

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 605 847**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00 (2006.01)

C21D 6/00 (2006.01)

C22C 30/00 (2006.01)

C22C 38/58 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.06.2012 PCT/JP2012/065733**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.12.2012 WO12176802**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.06.2012 E 12802967 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.09.2016 EP 2725113**

54 Título: **Método para producir acero inoxidable austenítico y material de acero inoxidable austenítico**

30 Prioridad:

24.06.2011 JP 2011140283

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.03.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

UEYAMA, MASAKI

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 605 847 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

Método para producir acero inoxidable austenítico y material de acero inoxidable austenítico

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a acero inoxidable austenítico y a un método para producir un material de acero inoxidable austenítico, y más particularmente a acero inoxidable austenítico usado en el entorno corrosivo de una planta química o similar, y a un método para producir un material de acero inoxidable austenítico.

10 **Antecedentes en la técnica**

Se requiere que el material de acero usado en una planta química tenga una excelente resistencia a la corrosión así como resistencia. En particular, en una planta de urea que es una de las plantas químicas, se requieren resistencia a alta temperatura y resistencia a la corrosión por ácido nítrico. En una planta de urea, la urea se produce generalmente mediante el siguiente método. Una mezcla gaseosa que contiene amoníaco y dióxido de carbono se condensa a una presión elevada de 130 kg/cm² o superior en un intervalo de temperatura elevado de 160 a 230 °C. En ese momento, se produce urea mediante reacción de síntesis. Dado que la urea se produce a alta temperatura y alta presión como se ha descrito anteriormente, se requiere que los materiales de acero usados en las plantas de urea tengan una excelente resistencia a alta temperatura.

En el proceso de producción de urea descrito anteriormente, se produce además un producto intermedio denominado carbamato de amonio. La capacidad de corrosión del carbamato de amonio es muy elevada. Se conoce generalmente que la corrosión por carbamato de amonio correlaciona con la corrosión por ácido nítrico. Por lo tanto, se requiere que los materiales de acero para las plantas de urea tengan no solo resistencia a alta temperatura sino también una excelente resistencia a la corrosión por ácido nítrico.

El acero inoxidable austenítico tipificado por SUS316, SUS317 y similar en la Norma JIS tiene una excelente resistencia a la corrosión. Por lo tanto, estos tipos de acero inoxidable austenítico se usan como materiales de acero para plantas.

Con el objetivo de mejorar adicionalmente la resistencia y la resistencia a la corrosión del acero inoxidable austenítico indicado anteriormente, se proponen las siguientes técnicas.

El documento de Patente JP10-88289A (Documento de Patente 1) propone acero austenítico de Cr-Mn excelente en resistencia y resistencia a la corrosión. En el Documento de Patente 1, los granos de cristal del acero austenítico de Cr-Mn se ultrarrefinan, y el tamaño medio de grano es 1 µm o menos. El Documento de Patente 1 indica que se obtiene de ese modo un acero austenítico de Cr-Mn que tiene una elevada resistencia y una excelente resistencia a la corrosión.

El documento de Patente JP6-256911A (Documento de Patente 2) propone un acero inoxidable austenítico excelente en resistencia a la corrosión por ácido nítrico incluso después de trabajo en frío. En el Documento de Patente 2, se controlan los contenidos de Ni, Mn, C, N, Si y Cr en el acero. El Documento de Patente 2 indica que de ese modo se suprime la producción de martensita mediante transformación inducida por tensión después del trabajo en frío, y se obtiene una excelente resistencia a la corrosión por ácido nítrico.

El documento de Patente JP2005-509751A (Documento de Patente 3) propone acero inoxidable ultraaustenítico que tiene una excelente resistencia a la corrosión. En el Documento de Patente 3, está contenido Cu así como Cr, Ni, Mo y Mn. El Documento de Patente 3 indica que por contener las cantidades correctas de estos elementos, se obtiene una excelente resistencia a la corrosión.

Sin embargo, el acero inoxidable austenítico que se desvela en cada uno de los Documentos de Patente 1 a 3 a veces no puede proporcionar suficiente resistencia a alta temperatura mientras mantiene la resistencia a la corrosión por ácido nítrico.

"Sandvik 2RE69", en: Ed. J. R. Davis: "Alloy Digest Sourcebook: Stainless Steels", 2000, ASM International, Materials Park, Ohio 44073-0002, ISBN: 0-87170-649-0, páginas 61-62 desvela un acero inoxidable austenítico que consiste en un 0,020 % máximo de carbono, un 0,4 % máximo de silicio, un 1,7 % de manganeso, un 0,015 % máximo de fósforo, un 0,010 % máximo de azufre, un 25 % de cromo, un 22 % de níquel, un 2,1 % de molibdeno, un 0,12 % de nitrógeno y el resto de hierro que tiene un límite elástico (0,2 % de compensación) de 200 MPa a 200 °C y 190 MPa a 250 °C y una tasa de corrosión en ácido nítrico al 65 % a ebullición (120 °C) de 0,1 mm/a. Kvarnbaeck, Bengt: "2RE69 and 3R60 urea grade Sandvik specialties to prevent urea plant corrosion", Chemical Age of India, vol. 25, 1 enero de 1974 (1974-01-01), páginas 337-342 desvela que la misma aleación tiene un límite elástico de 196 MPa a 230 °C.

