicho efecto, es preferible que el contenido de Mg sea de 0,0005 % o más. Por otro lado, en el caso donde el contenido de Mg es más de 0,0030 %, puede existir una disminución en la tenacidad del acero inoxidable ferrítico y la resistencia a la oxidación de una lámina de acero inoxidable ferrítico. Por lo tanto, en el caso de que se adicione Mg, el contenido de Mg es de 0,0005 % o más y de 0,0030 % o menos.

<Dureza Vickers: más de 200 y menos de 350>

Como se describe anteriormente, la dureza Vickers de la lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la presente invención se establece para que sea más de 200, y menos de 350. En el caso donde la dureza Vickers de una lámina de acero inoxidable ferrítico sea de 200 o menos, no es posible llevar a cabo de manera suficiente el efecto de promover un aumento en el diámetro del grano cristalino de la lámina de acero inoxidable ferrítico. Además, en el caso donde la dureza Vickers de una lámina de acero inoxidable ferrítico sea de 350 o más, existe un caso donde no es posible realizar el trabajo de corrugación hasta un grado de lograr una forma deseada debido a un aumento en la resistencia a la deformación de una lámina. Por lo tanto, la dureza Vickers de la lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la presente invención se establece para que sea más de 200 y menos de 350. Es preferible que esta dureza Vickers sea de más de 220. Además, es preferible que esta dureza Vickers sea de menos de 320, o más preferiblemente de menos de 300. Con el fin de controlar la dureza Vickers de la lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la presente invención para que sea más de 200 y menos de 350, el acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la presente invención debe controlarse para que tenga la composición química especificada como se describe anteriormente, y la reducción

final por laminación de un proceso de laminación en frío debe controlarse para que sea del 50% o más y del 95% o menos como se describe a continuación.

En la presente, es preferible que esta dureza Vickers se determine en la parte central en la dirección del espesor en la sección transversal de la lámina. Más específicamente, es preferible que, incorporando la muestra en, por ejemplo, una resina de manera que quede expuesta una sección transversal paralela a la dirección de laminación (sección transversal en un ángulo recto a la superficie de la lámina), realizando un pulido espejo en el muestra, y determinando posteriormente la dureza en 5 puntos en la parte central en la dirección del espesor de esta sección transversal usando un medidor de dureza Vickers, la dureza promedio de los 5 puntos se define como la dureza Vickers de la lámina. En este momento, por ejemplo, los detalles de las condiciones determinantes pueden determinarse de acuerdo con JIS Z 2244.

La lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la presente invención descrita anteriormente puede utilizarse preferiblemente para un portador de catalizador para una instalación purificadora de gases de escape utilizada para un gas de escape cuya temperatura más alta es de 800 °C o menor.

[Método para fabricar una lámina de acero inoxidable ferrítico]

Con el fin de fabricar la lámina de acero inoxidable ferrítico descrita anteriormente, puede utilizarse un equipo de fabricación de acero inoxidable ordinario. Preparando el acero fundido que tiene la composición química descrita anteriormente utilizando, por ejemplo, un convertidor o un horno eléctrico, realizando una refinación secundaria en el acero fundido utilizando un método de VOD o un método de AOD según sea necesario, y utilizando un método de desbaste de lingotes por colada continua o un método de colada continua, se obtiene un planchón de acero. Después de haber cargado el planchón colado en un horno de calentamiento con el fin de calentar el planchón a una temperatura de 1150 °C a 1250 °C, el planchón calentado se somete a un proceso de laminación en caliente. Removiendo las incrustaciones superficiales de la banda de acero laminada en caliente obtenida como se describe anteriormente realizando granallado, decapado y/o pulido mecánico en la banda de acero, y realizando laminación en frío varias veces con recocido (recocido intermedio) el cual se realiza entre dichas laminaciones en frío, se obtiene una lámina de acero inoxidable que tiene un espesor de lámina de 200 µm o menos. La reducción final por laminación del proceso de laminación en frío se establece para que sea del 50 % o más y del 95 % o menos, o preferiblemente del 60 % o más y del 90 % o menos. En el caso donde la reducción final por laminación sea de menos del 50%, existe un caso donde la dureza Vickers es menor que el intervalo en la presente invención (más de Hv200 y menos de Hv350), lo cual puede dar como resultado una deficiente resistencia al cambio de forma. Por lo tanto, la reducción final por laminación se establece para que sea del 50 % o más. Por otro lado, en el caso donde la reducción final por laminación sea de más del 95 %, el efecto de promover la recristalización por la acumulación de esfuerzo de trabajo resulta saturado y existe un aumento en el número de operaciones de laminación. Por lo tanto, la reducción final por laminación se establece para que sea del 95 % o menos. En la presente, el término "reducción final por laminación" se refiere a la cantidad de disminución en el espesor en el momento final en que se realiza la laminación en frío dividido entre el espesor antes del momento final en que se realiza la laminación en frío. Además, la laminación en frío se realiza varias veces, y el número de veces que se realiza la laminación en frío debe ser de al menos 2 en total, que incluye una después de que se haya realizado la laminación en caliente y una después de que se haya realizado el recocido intermedio. El recocido intermedio se realiza bajo condiciones de una temperatura de recocido de 800 °C a 1100 °C y un tiempo de espera de 5 segundos a 10 minutos. Además, la lámina obtenida se utiliza para trabajo de corrugación sin someterse a recocido.

