

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 633 019**

51 Int. Cl.:

B23K 35/30	(2006.01)	C22C 38/46	(2006.01)
C22C 38/58	(2006.01)	C22C 38/48	(2006.01)
G21C 5/00	(2006.01)	G21C 13/032	(2006.01)
B23K 35/34	(2006.01)		
B23K 35/00	(2006.01)		
B23K 35/02	(2006.01)		
C22C 38/00	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)		
C22C 38/04	(2006.01)		
C22C 38/44	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.05.2012 PCT/JP2012/062090**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **22.11.2012 WO12157542**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.05.2012 E 12786088 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.04.2017 EP 2708310**

54 Título: **Material de soldadura y unión de soldadura**

30 Prioridad:

13.05.2011 JP 2011107863

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

18.09.2017

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071, JP**

72 Inventor/es:

**OSUKI, TAKAHIRO;
TAKEDA, KIYOKO;
YOKOYAMA, TETSUO;
ANADA, HIROYUKI y
TOYODA, MASATOSHI**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 633 019 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

Material de soldadura y unión de soldadura

5 Campo técnico

La presente invención se relaciona con el uso de un material de soldadura y a una unión de soldadura. Más particularmente, se relaciona con una unión de soldadura de un acero inoxidable austenítico que tiene resistencia a la ruptura por soldadura, especialmente una unión de soldadura de un acero inoxidable austenítico excelente en resistencia a la ruptura por soldadura, cuya unión es adecuada para un miembro estructural usado en ambientes acuosos de alta temperatura o un material de núcleo tal como una cubierta.

Antecedentes de la técnica

15 Los aceros inoxidables SUS310 son altamente resistentes a la corrosión y tienen una mayor capacidad de trabajo y propiedades mecánicas que los aceros inoxidables SUS316 y los aceros inoxidables SUS304 y, por lo tanto, han sido usados, por ejemplo, como elementos estructurales usados en entornos acuosos de alta temperatura en plantas nucleares y similares.

20 El Documento de Patente 1 divulga un acero inoxidable que está provisto de una excelente resistencia a la corrosión intergranular mediante la adición de Nb y/o V al acero inoxidable SUS310 y no sólo se usa para un elemento estructural usado en ambientes acuosos de alta temperatura en una planta de energía nuclear, pero también es adecuado como un material de núcleo tal como una cubierta.

25 Por otra parte, para usar un material tal como un miembro estructural o similares en una planta de energía nuclear, la soldadura es esencial, y es indispensable que defectos tales como rupturas de soldadura no ocurran en una parte de la unión de soldadura.

30 El Documento de Patente 2 divulga una unión de soldadura de acero inoxidable SUS310 excelente en la resistencia a la ruptura por corrosión por tensión, y un material de soldadura.

También, los Documentos sin Patente 1 y 2 describen la ruptura por solidificación y la ruptura por recalentamiento en una parte de la unión de soldadura.

35 Lista de documentos de la técnica anterior

Documentos de Patente

40 Documento de Patente 1: WO 2010/110003 A
Documento de Patente 2: JP 2006-183082 A

Documento sin Patente

45 Documento sin Patente 1: Kazutoshi Nishimoto, Shogo Natsume, Kazuhiro Ogawa y Osa Matsumoto: "Welding of Stainless Steels", Sanpou Shuppan, p.86

Documento sin Patente 2: Kazuyuki Saida, Yuki Nomoto, Akira Taniguchi, Masashi Sakamoto y Kazutoshi Nishimoto: Quarterly Journal of the Japan Welding Society, 2010, PP. 61-71

50 Divulgación de la invención

Problemas a ser resueltos por la invención

55 El acero inoxidable SUS310 divulgado en el Documento de Patente 1 es adecuado para un miembro estructural y un material de núcleo en una planta de energía nuclear. Sin embargo, el Documento de Patente 1 no describe el material de soldadura usado para soldar y las condiciones de control de soldadura del acero inoxidable.

60 En particular, en el acero inoxidable SUS310 divulgado en el Documento de Patente 1, el equivalente de Cr/ equivalente de Ni es relativamente bajo para el acero inoxidable SUS316, y la austenita funciona como un equilibrio de componentes estable. Por lo tanto, tal como se describió en el Documento son Patente 1, a medida que la composición de metal de soldadura se acerca a la composición de metal de base en la que el equivalente de Cr/equivalente de Ni es bajo, puede ser probable que ocurran rupturas de soldadura tales como rupturas por solidificación y rupturas por recalentamiento en una unión de soldadura.

65 Además, puesto que Nb y/o V se añaden además del hecho de que el grano es una solución sólida reforzada por altos contenidos de Cr y Ni, también es posible que, también en el metal de soldadura, durante el procedimiento de

solidificación o el procedimiento de recalentamiento en el tiempo de soldadura de paso múltiple, los carbo-nitruros son propensos a precipitarse desde el grano interior y a endurecerse, y aumenta la susceptibilidad a la ruptura por recalentamiento.

5 Por lo tanto, el estudio del material de soldadura y las condiciones de control de soldadura para prevenir rupturas de soldadura, que se lleva a cabo para usar el acero inoxidable SUS310 excelente en resistencia a la corrosión intergranular divulgado en el Documento de Patente 1 como una estructura soldada, tiene mucho sentido.

10 Además, en el Documento de Patente 2, puesto que Nb o V no se añaden al metal base a soldar, no se considera en absoluto el problema con respecto a la ruptura por recalentamiento.

