

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 608 460**

51 Int. Cl.:

C22C 38/54	(2006.01)	C22C 38/02	(2006.01)
C22C 38/52	(2006.01)	C22C 38/00	(2006.01)
C22C 38/50	(2006.01)	C21D 6/00	(2006.01)
C22C 38/48	(2006.01)	C21D 9/46	(2006.01)
C22C 38/46	(2006.01)	C21D 9/50	(2006.01)
C22C 38/44	(2006.01)		
C22C 38/42	(2006.01)		
C22C 38/40	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)		
C22C 38/04	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.12.2012 PCT/JP2012/007972**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **04.07.2013 WO13099132**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.12.2012 E 12863746 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2016 EP 2799577**

54 Título: **Acero inoxidable ferrítico**

30 Prioridad:

27.12.2011 JP 2011285527

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

11.04.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ISHII, TOMOHIRO;
ISHIKAWA, SHIN y
OGATA, HIROYUKI**

74 Agente/Representante:

MILTENYI, Peter

ES 2 608 460 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

Acero inoxidable ferrítico

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a acero inoxidable ferrítico que es menos probable que provoque sensibilización de una zona soldada, que produce alta resistencia a la corrosión de un color de revenido en una zona soldada, y que es menos probable que provoque agrietamiento de soldadura en un cordón de soldadura formado por soldadura doble, usándose el acero inoxidable ferrítico en aplicaciones en las que se fabrica una estructura mediante soldadura, por ejemplo, materiales de sistema de escape de automóviles tales como materiales de silenciador, materiales de depósito de almacenamiento de agua caliente para calentadores de agua eléctricos, o materiales de construcción
10 tales como materiales de cerrajería, materiales de aberturas de ventilación y materiales de conductos.

Técnica anterior

15 El acero inoxidable ferrítico tiene diversas características que son superiores a las de acero inoxidable austenítico, tales como una alta rentabilidad en la resistencia a la corrosión, buena conductividad térmica del calor, un pequeño coeficiente de expansión térmica, y resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión. Por tanto, el acero inoxidable ferrítico se ha usado en una variedad de aplicaciones tales como en la producción de elementos de sistema de escape de automóviles, materiales de construcción tales como materiales de tejado y cerrajería, y materiales usados en condiciones húmedas tales como muebles de cocina, depósitos de agua y depósitos de agua caliente.

20 Con el fin de fabricar estas estructuras, en muchos casos, se corta una chapa de acero inoxidable y se conforma para dar una forma apropiada y posteriormente se realiza una unión mediante soldadura. Sin embargo, cuando se usa acero inoxidable ferrítico, puede producirse agrietamiento de soldadura en una zona de soldadura doble, tal como una parte en la que se unen tres chapas entre sí o el comienzo y final de una soldadura circunferencial, en la que se realiza soldadura de nuevo sobre un cordón de soldadura. A medida que las formas de los elementos soldados se han vuelto cada vez más complicadas, la zona de soldadura doble descrita anteriormente ha
25 aumentado y la aparición de agrietamiento de soldadura se ha convertido en un problema.

La zona de soldadura doble no es plana y se realiza soldadura de nuevo en una parte en la que está presente cascarilla. Por tanto, es probable que se mezclen oxígeno, nitrógeno y similares en un cordón de soldadura, lo cual degrada la resistencia a la corrosión. Sin embargo, en la técnica relacionada, ha habido algunos hallazgos con respecto a estos problemas en zonas de soldadura doble.

30 La bibliografía de patente 1 da a conocer acero inoxidable ferrítico que tiene alta resistencia a la corrosión y buena capacidad de soldadura. Este acero inoxidable ferrítico produce tanto resistencia a la corrosión como facilidad de penetración de soldadura debido a Mg añadido en el acero inoxidable ferrítico y un contenido en S controlado de manera apropiada. Sin embargo, no se menciona nada sobre agrietamiento en una zona de soldadura doble o la resistencia a la corrosión de una zona de soldadura doble.

35 De hecho, cuando se realiza soldadura usando el acero inoxidable ferrítico dado a conocer en la bibliografía de patente 1, en algunos casos se produce agrietamiento en una zona de soldadura doble.

40 La bibliografía de patente 2 da a conocer acero inoxidable ferrítico que tiene buena capacidad de soldadura. Sin embargo, aunque este acero inoxidable ferrítico tiene una facilidad de penetración de soldadura mejorada y una trabajabilidad tras la soldadura mejorada, no se menciona nada de posibles problemas en zonas de soldadura doble, tales como agrietamiento de soldadura.

Lista de citas

Bibliografía de patente

PTL 1: Publicación de solicitud de patente japonesa sin examinar n.º 8-246105

PTL 2: Publicación de solicitud de patente japonesa sin examinar n.º 2009-91654

45 El documento JP2006257544 enseña acero inoxidable ferrítico que tiene una excelente resistencia a la corrosión como parte soldada en la que el acero inoxidable ferrítico contiene, en masa, del 0,001 al 0,02% de C, del 0,001 al 0,02% de N, del 0,01 al 0,3% de Si, del 0,05 al 1% de Mn, ≤0,04% de P, del 0,15 al 3% de Ni, del 11 al 22% de Cr, del 0,01 al 0,5% de Ti, y del 0,0002 al 0,002% de Mg, contiene una o dos o más clases de Mo, Nb y Cu con del 0,5 al 3,0% de Mo, del 0,02 a ≤0,6% de Nb, del 0,1 a ≤1,5% de Cu, consistiendo el resto en Fe e impurezas inevitables.