Es preferible que el espesor de la lámina sea de 200 µm o menos. Además, en el caso donde se requieran particularmente una resistencia a la vibración y durabilidad satisfactorias para un portador de catalizador para una instalación purificadora de gases de escape, es más preferible que el espesor de la lámina sea de 100 µm a 200 µm. En particular, en el caso donde se requieran una alta densidad celda y una baja contrapresión, es más preferible que el espesor de la lámina sea de 25 µm a 100 µm. Teniendo en cuenta el equilibrio entre los costos de fabricación y las propiedades, es más preferible que el espesor de la lámina sea de 40 µm a 150 µm.

Como se describió anteriormente, es posible obtener la lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la presente invención, la cual es excelente en términos de resistencia a la oxidación, maleabilidad de corrugación, resistencia al cambio de forma a una alta temperatura y factibilidad de fabricación.

Ejemplo 1

A continuación, la presente invención se describirá con base en los ejemplos. Preparando aceros fundidos que tengan las composiciones químicas proporcionadas en la Tabla 1 utilizando un método de fundición al vacío, calentando el material de acero a una temperatura de 1200 °C y realizando laminación en caliente en un intervalo de temperatura de 900 °C a 1200 °C, se obtuvieron hojas de acero laminadas en caliente que tienen un espesor de 3 mm. Posteriormente, realizando un recocido que incluye mantener estas hojas de acero laminadas en caliente en aire atmosférico a una temperatura de 950 °C a 1050 °C durante un minuto, realizando decapado y realizando laminación en frío, se obtuvieron hojas de acero laminadas en frío que tienen un espesor de 1,0 mm. Posteriormente, después de haber realizado un recocido que incluye mantener las hojas de acero laminadas en frío en aire atmosférico a una temperatura de 950 °C a 1050 °C durante un minuto, se removieron incrustaciones superficiales realizando decapado. Posteriormente, después de haber realizado la laminación en frío hasta un espesor de 0,2 mm, se realizó el recocido intermedio manteniendo las hojas de acero

- 5 laminadas en frío en una atmósfera de N_2 a una temperatura de 950 °C a 1050 °C durante un minuto. Realizando adicionalmente laminación en frío en las hojas de acero laminadas en frío las cuales se han sometido al recocido intermedio, se obtuvieron láminas que tienen una anchura de 100 mm y un espesor de lámina de 50 μm . En este caso, dado que el espesor después del recocido intermedio fue de 0,2 mm, y dado que el espesor final de la lámina fue de 50 μm , la reducción final por laminación fue del 75%. La maleabilidad de corrugación de las láminas obtenidas como se describe anteriormente se evaluó utilizando el método descrito a continuación. La dureza de la sección transversal después de realizar la laminación se determinó utilizando el método descrito anteriormente. En el caso del acero No. 22 donde no se adicionó V, dado que la perforación se produjo cuando se realizó la laminación hasta un espesor de lámina de 50 μm , la muestra no se sometió a las evaluaciones posteriores a este proceso de laminación.

