

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 657 023**

51 Int. Cl.:

**C22C 38/00** (2006.01)

**C22C 38/50** (2006.01)

**C22C 38/54** (2006.01)

**C21D 9/46** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.11.2012 PCT/JP2012/007614**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.06.2013 WO13080526**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.11.2012 E 12853515 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2018 EP 2787097**

54 Título: **Acero inoxidable ferrítico**

30 Prioridad:

**30.11.2011 JP 2011261094**

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

**01.03.2018**

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 2 657 023 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 aceros inoxidables ferríticos que tienen una baja probabilidad de una disminución en la resistencia a la corrosión debido a la entrada de nitrógeno desde un gas protector de soldadura en un cordón de soldadura.

**[Técnica anterior]**

10 En comparación con el acero inoxidable austenítico, el acero inoxidable ferrítico tiene un mayor rendimiento de coste en cuanto a la resistencia a la corrosión así como una mejor conductividad térmica y un menor coeficiente de expansión térmica y es más resistente al agrietamiento de corrosión por tensión. Debido a estas excelentes características, el acero inoxidable ferrítico se ha usado en una amplia gama de aplicaciones incluyendo componentes del sistema de escape de automóviles, materiales de construcción tales como techos y accesorios, y materiales usados en condiciones húmedas tales como muebles de cocina, tanques de agua y tanques de agua caliente.

15 Estas estructuras se fabrican lo más a menudo soldando planchas de acero inoxidable que se han cortado y formado para dar formas adecuadas. Debido a que el acero inoxidable ferrítico tiene bajos límites de solubilidad sólida de carbono y nitrógeno, la soldadura de acero inoxidable ferrítico tiende a dar como resultado la aparición de un fenómeno denominado sensibilización en el que se produce carbonitruro de Cr en la soldadura en el proceso de fusión y solidificación durante la soldadura y, por consiguiente, se forma una capa de agotamiento de Cr provocando una disminución en la resistencia a la corrosión.

20 Un remedio convencional para esto es añadir titanio o niobio que tiene una mayor afinidad por el carbono y nitrógeno que el cromo, suprimiendo de ese modo la formación de carbonitruro de Cr y la aparición de sensibilización. Por ejemplo, el documento de patente 1 da a conocer acero inoxidable ferrítico mejorado en la resistencia a la corrosión en los límites de granos mediante la adición combinada de titanio y niobio.

25 Puesto que las formas de los componentes que se sueldan se han vuelto más complicadas en los últimos años, a menudo no se logra suficiente protección del gas durante la soldadura y la soldadura se lleva a cabo frecuentemente en tales condiciones insatisfactorias en las que nitrógeno atmosférico se mezcla con el gas protector. En tales condiciones de soldadura, el nitrógeno en el gas protector entra en un cordón de soldadura aumentando adicionalmente la probabilidad de sensibilización en la soldadura. Por tanto, se encuentran dificultades a la hora de garantizar la resistencia a la corrosión con aceros inoxidables ferríticos convencionales dados a conocer en la bibliografía tal como en el documento de patente 1.

30 Se han dado a conocer aceros inoxidables ferríticos con excelente resistencia a la corrosión en las soldaduras. Por ejemplo, el documento EP 2100983 A1 y el documento de patente 2 dan a conocer aceros inoxidables ferríticos con excelente resistencia a la corrosión en las soldaduras, el documento de patente 3 da a conocer acero inoxidable ferrítico con excelente resistencia a la corrosión en los huecos de las soldaduras y el documento de patente 4 da a conocer acero inoxidable ferrítico con excelente resistencia a la corrosión en las soldaduras con acero inoxidable austenítico. Sin embargo, incluso con estos aceros inoxidables ferríticos, no puede garantizarse siempre suficiente resistencia a la corrosión en tales condiciones de soldadura en las que entra nitrógeno desde un gas protector dentro de un cordón de soldadura.

40 **[Lista de referencias]**

**[Documentos de patente]**

[PTL 1] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada n.º 51-88413

[PTL 2] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada n.º 2007-270290

[PTL 3] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada n.º 2009-161836

45 [PTL 4] Publicación de solicitud de patente japonesa no examinada n.º 2010-202916

**[Sumario de la invención]**

**[Problema técnico]**

50 Con el fin de solucionar los problemas mencionados anteriormente en la técnica convencional, un posible enfoque es aumentar las cantidades de titanio y niobio acorde con la idea convencional para suprimir la aparición de sensibilización. Sin embargo, este enfoque no es una solución adecuada porque se provocan otros problemas tales como un aumento en defectos de superficie y la aparición de grietas de soldadura.

Por tanto, un objeto de la invención es proporcionar aceros inoxidable ferríticos que presenten buena soldabilidad y excelente resistencia a la corrosión incluso cuando se sueldan en tales condiciones de soldadura en las que no es factible suficiente protección de gas por motivos tales como las formas de las piezas de trabajo y por consiguiente se mezcla nitrógeno con el gas protector elevando el contenido de nitrógeno en el cordón de soldadura e induciendo la aparición de sensibilización.

**[Solución al problema]**

En la presente invención, se han llevado a cabo amplios estudios con el fin de solucionar los problemas mencionados anteriormente centrándose en el comportamiento del nitrógeno que entra en un cordón de soldadura así como en la influencia de elementos sobre la supresión de la sensibilización.

En primer lugar, se realizaron estudios sobre cómo el contenido de nitrógeno en un cordón de soldadura resultaría afectado por la concentración de nitrógeno en un gas protector. El acero inoxidable ferrítico n.º 1 descrito en la tabla 1 se sometió a soldadura TIG de cordón sobre la chapa (corriente de soldadura 90 amperios, velocidad de soldadura 60 cm/min, grosor de la plancha 0,8 mm, velocidad de flujo de gas protector frontal 15 litros/min, velocidad de flujo de gas protector posterior 10 litros/min) mientras que la concentración de nitrógeno en un gas protector a base de Ar se varió en el intervalo del 0 al 2% en volumen, y se midió el contenido de nitrógeno en el cordón de soldadura. Los resultados se describen en la figura 1.