El documento de Patente JP 9-184013 desvela una placa fundida de forma continua de un acero inoxidable

austenítico, que tiene una composición que consiste en $\leq 0,02$ % de C, $\leq 0,4$ % de Si, $\leq 2,0$ % de Mn, $\leq 0,02$ % de P, $\leq 0,015$ % de S, un 19-22,5 % de Ni, un 24-26 % de Cr, un 1,9-2,3 % de Mo, un 0,10-0,14 % de N, y el resto de Fe con impurezas inevitables, que se somete a laminado intermedio con un 20-60 % de conicidad, se calienta a 1230-1270 °C durante ≥ 4 h, se enfría, se calienta nuevamente, se lamina en el espesor de placa prescrito, se calienta adicionalmente a 1030-1100 °C durante ≥ 10 min, y a continuación se enfría en agua.

Divulgación de la invención

Un objetivo de la presente invención es proporcionar acero inoxidable austenítico que tenga resistencia a alta temperatura y una excelente resistencia a la corrosión por ácido nítrico.

El acero inoxidable austenítico de acuerdo con la presente invención consiste en, en porcentaje en masa, C: como máximo un 0,050 %, Si: de un 0,01 a un 1,00 %, Mn: de un 1,75 a un 2,50 %, P: como máximo un 0,050 %, S: como máximo un 0,0100 %, Ni: de un 20,00 a un 24,00 %, Cr: de un 23,00 a un 27,00 %, Mo: de un 1,80 a un 3,20 %, y N: de un 0,130 a un 0,180 %, opcionalmente al menos un tipo seleccionado entre un grupo que consiste en Ca: como máximo un 0,0100 %; Mg: como máximo un 0,0100 %; y metal de tierra rara (REM): como máximo un 0,200 %, siendo el resto Fe e impurezas, en el que el número de tamaño de grano de los granos de cristal basado en la norma JIS G0551 (2005) es al menos 6,0, y la fracción de área de fase σ en el acero es como máximo un 0,1 %, y, el límite elástico a 230 °C es al menos 220 MPa, y la tasa de corrosión en un ensayo de corrosión con ácido nítrico al 65 % de conformidad con la norma JIS G0573 (1999) es como máximo 0,085 g/m²/h, definiéndose el límite elástico como una deformación elástica de un 0,2 %.

El acero inoxidable austenítico de acuerdo con la presente invención tiene mayor resistencia a la temperatura y una excelente resistencia a la corrosión por ácido nítrico.

De acuerdo con la presente invención un método para producir un material de acero inoxidable austenítico comprende una etapa de preparar un material de partida que consiste en, en porcentaje en masa, C: como máximo un 0,050 %, Si: de un 0,01 a un 1,00 %, Mn: de un 1,75 a un 2,50 %, P: como máximo un 0,050 %, S: como máximo un 0,0100 %, Ni: de un 20,00 a un 24,00 %, Cr: de un 23,00 a un 27,00 %, Mo: de un 1,80 a un 3,20 %, y N: de un 0,130 a un 0,180 %, opcionalmente al menos un tipo seleccionado entre un grupo que consiste en Ca: como máximo un 0,0100 %, Mg: como máximo un 0,0100 %, y metal de tierra rara (REM): como máximo un 0,200 %, siendo el resto Fe e impurezas, una etapa de someter el material de partida a trabajo en caliente para producir un material de acero, y una etapa de llevar a cabo un tratamiento en solución a una temperatura de solución de 1050 a 1100 °C durante un período de tiempo de espera de 1 a 5 minutos, para el material de acero.

El material de acero inoxidable austenítico producido mediante el método de producción de acuerdo con la presente invención tiene una alta resistencia a la temperatura, y una excelente resistencia a la corrosión por ácido nítrico.

Mejor modo de realizar la invención.

En lo sucesivo en el presente documento, se describirá una realización de la presente invención con detalle. En la siguiente descripción, el "%" de contenidos de los elementos significa porcentaje en masa.

El presente inventor ha realizado un estudio concerniente a la alta resistencia a la temperatura y resistencia a la corrosión por ácido nítrico del acero inoxidable austenítico. Como resultado, el presente inventor ha obtenido el siguiente descubrimiento.

(A) Con el fin de obtener mayor resistencia a la temperatura, está contenido un 1,75 % o más de Mn. Mn se disuelve en el acero, y mejora la resistencia a alta temperatura del acero. Además, incluso si estuviera contenido Mn, es menos probable que se reduzca la resistencia a la corrosión por ácido nítrico del acero. Por lo tanto, con el fin de obtener una mayor resistencia a la temperatura y una excelente resistencia a la corrosión por ácido nítrico, Mn es eficaz.

(B) Si los granos de cristal se refinan, se mejora la resistencia a alta temperatura y la resistencia a la corrosión por ácido nítrico del acero inoxidable austenítico. Más específicamente, si el número de tamaño de grano de los granos de cristal basado en la norma JIS G0551 (2005) es 6,0 o mayor, se obtienen una resistencia a alta temperatura y una resistencia a la corrosión por ácido nítrico excelentes. Se ha de observar que en la presente descripción, se escribe el año de revisión en el paréntesis escrito al final de la Norma JIS.