15 Con respecto a la ruptura por recalentamiento en la que el límite de grano del metal de soldadura obtenido por soldadura no resiste la tensión térmica causada por el ciclo de soldadura de la siguiente capa y se desliza como un resultado, el Documento sin Patente 2 describe que la disminución en contenidos de P y S, que son elementos de impureza, es efectiva para la aleación 690, que causa la solidificación completa de la austenita. Sin embargo, el Documento sin Patente 2 no describe en absoluto el método para prevenir la ruptura por recalentamiento en el metal de soldadura en el que la porción granular se refuerza porque los carbo-nitruros se precipitan a partir de la porción granular debido al contenido de Nb o V.

20 Por consiguiente, un objetivo de la presente invención es proporcionar una unión de soldadura en la que un acero inoxidable SUS310 excelente en resistencia a la corrosión intergranular, que contiene Nb y/o V, es un metal base y no se producen rupturas de soldadura, y un material de soldadura que es adecuado para producir la unión de soldadura.

25 Medios para resolver los problemas

30 Los presentes inventores realizaron estudios de la unión de soldadura capaz de prevenir no sólo la ruptura por solidificación sino también la ruptura por recalentamiento de un acero inoxidable SUS310 que tiene una proporción baja de equivalente de Cr/equivalente de Ni y caracterizado por contener Nb y / o V, y a manera de resultado se obtuvieron los hallazgos descritos a continuación.

35 (A) Tal como se describe en el Documento sin Patente 1 también, con el fin de evitar la ruptura por solidificación en la soldadura de un acero inoxidable austenítico, es efectivo para aumentar el equivalente de Cr/equivalente de Ni de metal de soldadura y para cristalizar y precipitar ferrita.

(B) Dado que la ferrita tiene un gran límite de solución sólida de P, S y similares, por cristalización de ferrita en la etapa de solidificación, se reduce la segregación de solidificación de los elementos que causan la fragilización, y manera de resultado, se puede reducir la segregación del límite de grano.

40 (C) Al mismo tiempo, incluso si la porción granular se refuerza mediante la precipitación de carbo-nitruros de Nb o V, mediante regulación de una cantidad adecuada o más de ferrita para permanecer en los límites de grano, se relaja la tensión térmica dada por el ciclo térmico de soldadura de la siguiente capa por la ferrita de frontera de grano, y la resistencia de deslizamiento del límite de grano se mejora, de manera que se puede prevenir la ruptura por recalentamiento.

45 (D) Con el fin de evitar la ruptura por solidificación y la ruptura por recalentamiento, es importante asegurar una cantidad predeterminada de ferrita en el metal de soldadura después de la terminación de la solidificación en el momento de la soldadura del paso de raíz. Por consiguiente, a continuación, los presentes inventores realizaron estudios de un material de soldadura para obtener la unión de soldadura que satisface las condiciones anteriores y a manera de resultado se obtuvieron los hallazgos descritos a continuación.

50 (E) Con el fin de conseguir una excelente capacidad de trabajo de soldadura, es necesario el material de soldadura capaz de prevenir la ruptura por solidificación y el recalentamiento, incluso en el caso en que la proporción del metal de base que fluye hacia el metal de soldadura sea 70% o más.

55 (F) Al aumentar la cantidad de Cr en el material de soldadura de manera que sea más alta que la del metal base y definiendo la cantidad de Ni para satisfacer la Fórmula (I), se puede obtener un material de soldadura capaz de prevenir la ruptura por solidificación y recalentamiento:

60
$$5 \leq \text{Ni} \leq \text{Cr} - 14 \dots (I)$$

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

La presente invención se realizó en base a los hallazgos descritos anteriormente, e incluye el uso de un material de soldadura como se definió en la reivindicación 1 y una unión de soldadura como se definió en una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4.

5 Efectos ventajosos de la invención

De acuerdo con la presente invención, se puede obtener de manera estable una unión de soldadura de un acero inoxidable austenítico excelente en resistencia a la corrosión intergranular y resistencia a la ruptura por soldadura. Por lo tanto, la unión de soldadura obtenida mediante el uso del metal base y el material de soldadura de acuerdo con la presente invención es adecuada para un material estructural soldado usado como un tubo PLR (tubo del sistema de recirculación del bucle primario) o un material del núcleo tal como una cubierta, que tienen riesgos de daños por corrosión en los límites de grano en una planta de energía nuclear.

15 Modo para llevar a cabo la invención

1. Composición química del metal base

La composición química de un acero inoxidable austenítico que forma un metal base de la unión de soldadura de la presente invención consiste, en porcentaje en masa, en C: 0.02% o menos, Si: 0.01 a 0.5%, Mn: 0.01 a 2%, Cr: 24 a 26%, Ni: 18 a 22%, Mo: más de 0.10% y menos de 0.50%, N: más de 0.04% y 0.15% o menos, P: 0.02% o menos, y S: 0.002% o menos, y uno o dos elementos de Nb: 0.30% o menos y V: 0.40% o menos, y el equilibrio de Fe e impurezas.

Las impurezas a las que se hace referencia aquí indican las sustancias que contaminan materiales metálicos durante el procedimiento de fabricación industrial, derivadas de las materias primas tales como minerales y chatarra, y diversos otros factores.

La razón para restringir el contenido de cada elemento es como se describe a continuación. El símbolo "%" con respecto al contenido de cada elemento en la siguiente explicación indica "por ciento en masa".