50 **Sumario de la invención**

Problema técnico

A la luz de los problemas anteriores de la técnica anterior, un objetivo de la presente invención es proporcionar acero inoxidable ferrítico que sea menos probable que provoque sensibilización de una zona soldada, que produzca una alta resistencia a la corrosión de un color de revenido en una zona soldada, y que sea menos probable que provoque agrietamiento de soldadura en un cordón de soldadura cuando se realiza soldadura doble.

5 Solución al problema

Con el fin de abordar los problemas descritos anteriormente, en la presente invención, se estudió ampliamente la influencia de diversos elementos sobre el agrietamiento de soldadura que se produce en la soldadura doble. Obsérvese que el término "soldadura doble" en el presente documento se refiere al hecho de soldar la misma parte dos o más veces, y el término "zona de soldadura doble" en el presente documento se refiere a una parte y a la periferia de la parte que se ha sometido repetidas veces al procedimiento de fundir y solidificar dos o más veces debido a la soldadura doble, tal como una parte en la que se solapan cordones de soldadura entre sí al comienzo y al final de la soldadura cuando se realiza soldadura circunferencial o una parte en la que se solapan cordones de soldadura entre sí cuando se realiza soldadura de manera cruzada.

Se cortó una parte en la que se había producido agrietamiento de soldadura debido a soldadura doble y se observó la superficie de fractura con un SEM (microscopio electrónico de barrido). Se observó una precipitación de tipo película de Nb en la superficie de fractura. Para comparación, se cortó una parte en la que no se había producido agrietamiento de soldadura y se observó con un SEM. No se observó un precipitado de tipo película de Nb tal como se observó en la superficie de fractura descrita anteriormente. Se considera que una precipitación de tipo película de Nb es responsable de la aparición de agrietamiento de soldadura.

Se estudió la influencia de diversos elementos sobre el agrietamiento de soldadura en una zona de soldadura doble y, como resultado, se encontró que no se produce agrietamiento de soldadura en un acero que tiene un bajo contenido en P y un bajo contenido en Nb. Se realizó soldadura cruzada mediante soldadura de cordón sobre chapa usando diversos aceros inoxidables ferríticos, y se examinó la presencia o ausencia de grietas de soldadura en una zona de soldadura doble usando un microscopio óptico. La figura 1 muestra los resultados. En la figura 1, un acero inoxidable ferrítico en el que estaban ausentes grietas de soldadura se marca con un círculo, y un acero inoxidable ferrítico en el que estaban presentes grietas de soldadura se marca con una cruz. Se muestra que no se produjo agrietamiento de soldadura en el intervalo en el que Nb es de menos del 0,05%, P es del 0,03% o menos, y Nb x P es 0,0005 o menos.

Quedó claro que una reducción del contenido en Nb conduce a una supresión del agrietamiento de soldadura. Sin embargo, dado que Nb es un elemento que es eficaz en la supresión de la sensibilización de un cordón de soldadura, la reducción del contenido en Nb puede aumentar de manera desventajosa el riesgo de sensibilización. Además, dado que la superficie de una zona de soldadura doble no es plana y se forma cascarilla sobre la superficie de la zona de soldadura doble, es probable que se mezclen impurezas en un cordón de soldadura. Por tanto, una zona de soldadura doble está en condiciones de soldadura desventajosas desde el punto de vista de la sensibilización. Por consiguiente, se examinó la influencia de diversos elementos sobre la sensibilización de un cordón de soldadura. Como resultado, quedó claro que, además de la reducción de Nb, la adición de V y Al también era eficaz en la supresión de la sensibilización de una zona soldada. Esto se debe supuestamente a que V y Al forman VN y AlN, respectivamente, que suprimen la formación de un nitruro de Cr.

Además, se forma una capa de óxido denominada "color de revenido" sobre un cordón de soldadura y, como resultado, se produce deficiencia de Cr como en el caso de sensibilización, lo cual degrada la resistencia a la corrosión. Por tanto, se evaluó la influencia de diversos elementos sobre la resistencia a la corrosión de un color de revenido. Como resultado, se obtuvieron los siguientes hallazgos. Cuando se concentran Si, Al y Ti en un color de revenido, se forma una capa de óxido densa que tiene una buena función de protección. Además, se reduce la cantidad de Cr oxidado debido a la soldadura, lo cual suprime la deficiencia de Cr debida a la oxidación. Por tanto, cuando se establecen de manera apropiada los contenidos en Si, Al y Ti, se potencia la resistencia a la corrosión de un cordón de soldadura.

Se han llevado a cabo estudios adicionales basándose en los hallazgos descritos anteriormente y, como resultado, se ha realizado la presente invención. A continuación se describe el sumario de la presente invención.