Cuando se añadió nitrógeno al gas protector frontal, aumentó el contenido de nitrógeno en el cordón de soldadura en proporción al aumento en la concentración de nitrógeno en el gas protector. Por otro lado, cuando se añadió nitrógeno al gas protector posterior, el contenido de nitrógeno en el cordón de soldadura permaneció sustancialmente sin cambios incluso cuando se aumentó la concentración de nitrógeno en el gas protector. Este resultado se atribuye probablemente a la condición de que el gas protector frontal se sopla continuamente desde una boquilla hasta el baño de fusión mientras que el gas protector posterior se pone en contacto leve con el mismo. La sensibilización se produjo en los cordones de soldadura de manera más marcada con una cantidad creciente de nitrógeno que había entrado en los cordones de soldadura. A partir de este resultado, es probable que se produzca la sensibilización en los cordones de soldadura debido a la entrada en los cordones de soldadura de nitrógeno mezclado en el gas protector frontal.

A continuación, se evaluó la influencia de elementos sobre la sensibilización en condiciones de soldadura en las que se añadió nitrógeno al gas protector para inducir la aparición de sensibilización en los cordones de soldadura. Se sometieron diversos aceros inoxidable ferríticos a soldadura TIG de cordón sobre la chapa con uso de gas Ar que tenía una concentración de nitrógeno del 2% en volumen como gas protector frontal. Después de que los cordones de soldadura se descascarillaran completamente mediante pulido, se midió la velocidad de reactivación según la norma JIS G 0580 (2003). La velocidad de reactivación en la presente memoria descriptiva indica un valor sin corrección basado en el tamaño de grano del cristal. Los resultados se describen en la figura 2.

Se disminuyó el logaritmo de la velocidad de reactivación en la proporción hasta  $Nb + 1,3Ti + 0,9V + 0,2Al$  (los símbolos químicos en la expresión representan el contenido (% en masa) de los respectivos elementos) (a continuación en el presente documento, denominado valor N). Un valor de velocidad de reactivación más pequeño indica un menor grado de sensibilización, y se entiende que no se ha producido sustancialmente sensibilización cuando la velocidad de reactivación es del 0,01% o menos. La velocidad de reactivación fue del 0,01% o menos cuando el valor N fue mayor de 0,55. Por tanto, se ha demostrado que se obtiene buena resistencia a la corrosión incluso en condiciones de soldadura tales que los aceros inoxidable ferríticos habituales sufrirán sensibilización en los cordones de soldadura debido a la entrada de nitrógeno desde el gas protector.

Además, se produce agotamiento de Cr en los cordones de soldadura de manera similar que en la sensibilización debido a la formación de una capa de óxido denominada color de revenido, que da como resultado una disminución en la resistencia a la corrosión. Se evaluó la influencia de elementos sobre la resistencia a la corrosión de un color de revenido en condiciones de soldadura que inducen sensibilización mediante medición del potencial de picaduras. Se sometieron diversos aceros inoxidable ferríticos a soldadura TIG de cordón sobre la chapa con uso de gas Ar que tenía una concentración de nitrógeno del 2% en volumen como gas protector frontal, y se midió el potencial de picaduras en una disolución de NaCl al 3,5% en masa a 30°C sin eliminar el color de revenido que se había formado por la soldadura sobre el lado frontal (el lado de soplete) del cordón de soldadura. Los resultados se describen en la figura 3.

Cuando el valor N fue de 0,34, el potencial de picaduras estaba en el intervalo de -200 a -150 mvoltios independientemente del contenido de silicio más aluminio más titanio, lo que indica baja resistencia a la corrosión. Cuando el valor N fue de 0,57, por otro lado, el potencial de picaduras fue de 0 mvoltios o más, concretamente, se mejoró la resistencia a la corrosión cuando  $Si + Al + Ti$  (los símbolos químicos en la expresión representan el contenido (% en masa) de los respectivos elementos) (a continuación en el presente documento, denominado valor S) estaba en el intervalo de 0,6 a 1,8. Este resultado es probablemente debido a que el enriquecimiento del color de revenido con silicio, aluminio y titanio da como resultado una capa de óxido densa y altamente protectora, y también reduce la cantidad de oxidación por soldadura para suprimir el agotamiento de cromo en la capa superficial del cordón de soldadura mediante oxidación. El agotamiento de Cr mediante la formación de un color de revenido

5 produce efectos sinérgicos en combinación con el agotamiento de Cr en la vecindad de carbonitruro de Cr que se produce mediante sensibilización debido a la entrada de nitrógeno. Por tanto, se considera que es necesario que el valor N y el valor S estén en intervalos adecuados respectivos con el fin de garantizar la resistencia a la corrosión de cordones de soldadura en condiciones de soldadura tales que entrará nitrógeno desde el gas protector en los cordones de soldadura.

La presente invención se ha realizado basándose en los hallazgos mencionados anteriormente y en estudios adicionales. El sumario de la invención es tal como sigue.

[1] Un acero inoxidable ferrítico con excelente resistencia a la corrosión en las soldaduras, que tiene una composición según la reivindicación 1, satisfaciendo el acero inoxidable ferrítico las siguientes ecuaciones (1) y (2):

10  $0,6 \leq \text{Si} + \text{Al} + \text{Ti} \leq 1,8 \dots (1)$

$\text{Nb} + 1,3\text{Ti} + 0,9\text{V} + 0,2\text{Al} > 0,55 \dots (2)$

en las que los símbolos químicos en las expresiones representan el contenido (% en masa) de los respectivos elementos.