(C) La fase sigma (denominada en lo sucesivo en el presente documento fase σ) reduce la resistencia a la corrosión por ácido nítrico. Por lo tanto, con el fin de obtener una excelente resistencia a la corrosión por ácido nítrico, se ha de suprimir la producción de fases σ . Cr y Mo se disuelven en el acero para mejorar la resistencia a alta temperatura del acero de forma similar al Mn. Sin embargo, Cr y Mo estimulan la producción de fases σ . Por lo tanto, en la presente invención, se suprimen el contenido de Cr y el contenido de Mo. Más específicamente, se fija que el límite superior del contenido de Cr es un 27,00 %, y se fija que el límite superior del contenido de Mo es un 3,20 %.

(D) Con el fin de suprimir la producción de fases σ , y para obtener una mayor resistencia a la temperatura, se fija que la temperatura de la solución en el tratamiento en solución es de 1050 a 1100 °C. Si la temperatura de la

solución es inferior a 1050 °C, se producen fases σ . Más específicamente, la fracción de área de las fases σ en el acero excede de un 0,1 %. Como resultado, se reduce la resistencia a la corrosión por ácido nítrico. Por otra parte, si la temperatura de la solución excede de 1100 °C, se reduce la resistencia a alta temperatura. Si la composición química se ajusta basándose en los apartados (A) y (C) descritos anteriormente, y se fija la temperatura de la solución para que sea de 1050 a 1100 °C, se mejoran la resistencia a alta temperatura y la resistencia a la corrosión por ácido nítrico del acero inoxidable austenítico producido. Más específicamente, el límite elástico a 230 °C se hace 220 MPa o más, y la tasa de corrosión en un ensayo de corrosión con ácido nítrico al 65 % de conformidad con la norma JIS G0573 (1999) se hace 0,085 g/m²/h o menos.

Basándose en el descubrimiento anterior, el presente inventor ha completado la presente invención. En lo sucesivo en el presente documento, se describirá el acero inoxidable austenítico de acuerdo con la presente invención.

[Composición química]

El acero inoxidable austenítico de acuerdo con la presente invención tiene la siguiente composición química.

C: como máximo un 0,050 %

El carbono (C) se combina con Cr para formar un carburo de Cr. Los carburos de Cr precipitan en los límites de grano, y mejoran la resistencia a alta temperatura del acero. Sin embargo, si el C está contenido en exceso, se forma una zona reducida en Cr en la vecindad de los límites de grano. La zona reducida en Cr reduce la resistencia a la corrosión por ácido nítrico del acero. Por lo tanto, el contenido de C es como máximo un 0,050 %. El límite inferior del contenido de C no se fija especialmente, y si el contenido de C es un 0,002 % o más, el efecto descrito anteriormente se obtiene de forma notable. El límite superior del contenido de C es preferentemente menos de un 0,050 %, y más preferente es un 0,030 %. Un límite inferior mucho más preferente del contenido de C es un 0,010 %.

Si: de un 0,01 a un 1,00 %

El silicio (Si) desoxida el acero. El Si mejora además la resistencia a la oxidación del acero. Sin embargo, si el Si está contenido en exceso, el Si se segrega en los límites de grano. El Si segregado reacciona con los lodos de combustión que contienen cloruros y de ese modo se produce corrosión intergranular. Si el Si está contenido en exceso, se reducen además propiedades mecánicas tales como la ductilidad del acero. Por lo tanto, el contenido de Si es de un 0,01 a un 1,00 %. El límite inferior del contenido de Si es preferentemente mayor de un 0,01 %, más preferentemente es un 0,10 %, y mucho más preferentemente es un 0,20 %. El límite superior del contenido de Si es preferentemente menos de un 1,00 %, es más preferentemente un 0,40 %, y es mucho más preferentemente un 0,30 %.

Mn: de un 1,75 a un 2,50 %

El manganeso (Mn) se disuelve en el acero, y mejora la resistencia a alta temperatura del acero. Además, incluso si está contenido Mn, es menos probable que se produzca resistencia a la corrosión por ácido nítrico del acero. Por lo tanto, el Mn es eficaz en mejorar la resistencia a alta temperatura mientras que mantiene la resistencia a la corrosión por ácido nítrico del acero. Además, el Mn desoxida el acero. Además, el Mn es un elemento formador de austenita, y estabiliza las fases de austenita en la matriz. Además, el Mn se combina con S en el acero para formar MnS y mejora la trabajabilidad en caliente del acero. Sin embargo, si el Mn está contenido en exceso, la trabajabilidad y la soldabilidad del acero se reducen. Por lo tanto, el contenido de Mn es de un 1,75 a un 2,50 %. El límite inferior del contenido de Mn es preferentemente mayor de un 1,75 %, es más preferentemente un 1,85 %, y es mucho más preferentemente un 1,90 %. El límite superior del contenido de Mn es preferentemente menos de un 2,50 %, es más preferentemente un 2,30 %, y es mucho más preferentemente un 2,00 %.

P: como máximo un 0,050 %

El fósforo (P) es una impureza. El P reduce la soldabilidad y la trabajabilidad del acero. Por lo tanto, cuanto menor sea el contenido de P, mejor. El contenido de P es como máximo un 0,050 %. El límite superior del contenido de P es preferentemente menos de un 0,050 %, es más preferentemente como máximo un 0,020 %, y es mucho más preferentemente como máximo un 0,015 %.

S: como máximo un 0,0100 %

El S (azufre) es una impureza. El S reduce la soldabilidad y la trabajabilidad del acero. Por lo tanto, cuanto menor sea el contenido de S, mejor. El contenido de S es como máximo un 0,0100 %. El límite superior del contenido de S es preferentemente menor de un 0,0100 %, es más preferentemente un 0,0020 %, y es mucho más preferentemente un 0,0012 %.