[1] Acero inoxidable ferrítico que contiene, en % en masa, C: del 0,001% al 0,030%, Si: del 0,03% al 0,80%, Mn: del 0,05% al 0,50%, P: el 0,03% o menos, S: el 0,01% o menos, Cr: del 19,0% al 28,0%, Ni: del 0,01% a menos del 0,30%, Mo: del 0,2% al 3,0%, Al: de más del 0,15% al 1,2%, V: del 0,02% al 0,50%, Cu: menos del 0,1%, Ti: del 0,05% al 0,50%, N: del 0,001% al 0,030%, y Nb: menos del 0,05%,

en el que se satisface la expresión (1)

$$\text{Nb} \times \text{P} \leq 0,0005 \dots (1)$$

55 opcionalmente además uno o más elementos seleccionados de Zr: el 1,0% o menos, W: el 1,0% o menos, REM: el 0,1% o menos, Co: el 0,3% o menos, y B: el 0,1% o menos y el resto es Fe e impurezas inevitables

donde cada símbolo de elemento representa el contenido (en % en masa) del elemento.

Efectos ventajosos de la invención

5 Según la presente invención, se proporciona acero inoxidable ferrítico que, cuando se realiza soldadura doble, es menos probable que provoque sensibilización de una zona soldada, que produce alta resistencia a la corrosión de un color de revenido en una zona soldada, y que es menos probable que provoque agrietamiento de soldadura en un cordón de soldadura.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama para explicar los efectos del contenido en Nb y el contenido en P sobre el agrietamiento de soldadura en una zona de soldadura doble.

10 La figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra soldadura cruzada.

Descripción de las realizaciones

A continuación se describen los motivos para las limitaciones sobre los elementos constituyentes de la presente invención.

1. Composición

15 En primer lugar, se describen los motivos para las limitaciones sobre la composición del acero según la presente invención. Obsérvese que, cuando se hace referencia a una composición, “%” siempre indica “% en masa”.

C: del 0,001% al 0,030%

20 C es un elemento que está contenido de manera inevitable en el acero. Un alto contenido en C aumenta la resistencia mecánica del acero. Un bajo contenido en C potencia la trabajabilidad del acero. El contenido en C del 0,001% o más es adecuado para lograr una resistencia mecánica suficiente del acero. Si el contenido en C supera el 0,030%, la degradación de la trabajabilidad del acero se vuelve significativa y se precipita un carburo de Cr, lo cual aumenta el riesgo de degradación de la resistencia a la corrosión debido a la deficiencia local de Cr. Por tanto, el contenido en C se fija a del 0,001% al 0,030%, preferiblemente se fija a del 0,002% al 0,018%, y más preferiblemente se fija a del 0,002% al 0,010%.

25 Si: del 0,03% al 0,80%

30 Si es un elemento que es útil para la desoxidación. En la presente invención, Si es un elemento importante que se concentra en un color de revenido formado mediante soldadura junto con Al y Ti, potenciando así la función de protección de una capa de óxido, y por tanto mejora la resistencia a la corrosión de una zona soldada. Este efecto se obtiene cuando el contenido de Si añadido es del 0,03%. Sin embargo, si el contenido de Si supera el 0,80%, la degradación de la trabajabilidad del acero se vuelve significativa, lo cual conduce a dificultad en un procedimiento de conformación. Por tanto, el contenido en Si se fija a del 0,03% al 0,80%, preferiblemente se fija a de más del 0,30% al 0,80%, y más preferiblemente se fija a del 0,33% al 0,50%.

Mn: del 0,05% al 0,50%

35 El manganeso es un elemento que está contenido de manera inevitable en acero y tiene un efecto sobre el aumento de la resistencia mecánica. Este efecto se obtiene cuando el contenido en Mn es del 0,05% o más. Sin embargo, si el contenido de Mn supera el 0,50%, se aumenta la precipitación de MnS, que actúa como origen de corrosión, lo cual degrada la resistencia a la corrosión. Por tanto, el contenido en Mn se fija a del 0,05% al 0,50% y preferiblemente se fija a del 0,08% al 0,40%.

P: el 0,03% o menos

40 El fósforo es un elemento que está contenido de manera inevitable en el acero. Un contenido en P excesivamente alto degrada la capacidad de soldadura del acero y aumenta el riesgo de corrosión intergranular. En la presente invención, se encontró que un aumento del contenido en P da como resultado la aparición de agrietamiento de soldadura en una zona de soldadura doble. Un aumento del contenido en P reduce la temperatura de solidificación del acero inoxidable ferrítico, y por consiguiente se precipita un carbonitruro de Nb en la fase líquida y forma una forma de tipo película. Esto inhibe el flujo de un baño de fusión en un proceso de solidificación y la formación de granos de cristal. Por tanto, se considera que es probable que se produzca agrietamiento de soldadura en un acero inoxidable ferrítico que tiene un alto contenido en P. Se considera que el riesgo de agrietamiento de soldadura aumenta particularmente en la soldadura doble porque la repetición del procedimiento de fusión y solidificación provoca una condensación adicional de Nb y, como resultado, se vuelve probable que se produzca precipitación de Nb. Si el contenido en P supera el 0,03%, el efecto adverso de P sobre el agrietamiento de soldadura se vuelve significativo. Por tanto, el contenido en P se fija al 0,03% o menos y preferiblemente se fija al 0,025% o menos.

