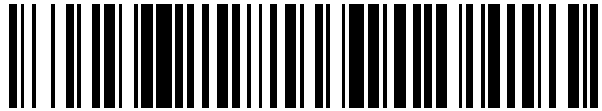


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 714 371**

51 Int. Cl.:

C21D 8/10 (2006.01)

C22C 38/00 (2006.01)

C22C 38/58 (2006.01)

C21D 6/00 (2006.01)

C22C 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.03.2010 PCT/JP2010/055520**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.10.2010 WO10113843**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.03.2010 E 10758614 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2018 EP 2415883**

54 Título: **Método para producir una tubería de aleación de Cr-Ni sin costura de alta resistencia**

30 Prioridad:

01.04.2009 JP 2009088737

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

28.05.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**OTOME, YOHEI;
IGARASHI, MASAOKI;
OKADA, HIROKAZU;
KONDO, KUNIO;
SAGARA, MASAYUKI y
SHIMODA, KAZUHIRO**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 714 371 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 una tubería de aleación de Cr-Ni sin costura de alta resistencia

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un método para producir una tubería de aleación de Cr-Ni sin costura de alta resistencia con excelente trabajabilidad en caliente y resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión.

Técnica antecedente

10 Recientemente, con el aumento del precio del petróleo crudo, se han desarrollado pozos de petróleo y pozos de gas natural profundos y en entornos corrosivos rigurosos. En paralelo con la extracción de petróleo y gas natural en tales entornos rigurosos, se ha requerido que las tuberías del pozo de petróleo para tales extracciones tengan elevada resistencia, excelente resistencia a la corrosión y excelente resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión.

Debido a las recientes mayores necesidades de petróleo y gas natural, los pozos de petróleo y pozos de gas para extracción de petróleo y gas natural tienden a aumentar en profundidad. Con el aumento de la profundidad de los pozos, se ha requerido que los materiales usados para tales pozos mantengan la resistencia a la corrosión frente a dióxido de carbono gas, sulfuro de hidrógeno e ion cloruro, y al mismo tiempo que tengan una resistencia aún mayor.

15 Ejemplos del material que presenta resistencia a la corrosión en entornos corrosivos incluyen las aleaciones de Cr-Ni descritas en el Documento de patente 1, Documento de patente 2 y Documento de patente 3, que describen que es efectivo aumentar el contenido de N con el fin de aumentar la resistencia de la aleación de Cr-Ni. Sin embargo, la aleación reforzada por tal método tiene un problema de que la resistencia a la deformación de la misma es elevada y su trabajabilidad en caliente es mala.

20 En la actualidad, tales tuberías sin costura que tienen elevada resistencia y mala trabajabilidad en caliente que se han descrito antes se producen generalmente por el proceso de fabricación de tuberías por extrusión en caliente, pero tienen baja productividad.

25 Por el contrario, como método capaz de producir de forma eficiente tuberías sin costura con alta productividad, el proceso de perforación con laminador transversal (también denominado proceso de fabricación de tuberías Mannesmann). En este método usando un laminador perforador (máquina perforadora con laminador transversal), la perforación con laminador transversal (en lo sucesivo denominado sencillamente como "perforación-laminación") se aplica a una palanquilla en bruto para producir una tubería de material hueco (en lo sucesivo denominada sencillamente "tubería de material"), la tubería de material resultante se alarga llevando a cabo el laminado con un laminador tal como un tren punzonador o un laminador sobre mandril, y acabando finalmente en la forma con un acabador o reductor por estirado. Sin embargo, tal tubería sin costura que tiene elevada resistencia y mala trabajabilidad en caliente tiende a causar pliegues de laminación debido a la fusión de los bordes del grano, cuando se produce el proceso de perforación con laminador transversal.