Ni: de un 20,00 a un 24,00 %

El níquel (Ni) es un elemento formador de austenita, y estabiliza las fases de austenita en la matriz. Además, el Ni mejora la resistencia a alta temperatura y la resistencia a la corrosión por ácido nítrico del acero. Sin embargo, si el Ni está contenido en exceso, el límite de disolución del N disminuye para reducir la resistencia a la corrosión por ácido nítrico del acero al contrario debido a la reducción en resistencia y a la precipitación de nitruros. Por lo tanto, el contenido de Ni es de un 20,00 a un 24,00 %. El límite inferior del contenido de Ni es preferentemente mayor de un 20,00 %, es más preferentemente un 21,00 %, y es mucho más preferentemente un 22,00 %. El límite superior del contenido de Ni es preferentemente menos de un 24,00 %, es más preferentemente un 23,00 %, y es mucho más preferentemente un 22,75 %.

10 Cr: de un 23,00 a un 27,00 %

El cromo (Cr) mejora la resistencia a la corrosión por ácido nítrico del acero. Además, el Cr se disuelve en el acero para mejorar la resistencia a alta temperatura del acero. Sin embargo, si el Cr está contenido en exceso, precipitan fases σ en el acero, y se reduce la resistencia a la corrosión por ácido nítrico del acero. La fase σ reduce además la soldabilidad y la trabajabilidad del acero. Por lo tanto, el contenido de Cr es de un 23,00 a un 27,00 %. El límite inferior del contenido de Cr es preferentemente mayor de un 23,00 %, es más preferentemente un 24,00 %, y es mucho más preferentemente un 24,50 %. El límite superior del contenido de Cr es preferentemente menos de un 27,00 %, es más preferentemente un 26,00 %, y es mucho más preferentemente un 25,50 %.

20 Mo: de un 1,80 a un 3,20 %

El molibdeno (Mo) reduce la resistencia a la corrosión por ácido nítrico del acero. Además, el Mo se disuelve en el acero para mejorar la resistencia a alta temperatura del acero. Sin embargo, si el Mo está contenido en exceso, precipitan fases σ en el acero, y se reduce la resistencia a la corrosión por ácido nítrico del acero. La fase σ reduce además la soldabilidad y la trabajabilidad del acero. Por lo tanto, el contenido de Mo es de un 1,80 a un 3,20 %. El límite inferior del contenido de Mo es preferentemente mayor de un 1,80 %, es más preferentemente un 1,90 %, y es mucho más preferentemente un 2,00 %. El límite superior del contenido de Mo es preferentemente menos de un 3,20 %, es más preferentemente un 2,80 %, y es mucho más preferentemente un 2,50 %.

30 N: de un 0,130 a un 0,180 %

El nitrógeno (Ni) es un elemento formador de austenita, y estabiliza las fases de austenita en la matriz. Además, el nitrógeno forma nitruros finos que refinan los granos de cristal, y mejora la resistencia a alta temperatura del acero. Además, el nitrógeno también tiene el efecto de estabilizar la película superficial, y mejora la resistencia a la corrosión por ácido nítrico. Sin embargo, si el N está contenido en exceso, se producen nitruros en exceso, se reduce de ese modo la trabajabilidad en caliente del acero, y se reduce además la resistencia a la corrosión por ácido nítrico. Por lo tanto, el contenido de N es de un 0,130 a un 0,180 %. El límite superior del contenido de N es preferentemente menos de un 0,180 %, es más preferentemente un 0,170 %, y es mucho más preferentemente un 0,160 %.

40 El resto del acero inoxidable austenítico de acuerdo con la presente invención es hierro e impurezas. Las impurezas se refieren a elementos que entran en los minerales y restos que se usan como materias primas del acero, el entorno del proceso de producción, o similar.

45 [Tamaño de grano]

En el acero inoxidable austenítico de acuerdo con la invención, el número de tamaño de grano de los granos de cristal que se mide para que se produzca corrosión con el uso de aproximadamente un 20 % de una solución acuosa de ácido nítrico basado en la norma JIS G0551 (2005) es 6,0 o mayor. Si el número de tamaño de grano es 6,0 o mayor, el acero inoxidable austenítico tiene una resistencia a alta temperatura excelente mientras que mantiene la resistencia a la corrosión por ácido nítrico.

[Fracción de área de fase sigma]

55 En el acero inoxidable austenítico de acuerdo con la presente invención, la fracción de área de la fase sigma (denominada en lo sucesivo en el presente documento fase σ) del acero es como máximo un 0,1 %. Aquí, la fracción de área de la fase σ se calcula mediante el siguiente método.

Se extrae una muestra para observación microscópica de un punto arbitrario de un material de acero inoxidable austenítico. La superficie de la muestra extraída se pule mecánicamente, y se graba al agua fuerte. En la superficie de la muestra grabada al agua fuerte, se observan arbitrariamente seis campos visuales con el uso de una lente de 400 aumentos incluyendo 20 x 20, 400 redes en total con un microscopio óptico. La región de observación de cada uno de los campos visuales es 225 μm^2 . Se cuenta el número de fases σ que existen en los puntos de red en cada uno de los campos visuales, y el valor obtenido por división del número de las fases σ existentes en los puntos de red en los campos visuales por el número total de puntos de red de los seis campos visuales (2400 puntos) se define como la fracción de área de la fase σ (en %).