**[Efectos ventajosos de la invención]**

15 Según la presente invención, se obtienen aceros inoxidables ferríticos que presentan excelente resistencia a la corrosión incluso en condiciones de soldadura tales que se induce sensibilización por la entrada de nitrógeno desde un gas protector en un cordón de soldadura. Además, los aceros inoxidables ferríticos de la invención tienen buena soldabilidad comparable a la de aceros convencionales.

**[Breve descripción de los dibujos]**

20 [Fig. 1] La figura 1 es una vista que ilustra cómo está afectado el contenido de nitrógeno en un cordón de soldadura por la concentración de nitrógeno en un gas protector.

[Fig. 2] La figura 2 es una vista que ilustra la influencia de elementos sobre la velocidad de reactivación de un cordón de soldadura.

25 [Fig. 3] La figura 3 es una vista que ilustra la influencia de elementos sobre el potencial de picaduras de un cordón de soldadura.

**[Descripción de las realizaciones]**

A continuación en el presente documento, se describirán los motivos por los que los componentes en la invención están limitados de tal forma.

1. Composición química

30 En primer lugar, se describirán los motivos por los que se especifica la composición química del acero de la invención. En la composición química, % indica % en masa en cada aparición.

C: del 0,001 al 0,030%

35 El carbono es un elemento que se encuentra inevitablemente en el acero. Aumentar el contenido de C potencia la resistencia, y disminuir el contenido de C potencia la trabajabilidad. Con el fin de obtener suficiente resistencia, es adecuado añadir carbono hasta un contenido de no menos del 0,001%. Añadir carbono en exceso del 0,030% da como resultado una disminución marcada en la trabajabilidad así como un aumento del riesgo de que la resistencia a la corrosión disminuya por la precipitación de carburo de Cr que provoca agotamiento de Cr local. Por tanto, se especifica que el contenido de C está en el intervalo del 0,001 al 0,030%. El contenido de C está preferiblemente en el intervalo del 0,002 al 0,018%, más preferiblemente en el intervalo del 0,003 al 0,015%, y todavía más preferiblemente en el intervalo del 0,003 al 0,010%.

40 Si: de más del 0,3 al 0,55%

45 El silicio es un elemento eficaz para la desoxidación. En la presente invención, este elemento desempeña un papel importante al concentrarse, junto con aluminio y titanio, en un color de revenido formado por soldadura para mejorar el rendimiento de protección de la capa de óxido y para mejorar la resistencia a la corrosión de la soldadura. En condiciones de soldadura tales que entrará nitrógeno desde un gas protector, la concentración de aluminio y titanio en el color de revenido es pequeña porque estos elementos forman precipitados uniéndose al nitrógeno que ha entrado. Por tanto, en la invención, el silicio desempeña un papel relativamente mayor en la potenciación del rendimiento de protección del color de revenido. Este efecto puede obtenerse añadiendo silicio en exceso del 0,3%. Sin embargo, la adición en exceso del 0,55% da como resultado una disminución marcada en la trabajabilidad y hace que la formación y el trabajo sean difíciles. Por tanto, se especifica que el contenido de Si está en el intervalo

de más del 0,3 al 0,55%. El contenido de Si está preferiblemente en el intervalo del 0,33 al 0,50%, y más preferiblemente en el intervalo del 0,35 al 0,48%.

Mn: del 0,05 al 0,50%

5 El manganeso es un elemento que está contenido inevitablemente en el acero y tiene un efecto sobre el aumento de la resistencia. Este efecto puede obtenerse añadiendo manganeso al 0,05% o más. Sin embargo, cualquier adición en exceso facilita la precipitación de MnS que sirve como punto de inicio de la corrosión, y por tanto deteriora la resistencia a la corrosión. Por tanto, es apropiado que el contenido de Mn no sea de más del 0,50%. Por tanto, se especifica que el contenido de Mn está en el intervalo del 0,05 al 0,50%. El contenido de Mn está preferiblemente en el intervalo del 0,08 al 0,40%, y más preferiblemente en el intervalo del 0,09 al 0,35%.

10 P: no más del 0,05%

El fósforo es un elemento que está contenido inevitablemente en el acero. Un contenido excesivamente alto del mismo provoca una disminución en la soldabilidad y facilita la aparición de corrosión en los límites de granos. Esta tendencia se vuelve marcada cuando el contenido de P supera el 0,05%. Por tanto, se especifica que el contenido de P es de no más del 0,05%. El contenido de P es preferiblemente de no más del 0,04%.

15 S: no más del 0,01%

El azufre es un elemento que está contenido inevitablemente en el acero. Cualquier contenido de S que supere el 0,01% provoca una disminución en la resistencia a la corrosión. Por tanto, se especifica que el contenido de S es de no más del 0,01%. El contenido de S es más preferiblemente de no más del 0,006%.

Cr: del 19,0 al 28,0%

20 El cromo es el elemento más importante para garantizar la resistencia a la corrosión del acero inoxidable. Si el contenido de Cr es de menos del 19,0%, no puede obtenerse suficiente resistencia a la corrosión y en la vecindad de cordones de soldadura en donde el contenido de Cr en la capa superficial disminuye por oxidación durante la soldadura. Por otro lado, añadir cromo en exceso del 28,0% da como resultado disminuciones en la trabajabilidad y productividad. Por tanto, se especifica que el contenido de Cr está en el intervalo del 19,0 al 28,0%. El contenido de Cr está preferiblemente en el intervalo del 21,0 al 26,0%, y más preferiblemente en el intervalo del 21,0 al 24,0%.

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

El níquel es un elemento que potencia la resistencia a la corrosión del acero inoxidable. Este elemento suprime el progreso de la corrosión en un ambiente corrosivo en el que no se forma ninguna película de pasivación y por consiguiente tiene lugar una disolución activa. Este efecto puede obtenerse añadiendo níquel hasta el 0,01% o más. Sin embargo, la adición de níquel hasta el 0,30% o más da como resultado una disminución en la trabajabilidad así como un aumento en el coste debido a lo caro del elemento. Por tanto, se especifica que el contenido de Ni está en el intervalo del 0,01 a menos del 0,30%. El contenido de Ni está preferiblemente en el intervalo del 0,03 al 0,24%.