S: el 0,01% o menos

5 El azufre es un elemento que está contenido de manera inevitable en el acero. En el caso de que el contenido en S supere el 0,01% la resistencia a la corrosión se degrada, porque se potencia la formación de sulfuros solubles en agua tales como CaS y MnS. Por tanto, el contenido en S se fija al 0,01% o menos, más preferiblemente se fija al 0,006% o menos, y de manera adicionalmente preferible se fija al 0,003% o menos.

Cr: del 19,0% al 28,0%

10 Cr es un elemento que es muy importante para mantener la resistencia a la corrosión del acero inoxidable. Si el contenido de Cr es de menos del 19,0%, no se consigue obtener una resistencia a la corrosión suficiente en un cordón de soldadura o la periferia del mismo en el que se reduce el contenido en Cr en la capa de superficie debido a la oxidación provocada por la soldadura. Por otro lado, si el contenido de Cr supera el 28,0%, se degradan la trabajabilidad y la facilidad de producción del acero. Por tanto, el contenido en Cr se fija a del 19,0% al 28,0%, preferiblemente se fija a del 21,0% al 26,0%, y más preferiblemente se fija a del 21,0% al 24,0%.

Ni: del 0,01% a menos del 0,30%

15 Ni es un elemento que potencia la resistencia a la corrosión del acero inoxidable y que suprime la progresión de la corrosión en un entorno corrosivo en el que no puede formarse una película pasiva y se produce disolución activa. Este efecto se obtiene cuando el contenido de Ni añadido es del 0,01% o más. Sin embargo, si el contenido de Ni añadido es del 0,30% o más, se degrada la trabajabilidad del acero y se aumenta el coste porque Ni es un elemento caro. Por tanto, el contenido en Ni se fija a del 0,01% a menos del 0,30%, preferiblemente se fija a del 0,03% al 0,24%, y más preferiblemente se fija a del 0,03% a menos del 0,15%.

20 Mo: del 0,2% al 3,0%

25 Mo es un elemento que fomenta la repasivación de una película pasiva y potencia la resistencia a la corrosión del acero inoxidable. El efecto descrito anteriormente se vuelve más significativo cuando Mo está contenido en el acero junto con Cr. Mo produce el efecto de potenciar la resistencia a la corrosión cuando el contenido de Mo es del 0,2% o más. Sin embargo, si el contenido en Mo supera el 3,0%, se aumenta la resistencia mecánica de acero y se aumenta en consecuencia la carga de laminación sobre el acero, lo cual conduce a la degradación de la facilidad de producción del acero. Por tanto, el contenido en Mo se fija a del 0,2% al 3,0%, preferiblemente se fija a del 0,6% al 2,4%, más preferiblemente se fija a del 0,6% al 2,0%, y de manera adicionalmente preferible se fija a del 0,8% al 1,3%.

Al: de más del 0,15% al 1,2%

30 El aluminio es un elemento eficaz para la desoxidación. En la invención, Al mejora la resistencia a la corrosión de la soldadura concentrándose en un color de revenido formado mediante soldadura junto con silicio y titanio.

35 Además, Al tiene una afinidad más fuerte por nitrógeno que Cr y forma AlN. Esto inhibe la formación de un nitruro de Cr. De esta manera, este elemento también suprime la sensibilización de un cordón de soldadura. Este efecto se obtiene cuando el contenido de Al supera el 0,15%. Sin embargo, si el contenido de Al supera el 1,2%, se aumenta el diámetro de granos de cristal de ferrita, lo cual degrada la trabajabilidad y facilidad de producción del acero. Por tanto, el contenido en Al se fija a de más del 0,15% al 1,2% y preferiblemente se fija a del 0,17% al 0,8%.

V: del 0,02% al 0,50%

40 V es un elemento que potencia la resistencia a la corrosión y la trabajabilidad del acero y reduce el riesgo de agrietamiento de soldadura. Este elemento se combina con nitrógeno para crear VN y de ese modo suprime la sensibilización de una zona soldada. Aunque se sabe que añadir Nb y Ti en combinación es eficaz para suprimir la sensibilización de una zona soldada, en la presente invención, existe la necesidad de reducir el contenido en Nb con el fin de suprimir el agrietamiento de soldadura en una zona de soldadura doble. Sin embargo, si se añade Ti a acero solo, puede no conseguir producirse un efecto suficiente de supresión de la sensibilización. Por tanto, la adición de V y Al como alternativas a Nb es eficaz para suprimir la sensibilización de una zona soldada. Este efecto se obtiene cuando el contenido de V es del 0,02% o más. Por otro lado, si el contenido de V supera el 0,50%, se degrada la trabajabilidad del acero. Por tanto, el contenido en V se fija a del 0,02% al 0,50% y preferiblemente se fija a del 0,03% al 0,40%.

Cu: menos del 0,1%

50 Cu es una impureza que está contenida de manera inevitable en el acero. En el acero inoxidable ferrítico que tiene alta resistencia a la corrosión y que tiene un contenido en Cr y un contenido en Mo tal como en la presente invención, Cu aumenta la corriente de mantenimiento de la pasividad, provocando así que una película pasiva sea inestable, y, como resultado, degradando la resistencia a la corrosión. El efecto de degradar la resistencia a la corrosión se vuelve significativo si el contenido en Cu es del 0,1% o más. Por tanto, el contenido en Cu se fija a menos del 0,1%.