En la presente invención, la fracción de área de la fase σ en el acero es como máximo un 0,1 %. Por lo tanto, el acero inoxidable austenítico de acuerdo con la presente invención tiene una excelente resistencia a la corrosión por ácido nítrico. Cuando el acero que tiene la composición química mencionada anteriormente se produce mediante un método de producción que se describirá posteriormente, la fracción de área de la fase σ se vuelve como máximo un 0,1 %. La fracción de área de la fase σ es preferentemente menos de un 0,05 %, y es más preferentemente como máximo un 0,01 %.

El acero inoxidable austenítico de la presente invención que tiene la composición anterior tiene una resistencia a alta temperatura y una resistencia a la corrosión por ácido nítrico excelentes. Más específicamente, la resistencia a alta temperatura a 230 °C del acero inoxidable austenítico de acuerdo con la presente invención es 220 MPa o más. El límite elástico mencionado en el presente documento se define como una deformación elástica de un 0,2 %. Además, la tasa de corrosión que se obtiene mediante un ensayo de corrosión con ácido nítrico al 65 % (ensayo de Huey) de conformidad con la norma JIS G0573 (1999) es como máximo 0,085 g/m²/h.

El contenido total de C y N es preferentemente un 0,145 % o más en la composición química mencionada anteriormente. En este caso, se mejora adicionalmente la resistencia a alta temperatura del acero inoxidable austenítico.

[Elemento selectivo]

El acero inoxidable austenítico de acuerdo con la presente invención contiene además uno o más tipos seleccionados entre un grupo que consiste en Ca, Mg y metal de tierra rara (REM). Todos estos elementos mejoran la trabajabilidad en caliente del acero.

Ca como máximo un 0,0100 %

El calcio (Ca) es un elemento selectivo. El Ca mejora la trabajabilidad en caliente del acero. Sin embargo, si el Ca está contenido en exceso, se reduce la limpieza del acero. Por lo tanto, se reducen la resistencia a la corrosión por ácido nítrico y la dureza del acero, y se reducen las propiedades mecánicas del acero. Por lo tanto, el contenido de Ca es como máximo un 0,0100 %. Si el contenido de Ca es un 0,0005 % o más, el efecto descrito anteriormente se obtiene de forma notable. El límite superior del contenido de Ca es preferentemente menos de un 0,0100 %, y es más preferentemente un 0,0050 %.

Mg: como máximo un 0,0100 %

El magnesio (Mg) es un elemento selectivo. El Mg mejora la trabajabilidad en caliente del acero. Sin embargo, si el Mg está contenido en exceso, se reduce la limpieza del acero. Por lo tanto, se reducen la resistencia a la corrosión por ácido nítrico y la dureza del acero, y se reducen las propiedades mecánicas del acero. Por lo tanto, el contenido de Mg es como máximo un 0,0100 %. Si el contenido de Mg es un 0,0005 % o más, el efecto descrito anteriormente se obtiene de forma notable. El límite superior del contenido de Mg es preferentemente menos de un 0,0100 %, y es más preferentemente un 0,0050 %.

Metal de tierra rara (REM): como máximo un 0,200 %

El metal de tierra rara (REM) es un elemento selectivo. El REM tiene una alta afinidad por el S. Por lo tanto, el REM mejora la trabajabilidad en caliente del acero. Sin embargo, si el REM está contenido en exceso, se reduce la limpieza del acero. Por lo tanto, se reducen la resistencia a la corrosión por ácido nítrico y la dureza del acero, y se reducen las propiedades mecánicas del acero. Por lo tanto, el contenido de REM es como máximo un 0,200 %. Si el contenido de REM es un 0,001 % o más, el efecto descrito anteriormente se obtiene de forma notable. El límite superior del contenido de REM es preferentemente menos de un 0,150 %, y es más preferentemente un 0,100 %.

REM es un nombre genérico de los elementos 17 que son del lantano (La) de número atómico 57 al lutecio (Lu) de número atómico 71 en la tabla periódica, a los que se añaden itrio (Y) y escandio (Sc). El contenido de REM significa el contenido total de uno o más tipos de estos elementos.

Cuando están contenidos dos tipos o más de Ca, Mg y REM, el contenido total de Ca, Mg y REM es preferentemente como máximo un 0,0150 %. En este caso, se obtiene una excelente trabajabilidad en caliente mientras se mantiene la resistencia a la corrosión por ácido nítrico del acero.

[Método de producción]

Se describirá un ejemplo de un método para producir un material de acero inoxidable austenítico de acuerdo con la presente invención.

El acero fundido que tiene la composición química mencionada anteriormente se produce mediante fusión en un alto horno u horno eléctrico. Se aplica un tratamiento de desgasificación bien conocido al acero fundido producido, según

sea necesario.