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

35 El molibdeno es un elemento que potencia la resistencia a la corrosión del acero inoxidable promoviendo la repasivación de una película de pasivación. Este efecto se presenta más marcadamente cuando el acero inoxidable contiene molibdeno junto con cromo. El efecto de potenciación de la resistencia a la corrosión por el molibdeno puede obtenerse añadiendo molibdeno hasta el 0,2% o más. Sin embargo, si el contenido de Mo supera el 3,0%, la resistencia aumenta tanto que se incurre en una alta carga de laminación reduciendo la productividad. Por tanto, se especifica que el contenido de Mo está en el intervalo del 0,2 al 3,0%. El contenido de Mo está preferiblemente en el intervalo del 0,6 al 2,4%, y más preferiblemente en el intervalo del 0,6 al 2,0%.

40 Al: de más del 0,08 al 1,2%

45 El aluminio es un elemento eficaz para la desoxidación. En la invención, aluminio se concentra en un color de revenido formado por soldadura junto con silicio y titanio para potenciar la resistencia a la corrosión de la soldadura. Además, este elemento es eficaz para suprimir la aparición de sensibilización provocada por la precipitación de cromo con nitrógeno en el caso de que haya entrado nitrógeno desde un gas protector en el cordón de soldadura. Este efecto lo presenta probablemente un proceso en el que aluminio que tiene mayor afinidad por el nitrógeno que el cromo forma AlN con el nitrógeno que ha entrado en el cordón de soldadura desde el gas protector suprimiendo, por tanto, la formación de nitruro de Cr. Este efecto puede obtenerse añadiendo aluminio en exceso del 0,08%. Sin embargo, la adición en exceso del 1,2% da como resultado un aumento en los granos de cristal de ferrita y consecuentes disminuciones en la trabajabilidad y productividad. Por tanto, se especifica que el contenido de Al está en el intervalo de más del 0,08 al 1,2%. El contenido de Al está preferiblemente en el intervalo del 0,09 al 0,8%, y más preferiblemente en el intervalo del 0,10 al 0,40%.

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

5 El vanadio es un elemento que potencia la resistencia a la corrosión y trabajabilidad. En la invención, cuando ha entrado nitrógeno desde un gas protector en un cordón de soldadura, el vanadio suprime la aparición de sensibilización combinándose con nitrógeno para formar VN. Este efecto puede obtenerse añadiendo vanadio hasta el 0,02% o más. Sin embargo, la adición en exceso del 0,50% da como resultado una disminución en la trabajabilidad. Por tanto, se especifica que el contenido de V está en el intervalo del 0,02 al 0,50%. El contenido de V está preferiblemente en el intervalo del 0,03 al 0,40%.

Cu: menos del 0,1%

10 El cobre es una impureza mezclada posiblemente en acero inoxidable, que se origina a partir de chatarra de materia prima. Cuando este elemento está presente en el acero inoxidable ferrítico con excelente resistencia a la corrosión que tiene el contenido de Cr y Mo de la invención, se aumenta la corriente que mantiene la pasividad y se desestabiliza la película de pasivación. Por consiguiente, se provoca una disminución en la resistencia a la corrosión. Este efecto de disminuir la resistencia a la corrosión se vuelve marcado cuando el contenido de Cu es del 0,1% o más. Por tanto, se especifica que el contenido de Cu es de menos del 0,1%.

Nb: del 0,005 al 0,50%

15 El niobio se une preferentemente a carbono y nitrógeno suprimiendo la disminución en la resistencia a la corrosión mediante la precipitación de carbonitruro de Cr. Por tanto, en la invención, el niobio es un elemento importante para suprimir la aparición de sensibilización por la entrada de nitrógeno desde un gas protector. Este efecto puede obtenerse cuando el contenido de Nb es del 0,005% o más. Sin embargo, si el contenido de Nb supera el 0,50%, la resistencia al calor aumenta tanto que se incurre en una alta carga de laminación en caliente reduciendo la productividad. Además, el niobio, cuando está presente en un contenido tan excesivamente alto, se precipita en los límites de granos de cristal en las soldaduras aumentando el riesgo de grietas de soldadura. Por tanto, se especifica que el contenido de Nb está en el intervalo del 0,005 al 0,50%. El contenido de Nb está preferiblemente en el intervalo del 0,01 al 0,38%, y más preferiblemente en el intervalo del 0,05 al 0,35%.

Ti: del 0,05 al 0,50%

25 El titanio se une preferentemente a carbono y nitrógeno suprimiendo la disminución en la resistencia a la corrosión mediante la precipitación de carbonitruro de Cr. En la invención, el titanio es un elemento importante para suprimir la aparición de sensibilización por la entrada de nitrógeno desde un gas protector. Además, el titanio se concentra de manera compleja con silicio y aluminio en un color de revenido en una soldadura para mejorar el rendimiento de protección de la capa de óxido. Estos efectos pueden obtenerse cuando el contenido de Ti es del 0,05% o más. Sin embargo, si el contenido de Ti supera el 0,50%, se deteriora la trabajabilidad y el carbonitruro de Ti se vuelve grueso provocando defectos de superficie. Por tanto, se especifica que el contenido de Ti está en el intervalo del 0,05 al 0,50%. El contenido de Ti está preferiblemente en el intervalo del 0,08 al 0,38%.

N: del 0,001 al 0,030%

35 El nitrógeno es un elemento que está contenido inevitablemente en el acero de manera similar al carbono. Este elemento tiene el efecto de aumentar la resistencia del acero mediante endurecimiento de la disolución sólida. Este efecto puede obtenerse cuando el contenido de N es del 0,001% o más. El contenido de N es de manera adecuada de no más del 0,030% porque la precipitación de nitruro de Cr deteriora la resistencia a la corrosión. Por tanto, se especifica que el contenido de N está en el intervalo del 0,001 al 0,030%. El contenido de N está preferiblemente en el intervalo del 0,002 al 0,018%.