Ti: del 0,05% al 0,50%

5 Ti es un elemento que se combina de manera preferible con C y N y suprime de ese modo la degradación de la resistencia a la corrosión provocada por la precipitación de un carbonitruro de Cr. En la presente invención, Ti es un elemento que es importante para suprimir la sensibilización de una zona soldada. Además, este elemento se concentra en un color de revenido de una zona soldada en combinación con Si y Al y de ese modo potencia la función de protección de una capa de óxido. Este efecto se obtiene cuando el contenido de Ti es del 0,05% o más. Sin embargo, si el contenido de Ti supera el 0,50%, se degrada la trabajabilidad del acero y se aumenta el tamaño de un carbonitruro de Ti, lo cual provoca defectos en la superficie. Por tanto, el contenido en Ti se fija a del 0,05% al 0,50%, preferiblemente se fija a del 0,08% al 0,38%, y más preferiblemente se fija a del 0,25% al 0,35%.

10 N: del 0,001% al 0,030%

15 N es un elemento que está contenido de manera inevitable en acero y tiene un efecto de aumentar la resistencia mecánica del acero debido al refuerzo de una disolución sólida de manera similar a C. Este efecto se obtiene cuando el contenido en N es del 0,001% o más. Sin embargo, si se produce precipitación de un nitruro de Cr, se degrada la resistencia a la corrosión. Por tanto, un contenido en N apropiado es del 0,030% o menos. Por tanto, el contenido en N se fija a del 0,001% al 0,030%, preferiblemente se fija a del 0,002% al 0,018%, y más preferiblemente se fija a del 0,007% al 0,011%.

Nb: menos del 0,05%

20 Generalmente, se considera que Nb es un elemento que se combina de manera preferible con C y N y de ese modo suprime la degradación de la resistencia a la corrosión provocada por la precipitación de un carbonitruro de Cr. El elemento también precipita en forma de una película en una zona de soldadura doble y de ese modo provoca agrietamiento de soldadura en la zona de soldadura doble. Por tanto, el contenido de Nb se fija preferiblemente bajo. Se produce agrietamiento de soldadura significativo si el contenido de Nb es del 0,05% o más. Por tanto, el contenido en Nb se fija a menos del 0,05% y preferiblemente se fija a menos del 0,02%.

Nb x P: 0,0005 o menos

25 donde cada símbolo de elemento representa el contenido (en % en masa) del elemento.

Nb precipita en forma de una película en una zona de soldadura doble, lo cual provoca que se produzca agrietamiento de soldadura. La precipitación de Nb depende principalmente del producto del contenido en Nb y el contenido en P. Tal como se muestra en la figura 1, se produce agrietamiento de soldadura significativo si Nb x P supera 0,0005. Por tanto, Nb x P se fija a 0,0005 o menos.

30 Anteriormente se describió la composición química fundamental según la presente invención, y el resto es Fe e impurezas inevitables. Además, pueden añadirse Zr, W, REM, Co y B al acero como elementos opcionales con el fin de potenciar la resistencia a la corrosión y la tenacidad del acero.

Zr: el 1,0% o menos

35 Zr se combina con C y N y de ese modo produce un efecto de suprimir la sensibilización. Este efecto se obtiene cuando el contenido de Zr es del 0,01% o más. Sin embargo, una adición excesiva de Zr degrada la trabajabilidad del acero y conduce a un aumento del coste porque Zr es un elemento muy caro. Por tanto, cuando se añade Zr al acero, el contenido en Zr preferiblemente se fija al 1,0% o menos y más preferiblemente se fija al 0,2% o menos.

W: el 1,0% o menos

40 W tiene un efecto de potenciar la resistencia a la corrosión de manera similar a Mo. Este efecto se obtiene cuando el contenido de W es del 0,01% o más. Sin embargo, una adición excesiva de W aumenta la resistencia mecánica del acero, lo cual degrada la facilidad de producción del acero. Por tanto, cuando se añade W al acero, el contenido en W preferiblemente se fija al 1,0% o menos y más preferiblemente se fija al 0,5% o menos.

REM: el 0,1% o menos

45 Un REM (elemento de tierras raras) potencia la resistencia a la oxidación y de ese modo suprime la formación de cascarilla de oxidación. Esto suprime la formación de una región de agotamiento de Cr inmediatamente por debajo de un color de revenido de una zona soldada. Este efecto se obtiene cuando el contenido de REM es del 0,001% o más. Sin embargo, una adición excesiva de REM degrada la facilidad de producción del acero, tal como facilidad de decapado con ácido, y conduce a un aumento del coste. Por tanto, cuando se añade un REM al acero, el contenido en REM preferiblemente se fija al 0,1% o menos.