A continuación, se produce el material de partida a partir del acero fundido. Más específicamente, el acero fundido se conforma en materiales colados mediante un proceso de colado continuo. Los materiales colados son, por ejemplo, desbastes, palancones y palanquillas. Alternativamente, el acero fundido se conforma en lingotes mediante un proceso de formación de lingotes. El material de partida mencionado en la presente descripción es, por ejemplo, el material o lingote colado mencionado anteriormente. A continuación, el material de partida producido (el material o lingote colado) se somete a trabajo en caliente mediante un método bien conocido, y se conforma en un material de acero inoxidable austenítico. Algunos ejemplos de material de acero inoxidable austenítico incluyen tubos de acero (tubos sin uniones o tubos de acero soldados), placas de acero, barras de acero, varillas de alambre, acero forjado, y similar. El trabajo en caliente es, por ejemplo, laminado con rodillo perforado, laminado en caliente, forja en caliente, o similar. Para el material de acero inoxidable austenítico después del trabajo en caliente, se puede llevar a cabo un trabajo en frío tal como laminado en frío o estirado en frío.

Se lleva a cabo el tratamiento en solución para el material de acero inoxidable austenítico producido. La temperatura del tratamiento en solución (temperatura de la solución) es de 1050 a 1100 °C. Si la temperatura de la solución es menor de 1050 °C, se producen fases σ , y la fracción de área de la fase σ en el acero excede de un 0,1 %. Sin embargo, si la temperatura de la solución excede de 1100 °C, los granos de cristal se engrosan, y el número de tamaño de grano se hace menor de 6,0. Si la temperatura de la solución es de 1050 a 1100 °C, el número de tamaño de grano de los granos de cristal es 6,0 o mayor, y la fracción de área de la fase σ se hace como máximo un 0,1 %.

El período de tiempo de espera (remojo) a la temperatura de la solución es de un minuto a cinco minutos. En el tratamiento en solución, el acero se mantiene a la temperatura de la solución durante un período de tiempo predeterminado y, de ese modo, se enfría con mayor rapidez.

En el proceso anterior, se produce el acero inoxidable austenítico de acuerdo con la presente invención.

Ejemplos

Se produjo una pluralidad de tipos de materiales de acero inoxidable austenítico, y se examinaron la resistencia a alta temperatura y la resistencia a la corrosión por ácido nítrico de cada uno de los materiales de acero.

[Método de examen]

El acero inoxidable austenítico de cada prueba 1 a prueba 12 que tiene la composición química que se muestra en la Tabla 1 se fundió en un horno de vacío de calentamiento a alta frecuencia para producir lingotes.

[Tabla 1]

TABLA 1

Prueba	Composición química (en % en masa, siendo el resto Fe e impurezas)											Temperatura de la solución (°C)
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	N	Ca	REM(Nd)	
1	0,010	0,21	1,87	0,013	0,0010	22,30	24,72	2,09	0,155	-	-	1080
2	0,010	0,21	1,93	0,014	0,0009	22,64	24,52	2,17	0,158	0,0015	-	1080
3	0,012	0,29	1,99	0,019	0,0009	22,89	25,12	2,39	0,156	-	0,042	1090
4	0,010	0,20	1,74	0,014	0,0008	22,22	24,56	2,10	0,133	-	-	1120
5	0,006	0,24	1,53	0,019	0,0002	21,88	24,88	2,12	0,159	-	-	1080
6	0,010	0,23	1,86	0,017	0,0003	21,94	25,05	2,11	0,126	0,0018	-	1120
7	0,009	0,22	1,81	0,019	0,0011	21,96	24,95	2,11	0,151	0,0009	-	1030
8	0,011	0,20	1,81	0,018	0,0014	19,71	25,10	2,23	0,119	-	-	1050
9	0,013	0,19	1,78	0,018	0,0019	25,12	25,14	2,19	0,129	0,0009	-	1080
10	0,008	0,21	1,76	0,016	0,0012	23,12	25,03	2,09	0,098	0,0009	-	1080
11	0,015	0,18	1,83	0,018	0,0009	20,91	25,07	2,35	0,212	0,0017	-	1080
12	0,011	0,22	1,79	0,018	0,0007	21,89	24,87	2,09	0,144	0,0011	-	1000

En cada una de las columnas de los símbolos de los elementos respectivos (C, Si, Mn, P, S, Ni, Cr, Mo, N, Ca, REM) de la Tabla 1, está escrito el contenido (% en masa) del correspondiente elemento en el acero de cada una de las pruebas. El resto, excepto para los elementos descritos en la Tabla 1 de la composición química de cada una de las pruebas, es Fe e impurezas. En la Tabla 1, "-" indica que el correspondiente elemento está a nivel de impureza.

Las composiciones químicas de las pruebas 1 a 3, 7 y 12 están dentro del intervalo de la presente invención. Sin embargo, los contenidos de Mn de las pruebas 4 y 5 fueron menores que el límite inferior de contenido de Mn de la presente invención. El contenido de Ni de la prueba 8 fue menor que el límite inferior del contenido de Ni de la presente invención, y el contenido de Ni de la prueba 9 excedió el límite superior del contenido de Ni de la presente invención. El límite inferior del contenido de N de la prueba 10 fue menor que el límite inferior del contenido de N de la presente invención, y el contenido de N de la prueba 11 excedió el límite superior del contenido de N de la presente invención.

Los respectivos lingotes producidos se sometieron a forja en caliente, y laminado en caliente para producir un material intermedio. Además, el material intermedio se sometió a laminado en frío para producir placas de acero inoxidable austenítico de un espesor de 30 mm.

Para las placas de acero producidas, se llevó a cabo el tratamiento en solución a las temperaturas de solución que se muestran en la Tabla 1. Los períodos de tiempo de espera a las temperaturas de solución fueron de tres minutos en todas las pruebas. Después del lapso de período de tiempo de espera, las placas de acero se enfriaron rápidamente (enfriado en agua).