30 El fenómeno de fusión de los bordes del grano está causado por la fusión de los bordes del grano debida al calor producido por el procesado. La aparición de fusión de los bordes del grano deteriora rápidamente la ductilidad del material y por ello tiende a causar pliegues de laminación debidos a la fusión de los bordes del grano. El proceso de perforación con laminador transversal es mejor en la relación de trabajo que el proceso de fabricación de tuberías por extrusión en caliente, y por ello se dispone con un mayor calor producido por el procesado, exhibiendo por consiguiente el problema de que la formación de pliegues tiende a ser causada debido a la fusión de los bordes del grano.

35 A continuación, el Documento de patente 4 describe una técnica para prevenir el agrietamiento por fusión de los bordes del grano calentando una tubería de material hasta una temperatura igual o mayor que un valor determinado por una fórmula que contempla la velocidad circunferencial del laminador en la perforación-laminación de una aleación de Cr-Ni y la dimensión de la tubería. Sin embargo, no se ha llevado a cabo investigación para mejorar la resistencia al agrietamiento por fusión de los bordes del grano desde el punto de vista de la composición de la aleación y, además, la mejora en la resistencia a la corrosión que ofrece un problema más importante en materiales de alta resistencia no se ha considerado.

40 El Documento de patente 5 describe una técnica para prevenir el agrietamiento por fusión de los bordes del grano que exhibe un problema en relación con acero inoxidable austenítico, reduciendo el contenido de P y el contenido de S de acuerdo con las dimensiones de la tubería de material que se va a someter a perforación-laminación. Sin embargo, la técnica descrita es diferente de una técnica destinada a una aleación de Cr-Ni de mayor resistencia que se use en un entorno que requiera una elevada resistencia a la corrosión.

45 El Documento de patente 6 describe una tubería sin costura de aleación de Fe-Ni con excelentes propiedades mecánicas y resistencia a la corrosión en un entorno de gas ácido donde, en la tubería sin costura, los pliegues de laminación y el fallo de la soldadura se previenen llevando a cabo una perforación-laminación usando una tubería de material que tiene el contenido de P y el contenido de S especificado para que esté en intervalos específicos. Sin embargo, no se ha llevado a cabo investigación suficiente con el propósito de obtener una tubería de aleación de Cr-

Ni sin costura de alta resistencia que tenga una excelente trabajabilidad en caliente y al mismo tiempo que tenga una excelente resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión.

5 El Documento de patente 7 describe una aleación de acero inoxidable superaustenítico tal que productos realizados de la aleación, en particular tubos y en especial tubos sin costura y tubos soldados, tienen una combinación de elevada resistencia a la corrosión, en especial en ácidos inorgánicos y orgánicos y mezclas de los mismos, buena resistencia a la corrosión en general, buena estabilidad estructural así como propiedades mecánicas mejoradas en combinación con una buena trabajabilidad.

10 El Documento de patente 8 describe un proceso para la producción de una tubería de acero de alta aleación que permite la fabricación de tuberías trabajando en caliente y que exhibe una ductilidad satisfactoria en el trabajo en frío llevado a cabo después de la fabricación de la tubería con el fin de obtener una mayor resistencia y es excelente en la resistencia a la corrosión.

Lista de citas

Documentos de patente

Documento de patente 1 JP57-203735A

15 Documento de patente 2 JP57-207149A

Documento de patente 3 JP58-210155A

Documento de patente 4 WO 2008/081866

Documento de patente 5 WO 2004/112977

Documento de patente 6 WO 2006/003953

20 Documento de patente 7 US 2003/143105 A1

Documento de patente 8 JP 2009-030153 A

Compendio de la invención

Problema técnico

25 Un objetivo de la presente invención es proporcionar un método para producir una tubería de aleación de Cr-Ni sin costura capaz de prevenir el deterioro de la trabajabilidad en caliente y el deterioro de la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión causada por la presencia de la alta resistencia, y además capaz de llevar a cabo la fabricación de tuberías sin causar pliegues durante la perforación-laminación.