40 Si + Al + Ti (valor S): de 0,6 a 1,8

Los símbolos químicos en la expresión representan el contenido (% en masa) de los respectivos elementos.

45 El silicio, el aluminio y el titanio tienen alta afinidad por el oxígeno. Cuando se oxida acero inoxidable y se forman cascarillas de óxido, estos elementos se concentran en una capa inferior (sobre el lado de hierro de base) de las cascarillas de óxido. En el caso en el que el acero inoxidable contenga todos estos elementos, la capa enriquecida en Si, Al y Ti formada por la oxidación compleja de silicio, aluminio y titanio es una capa de óxido densa y altamente protectora que logra mayor resistencia a la corrosión en comparación a cuando el contenido de estos elementos es bajo. Este efecto puede obtenerse cuando el valor S es de 0,6 o más. En condiciones de soldadura tales que entrará nitrógeno desde un gas protector en un cordón de soldadura, tal como se ilustra en la figura 3, el efecto de potenciar la resistencia a la corrosión de un color de revenido en la soldadura se presenta claramente sólo cuando el valor N descrito más adelante es de 0,55 o más. Este hecho sugiere que el efecto protector del silicio, aluminio y titanio actúa de manera compleja con el efecto del valor N para potenciar la resistencia a la corrosión de las soldaduras. Si el valor S supera 1,8, por otro lado, la cristalinidad de la capa de óxido aumenta tanto que el efecto de suprimir la penetración de iones de metal o similares se reduce. Por consiguiente, tal como se ilustra en la figura 3, la resistencia a la corrosión disminuye de nuevo cuando el valor S está en exceso de 1,8. A partir de estos resultados, se especifica que el valor S es de desde 0,6 hasta 1,8. El valor S es preferiblemente de desde 0,6 hasta 1,4.

55 Nb + 1,3Ti + 0,9V + 0,2Al (valor N): más de 0,55

Los símbolos químicos en la expresión representan el contenido (% en masa) de los respectivos elementos.

5 La sensibilización de cordones de soldadura tratados en la presente invención se atribuye principalmente a la aparición de una región de agotamiento de Cr local como resultado de la formación de nitruro de Cr mediante la unión de cromo con nitrógeno que ha entrado desde un gas protector en los cordones de soldadura. Para suprimir esto, la adición de elementos que tienen mayor afinidad por nitrógeno que el cromo se considera eficaz. Aunque se sabe bien que el titanio y el niobio estabilizan carbono y nitrógeno, se ha encontrado recientemente en la invención que el aluminio y el vanadio tienen un efecto de estabilización de carbono y nitrógeno en un cordón de soldadura en condiciones de soldadura tales que entrará nitrógeno desde un gas protector en el cordón de soldadura. Puesto que el logaritmo de la velocidad de reactivación del cordón de soldadura está en proporción al valor N tal como se ilustra en la figura 2, las contribuciones de los elementos al efecto en relación a su % en masa son superiores en el orden de  $Ti > Nb > V > Al$ . Cuando el valor N es de más de 0,55, la velocidad de reactivación del cordón de soldadura es del 0,01% o menos, lo que indica que no se ha producido sustancialmente sensibilización. Por tanto, se especifica que el valor N es de más de 0,55.

15 Se observaron precipitados en un cordón de soldadura con un SEM (microscopio electrónico de barrido). La observación confirmó que estaban presentes aluminio y el vanadio formando complejos con carbonitruros de Ti y Nb. Se considera que se permite que el vanadio y el aluminio presenten el efecto de estabilización de nitrógeno más marcadamente como resultado de la precipitación facilitada de AlN y VN sobre los carbonitruros de Ti y Nb como núcleos.

20 La composición química básica en la invención es tal como se describió anteriormente, y el resto es Fe e impurezas inevitables. Además, el contenido de Cu puede estar limitado desde el punto de vista de la resistencia a la corrosión. Con el fin de mejorar la resistencia a la corrosión y dureza, puede añadirse zirconio, tungsteno, metales de tierras raras, cobalto y boro como elementos opcionales.

Zr: no más del 1,0%

25 El zirconio tiene el efecto de suprimir la aparición de sensibilización uniéndose a carbono y nitrógeno. Este efecto puede obtenerse mediante la adición de zirconio al 0,01% o más. Sin embargo, cualquier adición en exceso da como resultado una disminución en la trabajabilidad y un aumento en el coste debido a lo caro del elemento. Por tanto, cuando se añade zirconio, el contenido de Zr es preferiblemente de no más del 1,0%, y más preferiblemente de no más del 0,2%.

W: no más del 1,0%

30 El tungsteno tiene el efecto de potenciar resistencia a la corrosión de manera similar al molibdeno. Este efecto puede obtenerse mediante la adición de tungsteno hasta el 0,01% o más. Sin embargo, cualquier adición en exceso da como resultado un aumento en la resistencia y una disminución en la productividad. Por tanto, cuando se añade tungsteno, el contenido de W es preferiblemente de no más del 1,0%, y más preferiblemente de no más del 0,2%.

REM: no más del 0,1%

35 Los metales de tierras raras (REM) potencian la resistencia a la oxidación suprimiendo la formación de cascarillas de óxido y suprimiendo la formación de una región de agotamiento de Cr inmediatamente por debajo de un color de revenido en una soldadura. Este efecto puede obtenerse añadiendo REM hasta el 0,0001% o más. Sin embargo, cualquier adición en exceso da como resultado una disminución en la productividad tal como propiedades de decapado con ácido así como un aumento en el coste. Por tanto, cuando se añaden metales de tierras raras, el contenido de REM es preferiblemente de no más del 0,1%, y más preferiblemente de no más del 0,05%.