50 Co: el 0,3% o menos

Co es un elemento que potencia la tenacidad del acero. Este efecto se obtiene cuando el contenido de Co es del 0,001% o más. Sin embargo, una adición excesiva de Co degrada la facilidad de producción del acero. Por tanto,

ES 2 608 460 T3

cuando se añade Co al acero, el contenido en Co preferiblemente se fija al 0,3% o menos y más preferiblemente se fija al 0,1% o menos.

B: el 0,1% o menos

- 5 B es un elemento que mejora la resistencia a la fragilidad del mecanizado secundario. El contenido en B del 0,0001% o más es apropiado con el fin de obtener el efecto. Sin embargo, un contenido en B excesivamente alto provoca la degradación de la ductilidad debido al refuerzo de disolución sólida. Por tanto, cuando está contenido B en el acero, el contenido en B preferiblemente se fija al 0,1% o menos y más preferiblemente se fija al 0,01% o menos.

2. Condiciones de fabricación

- 10 A continuación, se describe un método preferido para fabricar el acero según la presente invención. Se produce acero que tiene la composición descrita anteriormente mediante fusión mediante un método conocido usando un horno convertidor, un horno eléctrico, un horno de fusión a vacío, o similar y se conforma para dar una materia prima de acero (desbaste) mediante colada continua o colada-desbastado de lingotes. Posteriormente, se calienta la materia prima de acero hasta de 1100°C a 1300°C y después se lamina en caliente a una temperatura de acabado de 700°C a 1000°C y una temperatura de enrollado de 500°C a 850°C. Por tanto, se prepara una tira de acero que tiene un grosor de 2,0 a 5,0 mm. Se recuece la tira laminada en caliente así preparada a de 800°C a 1200°C, se somete a decapado con ácido y después se lamina en frío. Se recuece la lámina laminada en frío a de 700°C a 1000°C. Tras recocerse, se somete la lámina laminada en frío a decapado con ácido para eliminar la cascarilla. Opcionalmente, la tira de acero laminada en frío, de la que se ha eliminado la cascarilla, puede someterse a laminación de ajuste.

Ejemplo 1

A continuación en el presente documento se describe la presente invención basándose en ejemplos.

- 25 Se prepararon los aceros inoxidables mostrados en la tabla 1 mediante fusión a vacío y después se calentaron hasta 1200°C. Posteriormente, se laminaron en caliente los aceros inoxidables hasta un grosor de 4 mm, se recocieron a de 800°C a 1000°C y después se sometieron a decapado con ácido para eliminar la cascarilla. Se laminaron en frío los aceros inoxidables resultantes hasta un grosor de 0,8 mm, se recocieron a de 800°C a 1000°C y se sometieron a decapado con ácido. Por tanto, se prepararon materiales de prueba.

[Tabla 1] Composiciones químicas de materiales de prueba (% en masa)

N.º	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	V	Nb	Ti	N	Cu	Otros elementos	NbxP	Observaciones
1	0,005	0,36	0,15	0,027	0,001	22,5	0,11	1,08	0,27	0,10	0,011	0,32	0,009	-		0,00030	Ejemplo de la invención
2	0,008	0,38	0,14	0,021	0,001	21,0	0,09	1,08	0,27	0,10	0,001	0,32	0,009	0,01		0,00002	Ejemplo de la invención
3	0,006	0,38	0,15	0,012	0,001	21,0	0,10	1,07	0,27	0,10	0,040	0,35	0,010	0,01		0,00048	Ejemplo de la invención
4	0,008	0,33	0,14	0,011	0,002	23,6	0,09	1,08	0,26	0,21	0,010	0,28	0,011	-		0,00011	Ejemplo de la invención
5	0,008	0,67	0,14	0,018	0,001	23,6	0,10	1,07	0,26	0,19	0,001	0,28	0,010	-		0,00002	Ejemplo de la invención
6	0,007	0,34	0,14	0,020	0,001	23,7	0,10	0,79	0,18	0,19	0,002	0,28	0,010	-		0,00004	Ejemplo de la invención
7	0,008	0,33	0,15	0,022	0,001	23,8	0,10	0,82	0,77	0,19	0,001	0,29	0,010	-		0,00002	Ejemplo de la invención
8	0,006	0,34	0,15	0,022	0,001	23,7	0,11	0,84	0,50	0,05	0,001	0,39	0,011	-		0,00002	Ejemplo de la invención
9	0,005	0,34	0,15	0,020	0,001	23,7	0,09	0,84	0,49	0,29	0,018	0,18	0,009	-		0,00036	Ejemplo de la invención
10	0,005	0,33	0,16	0,019	0,001	23,7	0,09	0,83	0,50	0,42	0,019	0,18	0,008	-		0,00036	Ejemplo de la invención
11	0,005	0,37	0,16	0,020	0,001	21,9	0,08	1,31	0,50	0,12	0,001	0,47	0,009	-		0,00002	Ejemplo de la invención
12	0,006	0,37	0,21	0,028	0,001	21,9	0,08	1,32	0,32	0,12	0,012	0,27	0,009	0,02	Zr: 0,04, W: 0,2	0,00034	Ejemplo de la invención
13	0,007	0,42	0,21	0,025	0,001	21,8	0,08	1,32	0,32	0,11	0,001	0,27	0,008	-	Zr: 0,02, REM: 0,02	0,00003	Ejemplo de la invención
14	0,007	0,44	0,21	0,026	0,001	21,9	0,11	1,32	0,17	0,11	0,001	0,32	0,008	0,06	Co: 0,04	0,00003	Ejemplo de la invención
15	0,008	0,44	0,20	0,025	0,001	21,8	0,10	1,32	0,17	0,11	0,001	0,31	0,010	0,01	W: 0,1,	0,00003	Ejemplo de la