30 C: 0.02% o menos

Se usa C (carbono) para desoxidar un acero y para asegurar la resistencia de un acero. Sin embargo, desde el punto de vista de la resistencia a la corrosión, el contenido de C debe ser lo más bajo posible para prevenir la precipitación de los carburos. Por lo tanto, el contenido de C es 0.02% o menos. El contenido de C es preferiblemente 0.015% o menos. Teniendo en cuenta la desoxidación y la seguridad de la resistencia del acero, y la precipitación de los carburos, el contenido de C es más preferiblemente 0.005% o más y 0.010% menos.

40 Si: 0.01 a 0.5%

Se usa Si (silicio) para desoxidar un acero. En el acero de la presente invención, el contenido de Si es 0.01% o más. Sin embargo, si el Si está contenido excesivamente, se promueve la formación de inclusiones, de modo que es deseable que el contenido de Si sea bajo. Por lo tanto, el contenido de Si es 0.01 a 0.5%. El contenido de Si es preferiblemente 0.15% o más y 0.3% menos.

45 Mn: 0.01 a 2%

Mn (manganeso) es un elemento que es efectivo en la desoxidación de un acero y la estabilización de una fase de austenita, y cuando 0.01% o más de Mn está contenido, los efectos se logran. Por otro lado, Mn forma sulfuros junto con S, y los sulfuros forman inclusiones no metálicas. Además, cuando un material de acero es soldado, Mn se concentra preferentemente sobre la superficie de una zona de soldadura, que disminuye así la resistencia a la corrosión del material de acero. Por lo tanto, el contenido de Mn es 0.01 a 2%. El límite inferior de contenido de Mn es deseablemente 0.30%, y más deseablemente 0.40%. También, el límite superior de contenido de Mn es deseablemente 0.80%

55 Cr: 24 a 26%

Cr (cromo) es un elemento indispensable para mantener la resistencia a la corrosión del acero. Si el contenido de Cr es inferior al 24%, no se puede alcanzar una resistencia a la corrosión suficiente. Por otra parte, en el entorno de uso asumido para el acero de la presente invención, el contenido de Cr de hasta 26% es suficiente, y si el contenido de Cr es excede el 26%, la capacidad de trabajo disminuye, y además se plantea un problema en términos de costo en cuanto a un acero práctico y la estabilización de la fase austenita. Por lo tanto, el contenido de Cr es del 24 al 26%.

65

Ni: 18 a 22%

5 Ni (níquel) es un elemento que es importante para estabilizar una fase de austenita y mantener la resistencia a la corrosión. Desde el punto de vista de la resistencia a la corrosión, se debe contener 18% o más de Ni. Por otra parte, en la presente invención en la que el contenido de Cr es del 24 al 26%, si el contenido de Ni aumenta y excede el 22%, la capacidad de soldadura disminuye. Por lo tanto, desde el punto de vista de la capacidad de soldadura, el límite superior de contenido de Ni es del 22%.

10 Mo: más de 0.10% y menos de 0.50%

10 Mo (molibdeno) tiene una acción para restringir la sensibilización, y esta acción se puede producir cuando el contenido es más de 0.10%. Sin embargo, si el contenido de Mo aumenta a 0.50% o más, el efecto descrito anteriormente se satura, lo que conduce simplemente a un aumento en el costo. Por lo tanto, el contenido de Mo es más de 0.10% y menos de 0.50%. El límite superior preferible de contenido de Mo es 0.40%.

15 N: más de 0.04% y 0.15% o menos

20 N (nitrógeno) es un elemento importante en la presente invención. Al contener N, se puede mejorar la resistencia del acero y, además, aumentar el contenido de N, no sólo los carbo-nitruros de Nb y/o V, que inmovilizan C en una porción granular, sino también nitruros que pueden inmovilizar Cr en una porción granular, por lo que la sensibilización puede ser restringida. Con el fin de lograr tales efectos, debe contener más de 0.04% de N. Sin embargo, si el contenido de N se vuelve excesivo y sobre todo excede el 0.15%, se favorece la precipitación de nitruros de Cr no sólo a partir de la porción granular sino también del límite de grano y disminuye la resistencia a la corrosión intergranular. Por lo tanto, el contenido de N es más de 0.04% y 0.15% o menos. El límite inferior de contenido de N es preferiblemente 0.05%, y más preferiblemente 0.07%. Además, el límite superior del mismo es preferiblemente 0,13%.

P: 0.02% o menos

30 P (fósforo) es un elemento contenido como una impureza. Si el contenido aumenta y especialmente supera 0.02%, se produce la fragilización del límite del grano, y también se deteriora la resistencia a la corrosión. Además, para el acero inoxidable austenítico de la presente invención, el Cr se inmoviliza como nitrato principalmente en la porción granular, y se restringe la sensibilización del límite del grano. También, la resistencia transgranular se incrementa mediante la promoción de la precipitación de nitruros en la porción granular, de manera que especialmente en el caso en que el contenido de P es más de 0.02%, la diferencia de resistencia entre la porción granular y el límite de grano fragilizado por la segregación de P se hace grande, y la sensibilidad a la ruptura en la zona afectada por el calor de soldadura también se incrementa. Por lo tanto, el contenido de P debe restringirse a 0.02% o menos. El contenido de P es preferiblemente 0.015% o menos.