40 Co: no más del 0,3%

45 El cobalto es un elemento que potencia la dureza. Este efecto puede obtenerse añadiendo cobalto hasta el 0,001% o más. Sin embargo, cualquier adición en exceso da como resultado una disminución en la productividad. Por tanto, cuando se añade cobalto, el contenido de Co es preferiblemente de no más del 0,3%, y más preferiblemente de no más del 0,1%.

B: no más del 0,1%

50 El boro es un elemento que mejora la resistencia a la fragilidad de trabajo secundaria. Para obtener este efecto, el contenido de B es adecuadamente del 0,0001% o más. Sin embargo, un contenido de B excesivamente alto provoca una disminución en la ductilidad mediante endurecimiento de la disolución sólida. Por tanto, cuando se añade boro, el contenido de B es preferiblemente de no más del 0,1%, y más preferiblemente de no más del 0,05%.

## 2. Condiciones de fabricación

A continuación, se describirá un método preferido para fabricar el acero de la invención. Se funde un acero que tiene la composición química mencionada anteriormente mediante un método conocido tal como un horno convertidor, un horno eléctrico o un horno de fusión a vacío, y se procesa para dar un material de acero (planchón) mediante colada

5 continua o colada en lingotes y proceso de desbastado. El planchón se calienta entonces hasta de 1100 a 1300°C y se lamina en caliente hasta un grosor de la plancha de 2,0 mm a 5,0 mm a una temperatura de acabado de 700°C a 1000°C y una temperatura de bobinado de 500°C a 850°C. La tira laminada en caliente resultante se recuece a una temperatura de 800°C a 1200°C, luego se somete a decapado con ácido, y se lamina en frío. La plancha laminada en frío se recuece a una temperatura de 700°C a 1100°C. Después del recocido de la plancha laminada en frío, se realiza decapado con ácido para eliminar cascarillas. La banda laminada en frío descascarillada puede someterse a laminación de acabado.

[EJEMPLO 1]

A continuación en el presente documento, se describirá la presente invención basándose en los ejemplos.

10 Los aceros inoxidables descritos en la tabla 1 se fundieron a vacío. Después de calentarse hasta 1200°C, los aceros se laminaron en caliente hasta un grosor de la plancha de 4 mm, se recocieron en el intervalo de 850 a 1050°C, y se sometieron decapado con ácido para eliminar cascarillas. Además, las planchas de acero se laminaron en frío hasta un grosor de la plancha de 0,8 mm, se recocieron en el intervalo de 800°C a 1000°C, y se sometieron decapado con ácido para dar muestras. El valor S y el valor N en la tabla 1 se definen por  $Si + Al + Ti$  y  $Nb + 1,3Ti + 0,9V + 0,2Al$  (los símbolos químicos en las expresiones representan % en masa), respectivamente.

15



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

n.º	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	V	Nb	Ti	N	Cu	Otros elementos	Valor S	Valor N	Observaciones
1	0,003	0,42	0,12	0,03	0,001	21,7	0,09	1,10	0,11	0,13	0,21	0,18	0,006	-		0,71	0,583	Ej. de la inv.
2	0,004	0,34	0,11	0,02	0,001	21,2	0,08	1,09	0,14	0,14	0,25	0,13	0,008	-		0,61	0,573	Ej. de la inv.
3	0,005	0,51	0,11	0,02	0,001	22,3	0,08	1,10	0,11	0,14	0,17	0,25	0,008	-		0,87	0,643	Ej. de la inv.
4	0,003	0,38	0,14	0,02	0,002	19,4	0,08	1,37	0,10	0,10	0,22	0,18	0,007	0,04		0,66	0,564	Ej. de la inv.
5	0,005	0,40	0,15	0,02	0,002	20,8	0,13	1,08	0,09	0,24	0,31	0,12	0,010	0,02		0,61	0,700	Ej. de la inv.
6	0,005	0,40	0,14	0,02	0,001	22,7	0,12	1,07	0,78	0,11	0,20	0,20	0,009	-		1,38	0,715	Ej. de la inv.
7	0,004	0,39	0,14	0,03	0,001	22,8	0,11	1,08	1,10	0,11	0,23	0,15	0,009	-		1,64	0,744	Ej. de la inv.
8	0,005	0,35	0,11	0,02	0,001	22,4	0,11	2,01	0,10	0,08	0,22	0,24	0,008	-		0,69	0,624	Ej. de la inv.
9	0,006	0,34	0,12	0,02	0,001	24,5	0,13	1,92	0,10	0,46	0,18	0,17	0,012	-		0,61	0,835	Ej. de la inv.
10	0,005	0,47	0,12	0,02	0,001	24,8	0,11	1,05	0,16	0,21	0,11	0,35	0,010	-		0,98	0,786	Ej. de la inv.
11	0,005	0,47	0,11	0,02	0,001	24,5	0,09	1,05	0,15	0,19	0,28	0,14	0,010	0,01		0,76	0,663	Ej. de la inv.
12	0,005	0,42	0,13	0,03	0,001	26,1	0,08	1,04	0,29	0,10	0,33	0,08	0,009	-		0,79	0,582	Ej. de la inv.
13	0,004	0,39	0,11	0,02	0,002	27,3	0,08	1,02	0,12	0,06	0,19	0,23	0,008	0,02	Zr:0,05	0,74	0,567	Ej. de la inv.
14	0,004	0,39	0,15	0,02	0,001	21,4	0,07	1,53	0,12	0,07	0,08	0,40	0,007	-	W:0,6	0,91	0,687	Ej. de la inv.
15	0,007	0,41	0,16	0,02	0,002	21,6	0,08	1,53	0,15	0,09	0,22	0,17	0,014	-	Zr:0,02, REM:0,02	0,73	0,552	Ej. de la inv.
16	0,008	0,40	0,18	0,03	0,002	21,6	0,10	1,52	0,33	0,10	0,24	0,17	0,014	-	Co:0,04	0,90	0,617	Ej. de la inv.
17	0,004	0,41	0,15	0,03	0,001	22,7	0,10	1,27	0,32	0,08	0,18	0,33	0,009	-	W:0,08, B:0,001	1,06	0,745	Ej. de la inv.
18	0,005	0,41	0,13	0,02	0,001	22,9	0,12	1,27	0,56	0,27	0,25	0,15	0,009	-	REM:0,01, Co:0,007, B:0,004	1,12	0,800	Ej. de la inv.
19	0,006	0,26	0,12	0,02	0,001	22,8	0,08	0,99	0,16	0,12	0,24	0,22	0,008	-		0,64	0,666	Ej. comp.
20	0,006	0,80	0,12	0,02	0,001	23,3	0,11	0,98	1,03	0,09	0,20	0,18	0,008	-		2,01	0,721	Ej. comp.
21	0,004	0,32	0,12	0,02	0,001	23,2	0,09	0,98	0,06	0,09	0,30	0,13	0,009	-		0,51	0,562	Ej. comp.
22	0,004	0,39	0,13	0,03	0,001	23,2	0,08	1,12	0,33	0,01	0,15	0,21	0,010	-		0,93	0,498	Ej. comp.
23	0,004	0,39	0,11	0,02	0,002	23,4	0,09	1,10	0,09	0,11	0,34	0,02	0,010	-		0,50	0,483	Ej. comp.
24	0,004	0,40	0,11	0,03	0,001	22,9	0,10	1,11	0,10	0,12	0,001	0,30	0,010	-		0,80	0,519	Ej. comp.
25	0,004	0,40	0,12	0,03	0,001	22,8	0,10	1,11	0,17	0,08	0,16	0,15	0,010	-		0,72	0,461	Ej. comp.