[Tabla 1]

Acero No.	Composición química (% en masa)												Nota
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Ti	Al	V	N	Otra	
1	0,011	1,61	0,13	0,002	0,023	11,1	0,12	0,24	0,022	0,038	0,014	-	Ejemplo
2	0,008	0,60	0,13	0,003	0,022	10,9	0,13	0,21	0,025	0,025	0,011	-	Ejemplo
3	0,008	1,51	0,07	0,001	0,023	11,0	0,12	0,17	0,021	0,056	0,010	-	Ejemplo
4	0,007	0,21	0,12	0,003	0,032	11,3	0,18	0,22	0,045	0,026	0,012	REM:0,06	Ejemplo
5	0,010	1,40	0,12	0,002	0,031	13,2	0,15	0,20	0,036	0,022	0,010	-	Ejemplo
6	0,013	0,28	0,15	0,002	0,034	13,0	0,13	0,24	0,026	0,031	0,008	-	Ejemplo
7	0,009	1,53	0,10	0,001	0,038	12,8	0,17	0,17	0,021	0,031	0,014	-	Ejemplo
8	0,006	0,21	0,11	0,002	0,029	13,2	0,10	0,20	0,024	0,023	0,009	REM:0,05 Zr:0,05	Ejemplo
9	0,005	1,70	0,08	0,002	0,038	16,0	0,16	0,24	0,025	0,025	0,007	-	Ejemplo
10	0,004	0,25	0,11	0,001	0,031	16,1	0,13	0,18	0,023	0,022	0,008	-	Ejemplo
11	0,005	0,14	0,12	0,001	0,030	15,8	0,12	0,23	0,030	0,024	0,011	-	Ejemplo
12	0,003	0,19	0,11	0,001	0,037	16,0	0,19	0,22	0,039	0,026	0,009	REM:0,05 Hf:0,04	Ejemplo
13	0,013	0,12	0,13	0,001	0,039	21,5	0,20	0,14	0,027	0,028	0,008	Cu:0,27	Ejemplo
14	0,011	0,11	0,10	0,002	0,030	24,0	0,18	0,18	0,024	0,091	0,013	Cu:0,21	Ejemplo
15	0,007	0,10	0,22	0,002	0,025	19,1	0,12	0,22	0,033	0,032	0,007	Cu:0,08	Ejemplo
16	0,005	1,48	0,15	0,002	0,028	16,1	0,17	0,16	0,088	0,025	0,007	Nb:0,06	Ejemplo
17	0,011	1,31	0,15	0,002	0,028	16,2	0,14	0,18	0,036	0,029	0,011	Mo:0,26	Ejemplo
18	0,004	1,42	0,21	0,001	0,030	16,0	0,11	0,18	0,025	0,027	0,009	Co:0,12	Ejemplo
19	0,010	0,09	0,17	0,002	0,033	16,2	0,20	0,17	0,029	0,024	0,012	Ca:0,0016 Mg:0,0011	Ejemplo
20	0,008	0,11	0,12	0,002	0,025	<u>25,3</u>	0,13	0,18	0,036	0,028	0,013	-	Ejemplo comparativo
21	0,010	0,15	0,13	0,002	0,035	15,9	0,15	<u>0,12</u>	0,029	0,032	0,007	-	Ejemplo comparativo
22	0,010	0,15	0,13	0,002	0,035	15,9	0,15	0,17	0,031	--	0,007	-	Ejemplo comparativo

(1) Dureza transversal

La dureza transversal de la lámina se evaluó determinando la dureza Vickers después de realizar la laminación. Después de haber cortado la lámina en una muestra que tiene un tamaño de 10 mm (en la dirección de laminación) X 15 mm e incorporar la muestra en una resina de manera que quede expuesta una sección transversal paralela a la dirección de laminación (en un ángulo recto a la dirección del espesor de la lámina), se realizó un pulido espejo. Posteriormente, determinando la dureza en 5 puntos en la parte central en la dirección del espesor de la sección transversal utilizando un medidor de dureza Vickers con una carga determinante de 500 g de acuerdo con JIS Z 2244, se obtuvo la dureza promedio de los 5 puntos.