40 S: 0.002% o menos

45 S (azufre) es un elemento contenido como una impureza. Si el contenido aumenta y especialmente supera 0.002%, se produce la fragilización del límite del grano, y también se deteriora la resistencia a la corrosión. Además, para el acero inoxidable austenítico de la presente invención, el Cr se inmoviliza como nitrato principalmente en la porción granular, y se restringe la sensibilización del límite del grano. Además, la resistencia transgranular se incrementa mediante la promoción de la precipitación de nitruros en la porción granular, de manera que especialmente en el caso en que el contenido de S es más de 0.002%, la diferencia de resistencia entre la porción granular y el límite de grano fragilizado por la segregación de S se hace grande, y la sensibilidad a la ruptura en la zona afectada por el calor de soldadura también se incrementa. Por lo tanto, el contenido S debe restringirse al 0.002% o menos. El contenido de S es preferiblemente 0.001% o menos.

Nb, V: uno o dos elementos de Nb: 0.30% o menos y V: 0.40% o menos

55 Nb (niobio) y V (vanadio) son también elementos importantes en la presente invención. Al contener uno o dos tipos de estos elementos, se promueve la precipitación de carbo-nitruros de Nb o V. En el caso en el que ambos Nb y V están contenidos, también se promueve la precipitación de Cr (Nb, V) N. Por lo tanto, tanto los nitruros de Cr (Nb, V)N como Cr₂N, en los que uno o más elementos de Nb y V están parcialmente disueltos, pueden precipitarse en la porción granular y la solubilidad en la porción granular de C y Cr es disminuida, por lo que la sensibilización puede ser restringida.

60 Sin embargo, si estos elementos están contenidos excesivamente, específicamente, si más de 0.30% de Nb o más de 0.40% de V está contenido, en cualquiera de los casos, no sólo se favorece la precipitación de nitruros de Cr desde el límite de grano y por lo tanto se puede deteriorar la resistencia a la corrosión intergranular, pero también se puede aumentar notablemente la sensibilidad a la ruptura en la zona de calor afectada por la de soldadura. Por lo tanto, para los contenidos de Nb y V, el contenido de Nb es 0.30% o menos y el contenido de V es 0.40% o menos.

65

Más preferiblemente, los límites superiores de contenido de Nb y contenido de V son respectivamente 0.26% y 0.35%.

5 Los Nb y V descritos anteriormente pueden estar contenidos solos o de manera compuesta. En el caso en el que cada uno de estos elementos está contenido solo para conseguir el efecto de reducir la concentración de Cr en la porción granular provocada por la precipitación de nitruros de Cr, cada uno de los límites inferiores de contenido de Nb y contenido de V se ajusta preferiblemente a 0.01%.

10 En el caso de que Nb y V estén contenidos de manera compuesta, si el contenido total excede 0.6%, se favorece la precipitación de nitruros de Cr del límite de grano y se deteriora a veces la resistencia a la corrosión intergranular. Por lo tanto, el límite superior del contenido total es preferiblemente 0,6%.

15 Además, en el caso donde Nb y V están contenidos de manera compuesta, el límite inferior del contenido total de Nb y V es preferiblemente 0.01%.

2. Composición química del material de soldadura

20 El material de soldadura de la presente invención que se usa cuando el metal base está soldado tiene una composición química que consiste, en porcentaje en masa, en C: 0.02% o menos, Si: 2% o menos, Mn: 2% o menos, Cr: 26 a 50%, N: 0.15% o menos, P: 0.02% o menos, S: 0.002% o menos, y Ni: y un contenido que satisface la Fórmula (I), y el equilibrio de Fe e impurezas:

$$5 \leq \text{Ni} \leq \text{Cr} - 14 \dots (I)$$

25 donde cada símbolo del elemento en la Fórmula (I) representa el contenido (% en masa) de cada elemento contenido en el material de soldadura.

C: 0.02% o menos

30 Desde el punto de vista de la resistencia a la corrosión, el contenido de C debe ser lo más bajo posible para prevenir la precipitación de los carburos. Además, puesto que C es un elemento estabilizador de austenita, el contenido de C en el material de soldadura debe ser lo más bajo posible. Por lo tanto, el contenido de C en el material de soldadura es 0.02% o menos. El contenido de C es preferiblemente 0.015% o menos.

35 Si: 2% o menos

40 Si se usa para la desoxidación en el momento de la soldadura. Además, Si es un elemento efectivo para mejorar la estabilidad de la ferrita. Sin embargo, si Si está contenido excesivamente, la sensibilidad a la ruptura de solidificación del metal de soldadura se incrementa. Por lo tanto, el contenido de Si es 2% o menos. El contenido de Si es preferiblemente 1.5% o menos. Con el fin de la desoxidación en el momento de la soldadura, el contenido de Si es preferiblemente 0.15% o más.

Mn: 2% o menos

45 Mn está contenido con el propósito de desoxidación y alta resistencia. Sin embargo, si el contenido de Mn es excesivamente alto, la austenita se estabiliza y la cristalización de la ferrita se restringe. Por lo tanto, se impone un límite superior, y el contenido de Mn es 2% o menos. El contenido de Mn es preferiblemente 1% o menos. Con el propósito de desoxidación y alta resistencia, el contenido de Mn es preferiblemente 0.2% o más.