Nota: Lo subrayado indica "fuera de la invención"

5 Las muestras se sometieron a soldadura TIG de cordón sobre la chapa. La corriente de soldadura fue de 90 amperios, y la velocidad de soldadura fue de 60 cm/min. El gas protector usado en el lado frontal (el lado del soplete) fue gas Ar que contenía el 2% en volumen de nitrógeno que se suministró a una velocidad de flujo de 15 litros/min, y que en el lado posterior fue de gas Ar al 100% que se suministró a una velocidad de flujo de 10 litros/min. La anchura del cordón de soldadura en el lado frontal fue de aproximadamente 4 mm.

10 Se tomaron muestras de una probeta de 20 mm cuadrados que incluía el cordón de soldadura y se cubrió con un material sellante mientras se dejaba una zona de 10 mm cuadrados expuesta para la medición. El potencial de picaduras se midió en una disolución de NaCl al 3,5% a 30°C sin eliminar el color de revenido que se había formado mediante la soldadura. La probeta no se había pulido o pasivado. Otras condiciones de medición fueron según la norma JIS G 0577 (2005). Los potenciales de picaduras medidos  $V'_{C100}$  se describen en la tabla 2.

[Tabla 2] Resultados de evaluaciones de rendimientos de muestras

N.º	Potencial de picaduras $V'_{C100}$ en el cordón de soldadura	Corrosión en prueba de corrosión cíclica con neblina salina neutra	Observaciones
	mV frente a SCE		
1	22	Ausente	Ej. de la inv.
2	16	Ausente	Ej. de la inv.
3	26	Ausente	Ej. de la inv.
4	17	Ausente	Ej. de la inv.
4	13	Ausente	Ej. de la inv.
6	24	Ausente	Ej. de la inv.
7	25	Ausente	Ej. de la inv.
8	32	Ausente	Ej. de la inv.
9	40	Ausente	Ej. de la inv.
10	29	Ausente	Ej. de la inv.
11	31	Ausente	Ej. de la inv.
12	38	Ausente	Ej. de la inv.
13	49	Ausente	Ej. de la inv.
14	42	Ausente	Ej. de la inv.
15	38	Ausente	Ej. de la inv.
16	37	Ausente	Ej. de la inv.
17	30	Ausente	Ej. de la inv.
18	32	Ausente	Ej. de la inv.
19	-74	Presente	Ej. comp.
20	-52	Presente	Ej. comp.
21	-126	Presente	Ej. comp.
22	-180	Presente	Ej. comp.
23	-212	Presente	Ej. comp.
24	-209	Presente	Ej. comp.
25	-177	Presente	Ej. comp.

15 Todos los valores  $V'_{C100}$  en los ejemplos de la invención estaban por encima de 0 mvoltios, mientras que todos los valores  $V'_{C100}$  en los ejemplos comparativos estaban por debajo de 0 mvoltios. Por tanto, se ha demostrado que se obtiene excelente resistencia a la corrosión en los ejemplos de la invención. Por separado, se tomaron muestras de una probeta de 60 x 80 mm que incluía el cordón de soldadura, y se sometió el lado frontal como superficie de prueba a una prueba de corrosión cíclica con neblina salina neutra especificada en la norma en JIS H 8502 (1999). El número de ciclos fue de 3 ciclos. Después de la prueba, el cordón de soldadura se inspeccionó visualmente para determinar la presencia o ausencia de corrosión. Los resultados se describen en la tabla 2.

20 Estaba ausente corrosión en todos los ejemplos de la invención, mientras que se observó corrosión en todos los ejemplos comparativos. Por tanto, se ha demostrado que los cordones de soldadura en los ejemplos de la invención presentaron excelente resistencia a la corrosión.

Los n.ºs 1 a 3 en la tabla 1 muestran que el contenido de Si en el intervalo de la invención garantiza buena resistencia a la corrosión en las soldaduras.