[Fracción de área de fase σ]

A partir de puntos arbitrarios de las placas de acero producidas en las respectivas pruebas, se extrajeron muestras para el ensayo de observación microscópica. Las superficies de las muestras extraídas se pulieron mecánicamente, y se grabaron al aguafuerte. En la superficie de la muestra grabada al aguafuerte, se observaron arbitrariamente seis campos visuales con el uso de una lente de 400 aumentos incluyendo 20 x 20, 400 redes en total con un microscopio óptico. La región de observación de cada uno de los campos visuales fue 225 μm^2 . Se contó el número de fases σ existentes en los puntos de red en cada uno de los campos visuales. El valor obtenido por división del número de recuentos de fases σ por el número total de puntos de red (2400 puntos) de los seis campos visuales se determinó como la fracción de área de la fase σ (en %).

[Ensayo de microscopio del tamaño de grano]

Se extrajeron especies de las placas de acero producidas en las pruebas respectivas. Con el uso de las especies, se llevó a cabo un ensayo de microscopio del tamaño de grano de conformidad con la norma JIS G0551 (2005), y se descubrieron los números de tamaño de grano de los granos de cristal austenítico de las respectivas pruebas.

[Ensayo de resistencia a alta temperatura]

A partir de las placas de acero producidas en las respectivas pruebas, se extrajeron especies de barra redonda cada una con un diámetro exterior en la parte paralela de 6 mm. Con el uso de las especies de barra redonda extraídas, se llevó a cabo un ensayo de tensión a alta temperatura de conformidad con la norma JIS G0567 (1998) para descubrir el límite elástico (MPa) de cada una de las pruebas. La temperatura de ensayo fue 230 °C. Además, se definió como límite elástico una deformación elástica de un 0,2 %.

[Ensayo de corrosión con ácido nítrico al 65 %]

Se llevó a cabo un ensayo de corrosión con ácido nítrico al 65 % (ensayo de Huey) de conformidad con la norma JIS G0573 (1999), y se examinó la resistencia a la corrosión por ácido nítrico de las placas de acero de cada una de las pruebas. Más específicamente, a partir de las placas de acero de cada una de las pruebas, se extrajo una especie de 40 mm x 10 mm x 2 mm. El área superficial de la especie fue 1000 mm^2 . Además, se preparó una solución de ensayo, siendo la concentración de ácido nítrico un 65 % en masa. Las especies se sumergieron en la solución de ensayo a ebullición durante 48 horas (primer ensayo de inmersión). Después de la finalización del ensayo, se preparó una nueva solución de ensayo, y se llevó a cabo el segundo ensayo de inmersión. Más específicamente, se sacaron las especies de la solución de ensayo que se había usado en el primer ensayo de inmersión, y las especies se sumergieron en la solución de ensayo para el segundo ensayo de inmersión durante 48 horas. Los ensayos de inmersión descritos anteriormente se realizaron repetidamente cinco veces (del primer ensayo al décimo ensayo).

Antes y después de los respectivos ensayos de inmersión (del primer ensayo al décimo ensayo), se midieron las masas de las especies, y se descubrieron las diferencias (pérdidas de masa). Basándose en las pérdidas de masa, se descubrieron, para cada uno de los ensayos de inmersión, las pérdidas de masa por área unitaria y tiempo unitario de las especies (denominadas en lo sucesivo el presente documento pérdidas de masa unitaria, en $\text{g/m}^2/\text{h}$). El valor medio de las pérdidas de masa unitaria de los cinco ensayos (del primer ensayo al quinto ensayo) que se descubrió se define como tasa de corrosión ($\text{g/m}^2/\text{h}$).

[Resultado del ensayo]

El resultado del ensayo se muestra en la Tabla 2.

5 [Tabla 2]

TABLA 2

Prueba	Fracción de área de fase sigma (%)	Número de tamaño de grano	Resistencia a alta temperatura (MPa)	Tasa de corrosión (g/m ² /h)
1	<0,01	6,3	225	0,057
2	<0,01	6,4	242	0,056
3	<0,01	6,9	245	0,059
4	<0,01	5,8	204	0,052
5	<0,01	6,2	203	0,057
6	<0,01	4,6	199	0,036
7	0,2	6,9	221	0,096
8	<0,01	6,3	201	0,091
9	<0,01	6,7	223	0,086
10	<0,01	5,9	191	0,089
11	<0,01	7,0	239	0,101
12	0,4	6,7	232	0,112

10 Por referencia a la Tabla 2, las composiciones químicas de las pruebas 1 a 3 estuvieron dentro del intervalo de la composición química de la presente invención, y las temperaturas de solución estuvieron dentro del intervalo de 1050 a 1100 °C. Por lo tanto, las fracciones de área de fase σ de las placas de acero inoxidable austenítico de las pruebas 1 a 3 fueron como máximo un 0,1 %, y los números de tamaño de grano fueron 6,0 o mayores. Por lo tanto, las resistencias a alta temperatura de las pruebas 1 a 3 fueron 220 MPa o más, y las tasas de corrosión de las mismas fueron como máximo 0,085 g/m²/h.

15 Sin embargo, el contenido de Mn de la prueba 4 fue menor que el límite inferior del contenido de Mn de la presente invención, y la temperatura de solución excedió de 1100 °C. Por lo tanto, el número de tamaño de grano de la prueba 4 fue menos de 6, 0, y la resistencia a alta temperatura de la misma fue menos de 220 MPa.