50 Cr: 26 a 50%

55 El Cr es un elemento indispensable para mantener la resistencia a la corrosión. El material de soldadura de la presente invención tiene una característica tal que el contenido de Cr del mismo es igual o mayor que el del metal base. Además, el Cr es un elemento estabilizador de ferrita, y el mayor contenido de Cr es efectivo en la prevención de rupturas de soldadura. A partir de estos hechos, es necesario contener 26% o más de Cr. Por otra parte, si el contenido aumenta y especialmente excede 50%, la capacidad de manipulación del alambre del material de soldadura disminuye. Por lo tanto, el contenido de Cr es 26 a 50%. El contenido de Cr es preferiblemente 27% o más y 40% menos.

60 N: 0.15% o menos

65 N es un elemento efectivo para mejorar la resistencia y resistencia a la corrosión. Sin embargo, puesto que N es un elemento estabilizador de austenita, si N está contenido excesivamente, la sensibilidad a la ruptura de soldadura aumenta. Por lo tanto, el contenido de N es 0.15% o menos. El contenido de N es preferiblemente 0.1% o menos, más preferiblemente 0.08% o menos. Con el fin de mejorar de manera estable la resistencia y resistencia a la corrosión, el contenido de N es preferiblemente 0.03% o más.

P: 0.02% o menos

5 P es un elemento de impureza, y también es un elemento que aumenta la sensibilidad de la ruptura de soldadura. Por esta razón, es deseable disminuir el contenido de P en la medida de lo posible; sin embargo, una disminución extrema en el contenido de P conduce a un aumento en el costo. Por lo tanto, el contenido de P es 0.02% o menos. Preferiblemente, el contenido de P es 0.015% o menos.

S: 0.002% o menos

10 Al igual que P, S es un elemento de impureza, y es también un elemento que aumenta la sensibilidad de la ruptura de soldadura. Por esta razón, es deseable disminuir el contenido de S tanto como sea posible; sin embargo, una disminución extrema en el contenido de S conduce a un aumento en el costo. Por lo tanto, el contenido de S es 0.002% o menos. Preferiblemente, el contenido de S es 0.001% o menos.

15 Ni: 5% o más y (Cr-14) % o menos

20 Ni es un elemento que mejora la estabilidad estructural y la resistencia a la corrosión. Por otro parte, Ni es un potente elemento estabilizador de austenita, y aumenta la sensibilidad a la ruptura de soldadura. Sin embargo, si se impone un límite superior al contenido de Ni, y el contenido de Ni satisface la Fórmula (I) indicada anteriormente en relación con el contenido de Cr, se pueden suprimir rupturas de soldadura. Una disminución excesiva del contenido de Ni provoca el deterioro de la resistencia a la sensibilización causada por la disminución de la energía de falla de apilamiento y conduce a una disminución de la estabilidad estructural y resistencia. Por lo tanto, el límite inferior del contenido de Ni es preferiblemente 5%.

25 Uno de los materiales de soldadura de la presente invención es un material de soldadura que contiene elementos del C anteriormente descrito a través de Ni, siendo el equilibrio Fe e impurezas.

30 Las impurezas a las que se hace referencia aquí indican las sustancias que contaminan materiales metálicos durante el procedimiento de fabricación industrial, derivadas de materias primas tales como minerales y chatarra, y diversos otros factores.

35 Otro de los materiales de soldadura de la presente invención es un material de soldadura que contiene, en lugar de parte de Fe, uno o más elementos seleccionados de Mo, Nb, V y REM que tienen los contenidos descritos a continuación.

Mo: 1% o menos

40 Mo se puede contener según sea necesario debido a que tiene una acción para restringir la sensibilización. Sin embargo, si el contenido de Mo supera y excede 1%, la precipitación de la fase sigma se induce a alta temperatura. Por lo tanto, el contenido de Mo, si está contenido, es 1% o menos. El límite superior preferible de contenido de Mo es 0.5%. En el caso en el que se desee conseguir de forma estable el efecto provocado por Mo, se contiene preferiblemente 0.10% o más de Mo, y se contiene más preferiblemente 0.15% o más de Mo.

Nb: 0.5% o menos y V: 1% o menos

45 Puesto que Nb y V tienen una acción para restringir la sensibilización producida por la formación de nitruros de Cr, se puede contener ya sea uno o ambos Nb y V según sea necesario. Sin embargo, si el contenido de Nb y el contenido de V exceden 0.5% y 1%, respectivamente, y se precipita una gran cantidad de nitruros de Cr, se promueve el refuerzo de la matriz y se aumenta notablemente la sensibilidad a la ruptura por recalentamiento en el metal de soldadura. También, en el caso donde ambos Nb y V estén contenidos, si el valor calculado por $(2 \times Nb + V)$ excede 1%, se produce un notable incremento en la sensibilidad a la ruptura por recalentamiento en el metal de soldadura. Por lo tanto, en el caso en que ambos de Nb y V están contenidos, la Fórmula (II) necesita ser satisfecha. El límite superior preferible del lado izquierdo de la Fórmula (II) es 0.7%. En el caso donde es deseable alcanzar de manera estable el efecto descrito anteriormente provocado por Nb y/o V, el valor del límite inferior del lado izquierdo de la Fórmula (II) es preferiblemente 0.1% y es más preferiblemente 0.15%:

$$2xNb+V \leq 1 \dots (II)$$

60 donde cada símbolo del elemento en la Fórmula (II) representa el contenido (% en masa) de cada elemento contenido en el material de soldadura.