25 A partir de los n.ºs 4 y 13, se ha demostrado que el contenido de Cr en el intervalo de la invención proporciona buena resistencia a la corrosión en las soldaduras. A partir de los n.ºs 6 y 8, se logra buena resistencia a la corrosión en las soldaduras cuando el contenido de Mo está en el intervalo de la invención. A partir de los n.ºs 5 a 7, se ha demostrado que el contenido de Al en el intervalo de la invención garantiza buena resistencia a la corrosión en las soldaduras. Los n.ºs 8 y 9 muestran que el contenido de V en el intervalo de la invención proporciona buena resistencia a la corrosión en las soldaduras.

30 A partir de los n.ºs 10 a 12, se ha demostrado que se obtiene buena resistencia a la corrosión en las soldaduras

cuando el contenido de Nb y Ti está en los intervalos de la invención. Los n.<sup>os</sup> 4, 5, 11 y 13 a 18 muestran que el contenido de Cu, Zr, W, REM, Co y B en los intervalos de la invención proporciona buena resistencia a la corrosión en las soldaduras.

- 5 En n.<sup>o</sup> 19, el contenido de Si estaba fuera del rango de la invención. El n.<sup>o</sup> 20 no satisfizo los intervalos de la invención del contenido de Si y el valor S. En el n.<sup>o</sup> 21, el contenido de Al y el valor S no satisficieron los intervalos de la invención. Los n.<sup>os</sup> 22 a 24 no satisficieron los intervalos de la invención en ninguno del contenido de V, el contenido de Nb y el contenido de Ti, así como en el valor N. En el n.<sup>o</sup> 25, el valor N estaba fuera del rango de la invención.

**[Aplicabilidad industrial]**

- 10 Los aceros inoxidables ferríticos obtenidos en la presente invención son adecuados para aplicaciones en las que se fabrican estructuras soldando, por ejemplo, aplicaciones tales como componentes del sistema de escape de automóviles incluyendo tubos de escape, materiales de lata para almacenamiento de agua caliente para calentadores de agua eléctricos, y materiales de construcción tales como accesorios, aberturas de ventilación y conductos.

15

**REIVINDICACIONES**

1. Acero inoxidable ferrítico que consiste en, en % en masa, C: del 0,001 al 0,030%, Si: de más del 0,3 al 0,55%, Mn: del 0,05 al 0,50%, P: no más del 0,05%, S: no más del 0,01%, 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 0,08 al 1,2%, V: del 0,02 al 0,50%, Cu: menos del 0,1%, Nb: del 0,005 al 0,50%, Ti: del 0,05 al 0,50%, y N: del 0,001 al 0,030%, opcionalmente, en % en masa, uno o más seleccionados de Zr: no más del 1,0%, W: no más del 1,0%, REM: no más del 0,1%, Co: no más del 0,3% y B: no más del 0,1%, siendo el resto Fe e impurezas inevitables, satisfaciendo el acero inoxidable ferrítico las siguientes ecuaciones (1) y (2):

$$0,6 \leq \text{Si} + \text{Al} + \text{Ti} \leq 1,8 \dots (1)$$

$$10 \quad \text{Nb} + 1,3\text{Ti} + 0,9\text{V} + 0,2\text{Al} > 0,55 \dots (2)$$

en las que los símbolos químicos en las expresiones representan el contenido (% en masa) de los respectivos elementos.

FIG. 1

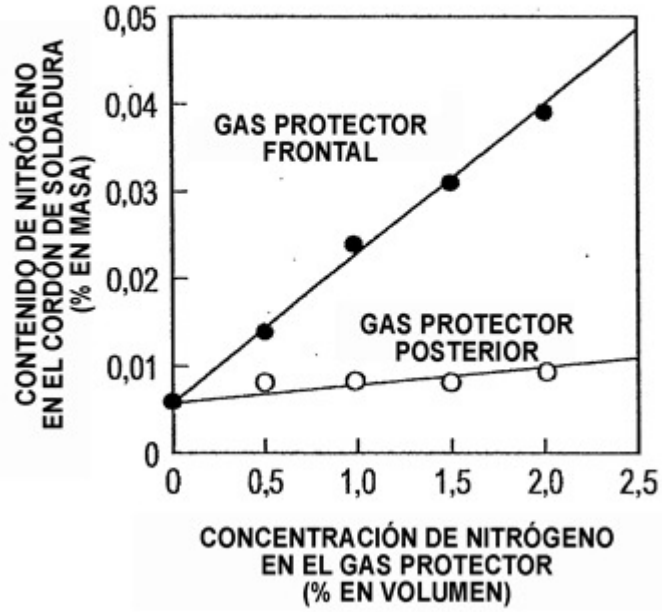


FIG. 2

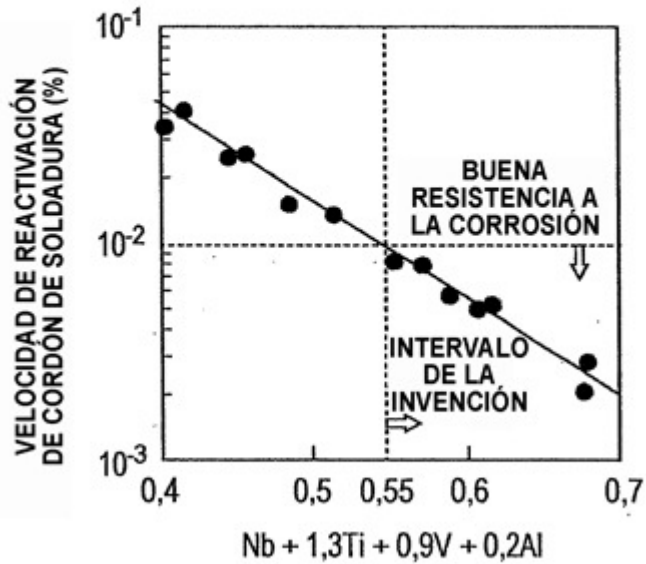


FIG. 3