(2) Maleabilidad de corrugación

La maleabilidad de corrugación de la lámina se evaluó con base en la cantidad de recuperación elástica cuando se realizó el trabajo de corrugación en la lámina. El trabajo de corrugación se realizó pasando la lámina a través del espacio entre dos rodillos con forma de engranaje que tienen un radio máximo de curvatura de 0,5 mm y un paso de onda de 2,0 mm. Aunque la lámina corrugada tendrá la misma forma que la de los rodillos, siempre que el trabajo de flexión se realice idealmente sin recuperación elástica, en la práctica, la parte que ha sido sometida al trabajo de flexión no se flexiona debido a la recuperación elástica. Por lo tanto, un caso donde el valor de $[(\text{longitud después del trabajo}/\text{longitud antes del trabajo}) \times 100]$ (%), el cual es la proporción de la longitud después de haber realizado el trabajo con respecto a la longitud antes de realizar el trabajo, es pequeño se consideró como un caso de excelente maleabilidad de corrugación donde fue pequeño el efecto de recuperación elástica. Realizando un trabajo de corrugación en una lámina que tiene una anchura de 100 mm, una longitud de 300 mm y un espesor de 50 μm , y calculando el valor de $[(\text{longitud después del trabajo}/\text{longitud antes del trabajo}) \times 100]$ (%), un caso donde el valor fue del 70% o menos se consideró como $\bigcirc$, un caso donde el valor fue de más del 70% y del 80% o menos se consideró como $\bigcirc$, y un caso donde el valor fue de más del 80% se consideró como $\times$. El caso de $\bigcirc$ o $\bigcirc$ se consideró como un caso donde se logró el objetivo de la presente invención.

(3) Resistencia al cambio de forma a una alta temperatura

Se describirá un método para evaluar la resistencia al cambio de forma a una alta temperatura. Dado que una estructura tipo panal metálica normalmente se utiliza después de que se ha realizado un tratamiento térmico de unión tal como soldadura fuerte o unión por difusión, se investigó la resistencia al cambio de forma utilizando una pieza de prueba la cual se ha sometido a un tratamiento térmico que simula dicho tratamiento térmico.

Primero, se prepararon tres piezas de prueba para cada uno de los diversos tipos de acero, donde una pieza de prueba se preparó flexionando una lámina que tiene una anchura de 100 mm, una longitud de 50 mm y un espesor de 50 μm en una forma de cilindro circular y fijando los bordes de la lámina entre sí realizando soldadura por puntos. Posteriormente, un tratamiento térmico que corresponde a un tratamiento térmico realizado en unión por difusión o soldadura fuerte se realizó a una temperatura de 1100 °C durante 30 minutos en un vacío de $1,0 \times 10^{-1}$ Pa o menos. Después de haber calentado las piezas de prueba, las cuales se han preparado como se describe anteriormente, a una temperatura de 700 °C durante 100 horas en un horno al aire atmosférico, se determinó la proporción de cambio de tamaño promedio, es decir, el valor promedio de $[(\text{longitud del cilindro después de calentar}/\text{longitud del cilindro antes de calentar}) \times 100]$ (%) de las tres piezas de prueba. Un caso donde la proporción de cambio de tamaño promedio fue de más del 10 % se consideró como $\times$, un caso donde la proporción de cambio de tamaño promedio fue de más del 5 % y del 10 % o menos se consideró como $\bigcirc$, y un caso donde la proporción de cambio de tamaño promedio fue del 5 % o menos se consideró como $\bigcirc$. El caso de $\bigcirc$ o $\bigcirc$ se consideró como un caso donde se logró el objetivo de la presente invención.

Los resultados se proporcionan en la Tabla 2.

[Tabla 2]

Pieza de prueba	Acero No.	Dureza transversal	Maleabilidad de corrugación de la lámina		Resistencia al cambio de forma		Nota
		Dureza Vickers después de la laminación	(Longitud después del trabajo/Longitud antes del trabajo) x 100 (%)	Evaluación	Proporción de cambio de tamaño (%)	Evaluación	
A	1	265	64,0	$\bigcirc$	4,8	$\bigcirc$	Ejemplo
B	2	263	66,8	$\bigcirc$	5,9	$\bigcirc$	Ejemplo
C	3	266	62,9	$\bigcirc$	6,4	$\bigcirc$	Ejemplo
D	4	265	61,1	$\bigcirc$	4,5	$\bigcirc$	Ejemplo

E	5	283	67,4	○	3,9	○	Ejemplo
F	6	277	67,1	○	4,9	○	Ejemplo
G	7	285	65,3	○	4,1	○	Ejemplo
H	8	282	67,7	○	3,2	○	Ejemplo
I	9	287	63,5	○	4,8	○	Ejemplo
J	10	294	72,6	○	4,1	○	Ejemplo
K	11	291	72,4	○	4,3	○	Ejemplo
L	12	289	69,7	○	5,1	○	Ejemplo
M	13	296	72,6	○	5,3	○	Ejemplo
N	14	299	76,0	○	4,5	○	Ejemplo
O	15	305	74,0	○	3,5	○	Ejemplo
P	16	293	76,0	○	3,1	○	Ejemplo
Q	17	290	71,0	○	2,9	○	Ejemplo
R	18	285	75,0	○	2,4	○	Ejemplo
S	19	295	72,0	○	2,1	○	Ejemplo
T	<u>20</u>	<u>367</u>	85,0	×	6,4	○	Ejemplo comparativo
U	<u>21</u>	275	68,8	○	13,4	×	Ejemplo comparativo
V	<u>22</u>	No se realizó ninguna prueba debido a la perforación de la lámina.					Ejemplo comparativo