REM: 0.05% o menos

65 REM (metal de tierras raras) tiene una acción para inmovilizar un elemento que aumenta la sensibilidad a la ruptura por recalentamiento, tal como S o P, en la porción granular. Por lo tanto, con el fin de lograr el efecto de suprimir la ruptura por recalentamiento en el metal de soldadura, el REM puede estar contenido según sea necesario. Sin

embargo, si el contenido de REM se vuelve excesivo y especialmente excede 0.05%, se aumenta la sensibilidad a la ruptura por solidificación en el metal de soldadura. Por lo tanto, el contenido de REM, si está contenido, es 0.05% o menos. El límite superior preferible del contenido de REM es 0.03%. En el caso en el que se desee conseguir de manera estable el efecto provocado por REM, preferiblemente está contenido 0.01% o más de REM y se contiene más preferiblemente 0.015% o más de REM.

REM es el término general de un total de 17 elementos que consisten en Sc, Y y lantánidos. El contenido de REM indica el contenido total de los elementos anteriormente descritos.

La forma del material de soldadura usado en la presente invención no está sujeta a ninguna restricción especial, y se puede usar un alambre sólido, un alambre con núcleo de fundente, un anillo de inserto y similares usados para el GTAW ordinario, GMAW y similares.

3. Composición química del metal soldado

La composición química de un metal de soldadura formado por el uso del metal base que tiene la composición química descrita en el artículo 1 y el material de soldadura que tiene la composición química descrita en el artículo 2 se determina por la proporción de entrada del metal base y el material de soldadura. Por lo tanto, en la unión de soldadura de la presente invención, la porción de paso de raíz del metal de soldadura tiene una composición química que consiste, en porcentaje en masa, en C: 0.02% o menos, Si: 0.06 a 1.6%, Mn: 0.08 a 2%, Cr: 24.5 a 45%, Ni: 12 a 25%, Mo: 0.1 a 0.9%, N: 0.035 a 0.15%, P: 0.02% o menos, y S: 0.002% o menos, y uno o dos elementos de Nb: 0.005 a 0.3% y V: 0.005 a 0.3%, y el equilibrio de Fe e impurezas.

Entre los elementos descritos anteriormente, en particular, el contenido de C es preferiblemente 0.015% o menos. Además, el contenido de Si es preferiblemente 0.15% o más y 1.3% o menos. El contenido de Mn es preferiblemente 0.3% o más y 1% o menos. El contenido de Cr es preferiblemente 25% o más y 35% o menos. El contenido de Ni es preferiblemente 22% o menos. El contenido de Mo es preferiblemente 0.12% o más y 0.5% o menos. El contenido de N es preferiblemente 0.045% o más y 0.11% o menos. El contenido de Nb es preferiblemente 0.01% o más, y el contenido de V es preferiblemente 0.01% o más.

A continuación, la presente invención se explica más específicamente con referencia a ejemplos. La presente invención no está limitada a estos ejemplos.

Ejemplo 1

Se fundieron dos tipos de aceros inoxidable austeníticos que tenían cada uno las composiciones químicas mostradas en la Tabla 1, se forjaron en caliente, se laminaron en caliente y se sometieron a tratamiento térmico en solución sólida a 1060°C. Posteriormente, se prepararon las piezas de ensayo para el ensayo de ruptura por soldadura de retención que tienen un espesor de 12 mm, una anchura de 50 mm y una longitud de 100 mm, en la que una ranura de tipo U que tiene un radio de raíz r de 1.5 mm, una cara de raíz b de 1.5 mm y un ángulo de ranura θ de 40° en el No. 14349 del documento JIS Z3001-1 (2008) y una ranura de tipo V que tiene una cara de raíz b de 1 mm y un ángulo de ranura θ de 60° en el No. 14343. Mediante el uso de las piezas de ensayo para el ensayo de ruptura por soldadura de restricción obtenido como se ha descrito anteriormente, se sometió la periferia de la misma a soldadura de restricción sobre una placa de acero comercialmente disponible de SM400C especificada en el documento JIS G3106 (2008) que tiene un espesor de 25 mm, una anchura de 200 mm y una longitud de 200 mm mediante el uso de un electrodo cubierto de ENi6182 especificado en el documento JIS Z3224 (2010).

[Tabla 1]

Tabla 1

Metal base	Composición química (en % en masa. equilibrio: Fe e impurezas)										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Nb	V	Mo	N
I	0.009	0.21	0.49	0.009	0.001	24.60	19.20	0.05	0.10	0.30	0.10
II	0.007	0.21	0.49	0.011	0.001	24.30	19.70	0.09	-	0.33	0.08

Posteriormente, se realizó la soldadura TIG de paso de raíz en las ranuras mediante el uso de cuatro tipos de materiales de soldadura de carretes de 1.2 mm de diámetro dados en la Tabla 2. La entrada de calor se ajustó de 7.2 a 10.8 kJ/cm y se cambió la rata de alimentación del material de soldadura en el intervalo de 316 a 700 mm/min.

ES 2 633 019 T3

Posteriormente, se dejó aproximadamente una mitad de la longitud de la zona de soldadura de paso de raíz, y la porción restante se sometió a soldadura multipaso bajo la condición de entrada de calor de 7.2 kJ/cm. En ese momento, se controló la temperatura de paso a paso de modo que fuera 150°C o inferior.