20 El contenido de Mn de la prueba 5 fue menor que el límite inferior del contenido de Mn de la presente invención. Por lo tanto, la resistencia a alta temperatura de la prueba 5 fue menos de 220 MPa.

25 La composición química de la prueba 6 estaba fuera del intervalo de la composición química de la presente invención. La temperatura de solución excedió de 1100 °C. Por lo tanto, el número de tamaño de grano de la prueba 6 fue menos de 6,0, y la resistencia a alta temperatura de la misma fue menos de 220 MPa.

30 Las composiciones químicas de las pruebas 7 y 12 estuvieron dentro del intervalo de la composición química de la presente invención, pero las temperaturas de solución fueron menos de 1050 °C. Por lo tanto, las fracciones de área de fase σ excedieron de un 0,1 %. Como resultado, las tasas de corrosión excedieron de 0,085 g/m²/h.

El contenido de Ni de la prueba 8 fue menor que el límite inferior del contenido de Ni de la presente invención. Por lo tanto, la resistencia a alta temperatura fue menos de 220 MPa, y la tasa de corrosión excedió de 0,085 g/m²/h.

35 El contenido de Ni de la prueba 9 excedió el límite superior del contenido de Ni de la presente invención. Por lo tanto, la tasa de corrosión excedió de 0,085 g/m²/h.

El contenido de N de la prueba 10 fue menor que el límite inferior del contenido de N de la presente invención. Por lo tanto, el número de tamaño de grano fue menor que 6,0. Por lo tanto, la resistencia a alta temperatura fue menos de 220 MPa, y la tasa de corrosión excedió de 0,085 g/m²/h.

40 El contenido de N de la prueba 11 excedió el límite superior del contenido de N de la presente invención. Por lo tanto, la tasa de corrosión excedió de 0,085 g/m²/h.

Se ha de observar que por referencia a las pruebas 1 a 3, 7 y 12, las fracciones de área de fase σ disminuyeron significativamente a medida que disminuyó la temperatura de solución. Cuando las temperaturas de solución fueron 1050 °C o superiores, las fracciones de área de fase σ fueron como máximo un 0,1 %.

- 5 La realización de la presente invención se ha descrito anteriormente, y la realización mencionada anteriormente es únicamente una ilustración para llevar a cabo la presente invención. Por lo tanto, la presente invención no se limita a la realización mencionada anteriormente, y la realización mencionada anteriormente se puede llevar a cabo modificándose de forma apropiada dentro del intervalo sin apartarse del ámbito de la presente invención que se define mediante las reivindicaciones.

10

Aplicabilidad industrial

La presente invención se puede aplicar ampliamente a materiales de acero que se requiere que tengan resistencia a alta temperatura y resistencia a la corrosión por ácido nítrico, y se puede aplicar, por ejemplo, a materiales de acero para plantas químicas. La presente invención es especialmente preferente para los materiales de acero para plantas de urea.

15

REIVINDICACIONES

1. Acero inoxidable austenítico que consiste en: en porcentaje en masa,

- 5 C: como máximo un 0,050 %;
Si: de un 0,01 a un 1,00 %;
Mn: de un 1,75 a un 2,50 %;
P: como máximo un 0,050 %;
S: como máximo un 0,0100 %;
10 Ni: de un 20,00 a un 24,00 %;
Cr: de un 23,00 a un 27,00 %;
Mo: de un 1,80 a un 3,20 %; y
N: de un 0,130 a un 0,180 %,
opcionalmente al menos un tipo seleccionado entre un grupo que consiste en Ca: como máximo un 0,0100 %;
15 Mg: como máximo un 0,0100 %; y metal de tierra rara (REM): como máximo un 0,200 %,

siendo el resto Fe e impurezas,

en la que el número de tamaño de grano de los granos de cristal basado en la norma JIS G0551 (2005) es al menos 6,0, y

- 20 la fracción de área de la fase σ es como máximo un 0,1 %, y,
el límite elástico a 230 °C es al menos 220 MPa, y la tasa de corrosión en un ensayo de corrosión con ácido nítrico al 65 % de conformidad con la norma JIS G0573 (1999) es como máximo 0,085 g/m²/h, definiéndose el límite elástico como una deformación elástica de un 0,2 %.

- 25 2. Método para producir un material de acero inoxidable austenítico, que comprende:

- una etapa de preparar un material de partida que consiste en, en porcentaje en masa, C: como máximo un 0,050 %, Si: de un 0,01 a un 1,00 %, Mn: de un 1,75 a un 2,50 %, P: como máximo un 0,050 %, S: como máximo un 0,0100 %, Ni: de un 20,00 a un 24,00 %, Cr: de un 23,00 a un 27,00 %, Mo: de un 1,80 a un 3,20 %, y N: de un 0,130 a un 0,180 %, opcionalmente al menos un tipo seleccionado entre un grupo que consiste en Ca: como máximo un 0,0100 %, Mg: como máximo un 0,0100 %, y metal de tierra rara (REM): como máximo un 0,200 %, siendo el resto Fe e impurezas;
30 una etapa de someter el material de partida a trabajo en caliente para producir un material de acero; y
una etapa de llevar a cabo un tratamiento en solución a una temperatura de solución de 1050 a 1100 °C durante un período de tiempo de espera de 1 a 5 minutos, para el material de acero.
35