En el caso de las láminas de los ejemplos de la presente invención, la recuperación elástica después de realizar el trabajo de corrugación fue pequeña, lo cual significa que estas láminas fueron excelentes en términos de maleabilidad de corrugación. Además, la dureza Vickers después de la laminación fue de 200 o más, lo cual significa que estas láminas fueron excelentes en términos de resistencia al cambio de forma.

Por otro lado, en el caso de la pieza de prueba T, la cual fue un ejemplo comparativo que tiene un contenido de Cr de más del intervalo de acuerdo con la presente invención, la dureza después de realizar la laminación fue mayor que el intervalo de acuerdo con la presente invención, lo cual resultó en una deficiente maleabilidad de corrugación. En el caso de la pieza de prueba U, la cual fue un ejemplo comparativo que tiene un contenido de Ti de menos del intervalo de acuerdo con la presente invención, se formaron óxidos de Fe debido a una disminución en la resistencia a la oxidación, lo cual resultó en una disminución en la resistencia al cambio de forma. En el caso de la pieza de prueba V, la cual fue un ejemplo comparativo sin contenido de V, dado que la perforación se produjo cuando se realizó la laminación de la lámina debido a la precipitación de TiN que tiene un gran diámetro de grano, no se realizaron pruebas posteriores.

A partir de los resultados descritos anteriormente, se aclara que las láminas de la presente invención fueron excelentes en términos de maleabilidad de corrugación y resistencia al cambio de forma a una alta temperatura.

Ejemplo 2

Con el fin de investigar la dureza después de realizar la laminación y sus influencias en la maleabilidad de corrugación y la resistencia al cambio de forma, se fabricaron láminas a partir de algunos de los aceros (aceros Núms. 1, 5 y 10) proporcionados en la Tabla 1 con diversas reducciones finales por laminación. Las condiciones de fabricación, aparte de los espesores cuando se realizó el recocido intermedio y los espesores finales de lámina, y los métodos para evaluar la maleabilidad de corrugación y la resistencia al cambio de forma fueron las mismas que las utilizadas en el **Ejemplo 1**. Las condiciones de laminación en frío y los resultados de la evaluación de la maleabilidad de corrugación y la resistencia al cambio de forma se proporcionan en la Tabla 3.

[Tabla 3]

Pieza de prueba	Acero No.	Condición de laminación en frío			Dureza transversal	Maleabilidad de corrugación de la lámina		Resistencia al cambio de forma		Nota
		Espesor en el recocido intermedio (mm)	Espesor final de la lámina (μm)	Reducción final por laminación (%)		(Longitud después del trabajo/Longitud antes del trabajo) x 100 (%)	Evaluación	Proporción de cambio de tamaño (%)	Evaluación	
AA	1	0,5	100	80,0	270	65,5	○	4,5	○	Ejemplo
AB	1	0,5	50	90,0	291	70,0	○	3,4	○	Ejemplo
AC	1	0,3	100	66,7	258	64,9	○	4,8	○	Ejemplo
AD	1	0,3	50	83,3	290	70,1	○	4,5	○	Ejemplo
AE	5	0,5	100	80,0	285	67,8	○	4,1	○	Ejemplo
AF	5	0,5	50	90,0	301	72,0	○	2,9	○	Ejemplo
AG	5	0,3	100	66,7	271	66,7	○	3,5	○	Ejemplo
AH	5	0,3	50	83,3	296	71,7	○	3,2	○	Ejemplo
AI	10	0,5	100	80,0	270	68,0	○	3,6	○	Ejemplo
AJ	10	0,5	50	90,0	284	73,4	○	3,1	○	Ejemplo
AK	10	0,3	100	66,7	248	67,1	○	4,1	○	Ejemplo
AL	10	0,3	50	83,3	271	70,4	○	5,2	○	Ejemplo
AM	10	0,2	180	10,0	<u>142</u>	62,1	○	12,9	×	Ejemplo comparativo
AN	10	0,2	150	25,0	<u>166</u>	63,1	○	11,4	×	Ejemplo comparativo
AO	10	0,2	120	40,0	<u>185</u>	63,2	○	11,0	×	Ejemplo comparativo

Las piezas de prueba AA a AL, las cuales tenían las composiciones químicas y la dureza después de realizar la laminación dentro de los intervalos de acuerdo con la presente invención, fueron excelentes en términos de resistencia al cambio de forma.