ES 2 608 460 T3

															REM: 0,001, B: 0,0005		invención
16	0,008	0,42	0,15	0,029	0,002	22,1	0,10	1,05	0,18	0,15	<u>0,243</u>	0,23	0,012	-		<u>0,00705</u>	Ejemplo comparativo
18	0,008	0,35	0,14	0,022	0,001	22,3	0,09	1,04	<u>0,09</u>	0,14	0,001	0,19	0,010	<u>0,6</u>		0,00002	Ejemplo comparativo
19	0,007	0,35	0,13	0,023	0,001	22,3	0,09	1,05	0,31	<u>0,01</u>	0,001	0,19	0,009	-		0,00002	Ejemplo comparativo
20	0,007	0,36	0,13	<u>0,063</u>	0,001	22,1	0,09	1,05	0,31	0,15	0,002	0,32	0,009	-		0,00013	Ejemplo comparativo
21	0,007	0,36	0,13	0,028	0,001	22,1	0,09	1,05	0,31	0,15	0,030	0,29	0,009	-		<u>0,00084</u>	Ejemplo comparativo
22	0,004	0,09	0,32	0,016	0,001	24,7	0,10	1,01	0,23	0,07	0,008	0,28	0,007	-	B: 0,0005	0,00013	Ejemplo de la invención
23	0,008	0,18	0,29	0,017	0,001	25,0	0,09	1,01	0,22	0,07	0,010	0,25	0,010	-		0,00017	Ejemplo de la invención

Las partes subrayadas están fuera del intervalo de la invención

5 Se realizó soldadura cruzada tal como se muestra en la figura 2 con los materiales de prueba preparados mediante soldadura de TIG de cordón sobre chapa a una corriente de soldadura de 90 A y una velocidad de soldadura de 60 cm/min. El gas de protección usado fue gas Ar al 100% tanto en el lado delantero (lado de soplete) como en el lado trasero. Se fijó la velocidad de flujo a 15 l/min en el lado delantero y a 10 l/min en el lado trasero. La anchura de un cordón de soldadura en el lado delantero era de aproximadamente 4 mm.

Se examinó la presencia o ausencia de grietas de soldadura en zonas de soldadura doble de los cordones de soldadura preparados usando un microscopio óptico. La tabla 2 muestra los resultados.

[Tabla 2] Resultados de la evaluación de propiedades de materiales de prueba

N.º	Presencia o ausencia de grietas de soldadura	Potencial de corrosión por picaduras Vc'100 en el cordón de soldadura	Presencia o ausencia de corrosión determinada mediante prueba de corrosión cíclica de niebla salina neutra	Observaciones
		mV frente a SCE		
1	Ausente	22	Ausente	Ejemplo de la invención
2	Ausente	24	Ausente	Ejemplo de la invención
3	Ausente	27	Ausente	Ejemplo de la invención
4	Ausente	14	Ausente	Ejemplo de la invención
5	Ausente	38	Ausente	Ejemplo de la invención
6	Ausente	12	Ausente	Ejemplo de la invención
7	Ausente	52	Ausente	Ejemplo de la invención
8	Ausente	41	Ausente	Ejemplo de la invención
9	Ausente	28	Ausente	Ejemplo de la invención
10	Ausente	28	Ausente	Ejemplo de la invención
11	Ausente	49	Ausente	Ejemplo de la invención
12	Ausente	23	Ausente	Ejemplo de la invención
13	Ausente	28	Ausente	Ejemplo de la invención
14	Ausente	22	Ausente	Ejemplo de la invención
15	Ausente	21	Ausente	Ejemplo de la invención
16	Presente	-	Presente	Ejemplo comparativo
18	Ausente	-197	Presente	Ejemplo comparativo
19	Ausente	-202	Presente	Ejemplo comparativo
20	Presente	-	Presente	Ejemplo comparativo
21	Presente	-	Presente	Ejemplo comparativo
22	Ausente	13	Ausente	Ejemplo de la invención
23	Ausente	32	Ausente	Ejemplo de la invención

10 No se produjo agrietamiento de soldadura en los materiales de prueba n.ºs 1 a 15, 22 y 23, que son ejemplos de la invención. Sin embargo, entre los materiales de prueba n.ºs 16 y de 18 a 21, que son ejemplos comparativos, estaban presentes grietas de soldadura en el material de prueba n.º 16 en el que el contenido en Nb y Nb x P estaban fuera del intervalo de la invención, el material de prueba n.º 20 en el que el contenido en P estaba fuera del intervalo de la invención, y el material de prueba n.º 21 en el que Nb x P estaba fuera del intervalo de la invención.

15 Se cortaron partes con grietas de soldadura de estos materiales de prueba y se observaron las superficies de sus fracturas con un SEM. Se observó una precipitación de tipo película de Nb en cada muestra.