- 5 Después de la soldadura descrita anteriormente, a partir de cada una de las piezas de ensayo, se ensayaron tres especímenes de ensayo para observar la microestructura del corte transversal de una unión en la que se había realizado la soldadura de paso de raíz y se probaron tres especímenes de ensayo de la misma a partir de una porción en la que se había realizado la soldadura multipaso. Al corte transversal se le hizo pulimiento de espejo y después se sometió a grabado electrolítico con ácido crómico. A continuación, se observó la presencia de rupturas bajo un microscopio óptico que tenía un aumento de x500. Se cree que una ruptura encontrada en la porción en la que sólo se había realizado la soldadura de paso de raíz fue una ruptura por solidificación, y se cree que una ruptura encontrada en la porción en la que se había realizado la soldadura multipaso era una ruptura por recalentamiento. También, se sometió a análisis EPMA y se cuantificó la porción central de metal de soldadura muestreado de la porción en la que sólo se había realizado la soldadura de paso de raíz, con lo que se midió la composición del metal de soldadura. Estos resultados se muestran en las Tablas 3 y 4.

[Tabla 2]

Tabla 2

Material de soldadura	Composición química (en % en masa, equilibrio: Fe e impurezas)											
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Nb	V	Mo	N	REM [†]
A	0.009	0,20	0.48	0.008	0.001	32.20	11.25	-	-	-	0.08	-
B	0.008	0.22	0.49	0.008	0.001	32.10	10.46	0.05	0.10	0.31	0.08	-
C	0.008	0.20	0.51	0.006	0.001	31.50	10.82	-	-	-	0.08	0.013
D	0.011	0.23	0.50	0.026*	0.001	27.25	17.23*	-	-	-	0.10	-

*indica que la composición química no satisface el intervalo definido por la presente invención.
† REM corresponde a La + Ce.

[Tabla 3]

Tabla 3

Metal base	Material de soldadura	Metal soldado No.	Forma de ranura	Entrada de calor	Rata de alimentación	Ruptura por solidificación	Ruptura por recalentamiento	
I	A	A1	Tipo U	7.2 kJ	316	0 / 3	0 / 3	Ejemplos de la invención
					mm/min			
		A2	Tipo U	7.2 kJ	490	0 / 3	0 / 3	
					mm/min			
	A3	Tipo U	7.2 kJ	700	0 / 3	0 / 3		
				mm/min				
	A4	Tipos V	10.8 kJ	490	0 / 3	0 / 3		
				mm/min				
B	B1	Tipos V	10.8 kJ	490 mm/min	0 / 3	0 / 3		
C	C1	Tipo V	10.8 kJ	316 mm/min	0 / 3	0 / 3		

ES 2 633 019 T3

	D*	D1	Tipo U	7.2 kJ	490 mm/min	1 / 3	2 / 3	Ejemplos comparativos
		D2	Tipo U	7.2 kJ	490 mm/min	1 / 3	2 / 3	
		D3	Tipo U	7.2 kJ	700 mm/min	0 / 3	2 / 3	
		D4	Tipo V	10.8 kJ	490 mm/min	0 / 3	1 / 3	
II	A	A5	Tipos V	10.8 kJ	490 mm/min	0 / 3	0 / 3	Ejemplos de la invención
	B	B2	Tipos V	10.8 kJ	490 mm/min	0 / 3	0 / 3	
	D*	D5	Tipo U	7.2 kJ	490 mm/min	0 / 3	3-Feb	Ej. Comp.
* indica que la composición química no satisface el intervalo definido por la presente invención.								

[Tabla 4]

Tabla 4

Metal base	Material de soldadura	Metal soldado No.	Posición de la composición química (en % en masa, equilibrio : Fe e impurezas)												
			C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Nb	V	Mo	N	REMT	
I	A	A1	0.009	0.21	0.49	0.008	0.001	26.54	17.17	0.04	0.07	0.22	0.09	-	
		A2	0.009	0.21	0.49	0.008	0.001	27	16.69	0.03	0.07	0.21	0.09	-	
		A3	0.009	0.21	0.49	0.007	0.001	28.08	15.56	0.03	0.05	0.16	0.09	-	
		A4	0.009	0.20	0.48	0.006	0.001	30.03	13.52	0.01	0.03	0.09	0.09	-	
	B	B1	0.008	0.22	0.49	0.008	0.001	29.93	12.99	0.05	0.1	0.31	0.09	-	
	C	C1	0.008	0.2	0.50	0.007	0.001	29.43	13.33	0.02	0.03	0.09	0.09	0.010	
	D*	D1	0.009	0.21	0.49	0.012	0.001	25.03	18.88	0.04	0.08	0.25	0.1	-	
	D2	0.009	0.21	0.49	0.013	0.001	25.21	18.75	0.04	0.08	0.23	0.1	-		
	D3	0.010	0.22	0.49	0.0014	0.001	25.45	18.57	0.03	0.07	0.2	0.1	-		
	D4	0.011	0.23	0.50	0.023	0.001	25.71	18.23	0.01	0.02	0.06	0.1	-		
	A	A5	0.008	0.20	0.48	0.009	0.001	29.91	13.70	0.03	-	0.1	0.08	-	
	B	B2	0.008	0.22	0.49	0.009	0.001	29.84	13.14	0.06	0.07	0.32	0.08	-	
	D*	D5	0.010	0.22	0.50	0.022	0.001	26.39	17.95	0.03	-	0.1	0.09	-	

* Indica que la composición química no satisface el intervalo definido por la presente invención.

† REMI corresponde a La + Ce.