- 5 Por otro lado, las piezas de prueba AM y AN, las cuales fueron ejemplos comparativos que tienen una dureza Vickers menor que el intervalo de acuerdo con la presente invención después de realizar la laminación, mientras que tienen composiciones químicas dentro del intervalo de acuerdo con la presente invención, fueron deficientes en términos de resistencia al cambio de forma.
- 10 A partir de los resultados del **Ejemplo 1** y del **Ejemplo 2**, se aclara que las láminas dentro del intervalo de acuerdo con la presente invención fueron excelentes en términos de maleabilidad de corrugación y resistencia al cambio de forma. Además, a partir del **Ejemplo 1** y del **Ejemplo 2**, se aclara que las láminas dentro del rango de acuerdo con la presente invención son capaces de disminuir los costos de los componentes al disminuir el contenido de elementos químicos de reforzamiento por soluto tales como Cu, Nb, Mo y W y son excelentes en términos de maleabilidad como resultado de la
- 15 disminución del contenido de Al.

Aplicabilidad industrial

- 20 De acuerdo con la presente invención, es posible fabricar una lámina de acero inoxidable, la cual puede utilizarse preferiblemente para un portador de catalizador para una instalación purificadora de gases de escape utilizada para un gas de escape cuya temperatura más alta es relativamente baja, tal como aproximadamente de 800 °C o menor, utilizando una línea de fabricación ordinaria para acero inoxidable, lo cual tiene un efecto marcado en la industria.

REIVINDICACIONES

1. Una lámina de acero inoxidable ferrítico que tiene una composición química que contiene, en % en masa, C: 0,020 % o menos, Si: 0,05 % o más y 2,0 % o menos, Mn: 0,05 % o más y 1,0 % o menos, S: 0,010 % o menos, P: 0,050 % o menos, Cr: 10,0 % o más y 25,0 % o menos, Ni: 0,05 % o más y 0,50 % o menos, Ti: 0,14 % o más y 0,25 % o menos, Al: 0,001 % o más y 0,10 % o menos, V: 0,02 % o más y 0,10% o menos, N: 0,020 % o menos, y opcionalmente uno, dos, o todos de Mo: 0,01 % o más y 0,50 % o menos, Cu: 0,01 % o más y 0,30 % o menos, y Co: 0,01 % o más y 0,20 % o menos, y además opcionalmente uno, dos, o más de Nb: 0,01 % o más y 0,20 % o menos, REM: 0,01 % o más y 0,20 % o menos, Zr: 0,01 % o más y 0,20 % o menos, Hf: 0,01 % o más y 0,20 % o menos, Ca: 0,0003 % o más y 0,0020 % o menos, y Mg: 0,0005 % o más y 0,0030 % o menos, y siendo el resto Fe e impurezas inevitables, y una dureza Vickers mayor que 200 y menor que 350, determinada de acuerdo con JIS Z 2244.
2. Uso de la lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la reivindicación 1 en un portador de catalizador para una instalación purificadora de gases de escape utilizada para un gas de escape cuya temperatura más alta es de 800 °C o menor.
3. Un método para fabricar la lámina de acero inoxidable ferrítico de acuerdo con la reivindicación 1, el método comprende
 - un proceso en el cual se realiza el calentamiento de un planchón de acero de 1150 °C a 1250 °C;
 - un proceso en el cual la laminación en caliente se realiza en el planchón de acero calentado,
 - un proceso en el cual la laminación en frío se realiza en la hoja de acero laminada en caliente,
 - un proceso en el cual el recocido intermedio se realiza en la hoja de acero laminada en frío a una temperatura de 800 °C a 1100 °C y un tiempo de espera de 5 segundos a 10 minutos, y
 - un proceso en el cual la laminación en frío se realiza adicionalmente en la hoja de acero recocida con una reducción final por laminación del 50 % o más y del 95 % o menos,
 - en donde el número total de veces que se realiza la laminación en frío es de al menos 2, y
 - en donde la lámina obtenida se utiliza para trabajo de corrugación sin someterse a recocido.