Se tomó una probeta cuadrada de 20 mm que incluía una zona de soldadura doble del cordón de soldadura

5 preparado de cada material de prueba, excepto por los materiales de prueba n.^{os} 16, 20 y 21 en los que estaban presentes grietas de soldadura. Se cubrió cada probeta con un material de sellado de modo que un plano cuadrado de 10 mm que iba a medirse no estaba cubierto con el material de sellado. Se midió el potencial de corrosión por picaduras de cada probeta en una disolución acuosa de NaCl al 3,5% en masa a 30°C sin retirar un color de revenido formado mediante soldadura de la probeta. Las probetas no se sometieron a pulido ni a un tratamiento de pasivación. Las etapas del método de medición distintas de las descritas anteriormente cumplieron con la norma JIS G 0577 (2005). La tabla 2 muestra los potenciales de corrosión por picaduras medidos V'_{c100} . En los materiales de prueba n.^{os} 1 a 15, 22 y 23, que son ejemplos de la invención, V'_{c100} era de 0 mV frente a SCE o más. Por otro lado, en los materiales de prueba n.^{os} 18 y 19, que son ejemplos comparativos, V'_{c100} era de menos de 0 mV frente a SCE. Por tanto, se confirmó que se logró una alta resistencia a la corrosión en los ejemplos de la invención.

10 Se tomó una probeta de 40x40 mm que incluía una zona de soldadura doble del cordón de soldadura de cada uno de los materiales de prueba n.^{os} 1 a 23 mostrados en la tabla 1. Se realizó una prueba de corrosión cíclica de niebla salina neutra según la norma JIS H 8502 (1999) usando el lado delantero de la probeta como plano que iba a examinarse. Se fijó el número de ciclos a tres. Tras terminarse la prueba, se examinó visualmente la presencia o ausencia de corrosión del cordón de soldadura. La tabla 2 muestra los resultados. En los materiales de prueba n.^{os} 1 a 15, 22 y 23, que son ejemplos de la invención, la corrosión estaba ausente. Por otro lado, en los materiales de prueba n.^{os} 16 y 18 a 21, que son ejemplos comparativos, la corrosión estaba presente. Por tanto, se confirmó que los cordones de soldadura de los ejemplos de la invención tenían alta resistencia a la corrosión.

Aplicabilidad industrial

20 El acero inoxidable ferrítico según la presente invención se usa de manera adecuada en aplicaciones en las que se fabrica una estructura mediante soldadura, por ejemplo, materiales de sistema de escape de automóviles tales como materiales de silenciador, materiales de depósito de almacenamiento de agua caliente para calentadores de agua eléctricos, o materiales de construcción tales como materiales de cerrajería, materiales de aberturas de ventilación y materiales de conductos.

25

REIVINDICACIONES

1. Acero inoxidable ferrítico que consiste en, en % en masa, C: del 0,001% al 0,030%, Si: del 0,03% al 0,80%, Mn: del 0,05% al 0,50%, P: el 0,03% o menos, S: el 0,01% o menos, Cr: del 19,0% al 28,0%, Ni: del 0,01% a menos del 0,30%, Mo: del 0,2% al 3,0%, Al: de más del 0,15% al 1,2%, V: del 0,02% al 0,50%, Cu: menos del 0,1%, Ti: del 0,05% al 0,50%, N: del 0,001% al 0,030%, y Nb: menos del 0,05%,
- 5 en el que se satisface la expresión (1), opcionalmente además uno o más elementos seleccionados de Zr: el 1,0% o menos, W: el 1,0% o menos, REM: el 0,1% o menos, Co: el 0,3% o menos, y B: el 0,1% o menos, y el resto es Fe e impurezas inevitables,
- Nb x P ≤ 0,0005 ... (1)
- 10 donde cada símbolo de elemento representa el contenido (en % en masa) del elemento.

FIG. 1

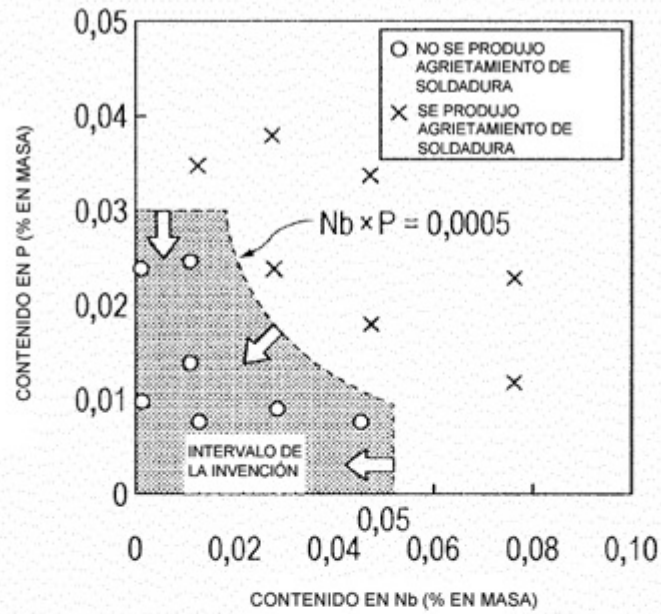


FIG. 2