5 El valor numérico en las columnas de ruptura por solidificación y ruptura por recalentamiento en la Tabla 3 representa el número de especímenes de prueba en las que se encontró la ocurrencia de ruptura/se observó microscópicamente el número de especímenes de prueba cuyos cortes transversales. Con respecto a la evaluación de los ensayos de ruptura realizados en esta observación, se hizo aceptable el metal de soldadura en el que se encontró la ocurrencia de al menos un rompimiento y se aceptó el metal de soldadura en el que no se encontró la ocurrencia de grieta.

10 Cuando los materiales de soldar A a C en los que se usó la composición química que cumplía la definición de la presente invención, en cualquier pieza de ensayo no se produjo ni ruptura por solidificación ni ruptura por recalentamiento en el metal de soldadura independientemente de las condiciones de soldadura, mientras que cuando se usó la composición química desviada de la definición de la presente invención, en todas las piezas de ensayo se encontró una ruptura de soldadura en el metal de soldadura.

15 Como es evidente a partir de lo anterior, mediante el uso de un material de soldadura que tiene una composición química apropiada, se puede obtener una unión de soldadura que tiene una excelente resistencia a la ruptura por solidificación y resistencia a la ruptura por recalentamiento.

20 Capacidad de aplicación industrial

25 Debido a que se tiene excelente resistencia a la corrosión intergranular y resistencia a la ruptura por soldadura son, la unión de soldadura que usa el material de soldadura para un acero inoxidable austenítico de la presente invención es adecuada para un material estructural soldado que se usa como una tubería de PLR o material de núcleo tal como una cubierta, que tiene riesgos de daños por corrosión en los límites de grano en una planta de energía nuclear.

REIVINDICACIONES

1. Uso de un material de soldadura para la soldadura de un acero inoxidable austenítico que tiene una composición química que consiste, en porcentaje en masa, en C: 0.02% o menos, Si: 0.01 a 0.5%, Mn: 0.01 a 2%, Cr: 24 a 26%, Ni: 18 a 22%, Mo: más de 0.10% y menos de 0.50%, N: más de 0.04% y 0.15% o menos, P: 0.02% o menos, y S: 0.002% o menos, y uno o dos elementos de Nb: 0.30% o menos y V: 0.40% o menos, el límite inferior del contenido total de Nb y V que es 0.01%, y el balance de Fe e impurezas, en el que

la composición química del material de soldadura consiste, en porcentaje en masa, en C: 0.02% o menos, Si: 2% o menos, Mn: 2% o menos, Cr: 26 a 50%, N: 0.15% o menos, P: 0.02% o menos, S: 0.002% o menos, Ni: un contenido que satisface la Fórmula (I), y opcionalmente uno o más elementos seleccionados de Mo: 1% o menos, Nb: 0.5% o menos, V: 1% o menos, y REM: 0.05% o menos, y el equilibrio de Fe e impurezas, y satisface la Fórmula (II):

$$5 \leq \text{Ni} \leq \text{Cr} - 14 \dots (I)$$

$$2.3 \text{ Nb} + \text{V} \leq 1 \dots (II)$$

donde cada símbolo del elemento en las fórmulas (I) y (II) representa el contenido (% en masa) de cada elemento contenido en el material de soldadura.

2. Una unión de soldadura que consiste en un metal base de un acero inoxidable austenítico y un metal de soldadura formado mediante el uso de un material de soldadura,

consistiendo dicho metal base, en porcentaje en masa, en C: 0.02% o menos, Si: 0.01 a 0.5%, Mn: 0.01 a 2%, Cr: 24 a 26%, Ni: 18 a 22%, Mo: más de 0.10% y menos de 0.50%, N: más de 0.04% y 0.15% o menos, P: 0.02% o menos, y S: 0.002% o menos, y uno o dos elementos de Nb: 0.30% o menos y V: 0.40% o menos, el límite inferior del contenido total de Nb y V que es 0.01%, y el equilibrio de Fe e impurezas,

consistiendo dicho metal base, en porcentaje en masa, en C: 0.02% o menos, Si: 2% o menos, Mn: 2% o menos, Cr: 26 a 50%, N: 0.15% o menos, P: 0.02% o menos, S: 0.002% o menos, Ni: un contenido que satisface la Fórmula (I), y opcionalmente uno o más elementos seleccionados de Mo: 1% o menos, Nb: 0.5% o menos, V: 1% o menos, y REM: 0.05% o menos, y el equilibrio de Fe e impurezas, y satisface la Fórmula (II):

$$5 \leq \text{Ni} \leq \text{Cr} - 14 \dots (I)$$

$$2 \times \text{Nb} + \text{V} \leq 1 \dots (II)$$

donde cada símbolo del elemento en las fórmulas (I) y (II) representa el contenido (% en masa) de cada elemento contenido en el material de soldadura.

3. La unión de soldadura de acuerdo con la reivindicación 2, en la que una porción de paso de raíz del metal de soldadura tiene una composición química que consiste, en porcentaje en masa, en C: 0.02% o menos, Si: 0.06 a 1.6%, Mn: 0.08 a 2%, Cr: 24.5 a 45%, Ni: 12 a 25%, Mo: 0.1 a 0.9%, N: 0.035 a 0.15%, P: 0.02% o menos, y S: 0.002% o menos, y uno o dos elementos de Nb: 0.005 a 0.3% y V: 0.005 a 0.3%, y el equilibrio de Fe e impurezas.

4. La unión de soldadura de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, en la que

la unión de soldadura forma un material estructural soldado, siendo dicho material estructural soldado un tubo de PLR o un material de núcleo tal como una cubierta de una planta de energía nuclear del tipo de agua en ebullición.