Solución al problema

30 Con el objetivo de solucionar los problemas antes descritos, los autores de la presente invención trataron primero de preparar un material de mayor resistencia que los materiales convencionales aumentando el contenido de N. Sin embargo, un simple aumento del contenido de N deteriora la trabajabilidad en caliente y la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión para dificultar la producción de tuberías sin costura para pozos de petróleo. Por consiguiente, como una técnica para prevenir el deterioro de la trabajabilidad y el deterioro de la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión causada por el aumento del contenido de N, los autores de la presente
35 invención han centrado la atención en REM (del inglés Rare Earth Metal, metal de las tierras raras). Los REM son conocidos por ser capaces de mejorar la trabajabilidad en caliente inmovilizando los elementos tales como O, S y P en la aleación. Sin embargo, no se ha puesto atención en el efecto del REM sobre la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión.

40 Los autores de la presente invención prepararon aleaciones con alto contenido en N que tenían diversas composiciones por fusión, y evaluaron los rendimientos de las aleaciones resultantes. Por consiguiente, los autores de la presente invención han encontrado que la inclusión del REM mejora la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión. La razón para la mejora de la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión por el REM es atribuible probablemente a la inmovilización, por el REM, de P que afecta de forma adversa a la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión.

45 Sin embargo, se ha revelado que la inclusión de Ca, Mg o Si, que hasta ahora se ha dicho que son efectivos para la trabajabilidad en caliente, en la aleación con alto contenido en N que contiene REM deteriora por el contrario la trabajabilidad en caliente. Por consiguiente, los autores de la presente invención realizaron adicionalmente un concienzudo estudio y han encontrado que la inclusión de Al permite obtener una trabajabilidad en caliente satisfactoria incluso en la aleación con alto contenido en N que contiene REM. Así, se ha encontrado que con el propósito de
50 obtener una trabajabilidad en caliente satisfactoria en la aleación con alto contenido en N que contiene REM, es

esencial incluir Al junto con el REM.

La aleación de Cr-Ni que tiene un alto contenido de N para aumentar la resistencia tiene una elevada resistencia a la deformación, y por ello tiende a causar fusión de los bordes del grano debido al calor producido por el procesado en la perforación-laminación que tiene una elevada relación de trabajo. La aparición de fusión de los bordes del grano deteriora la ductilidad del material, conduciendo a un problema de que se causan pliegues en el material durante la perforación-laminación.

Por consiguiente, los autores de la presente invención prepararon, por fusión, aleaciones de Cr-Ni con alto contenido de N, que tienen diversas composiciones químicas y examinaron la trabajabilidad de la tubería durante la perforación-laminación.

Por consiguiente, se ha encontrado que la reducción del contenido de P da como resultado un efecto significativo para aumentar la temperatura de fusión de los bordes del grano que dificulta causar la fusión de los bordes del grano, y por ello, la fabricación de la tubería puede llevarse a cabo sin causar pliegues durante la perforación-laminación. Se ha encontrado también que la reducción del contenido de Si y el contenido de Mn al mismo tiempo con la reducción del contenido de P da como resultado un efecto para aumentar aún más la temperatura de fusión de los bordes del grano, lo que hace más difícil causar la fusión de los bordes del grano.

Los autores de la presente invención prepararon además un estudio continuo basado en tales nuevos hallazgos que se han descrito antes y, por consiguiente, obtuvieron los siguientes hallazgos (a) a (g).

(a) En el material de aleación de Cr-Ni, con el propósito de asegurar la resistencia, se requiere que el contenido de N se fije hasta 0,10 a 0,30%, y con el propósito de asegurar la trabajabilidad en caliente, se requiere que el contenido de Al se fije a 0,03 a 0,30%.

(b) Sin embargo, cuando el contenido de N en el material de aleación de Cr-Ni se fija hasta 0,10 a 0,30%, la trabajabilidad en caliente y la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión se deterioran.

(c) En este sentido, cuando se incluye el REM en la aleación para fijar P como compuestos de P, pueden mejorarse no solo la trabajabilidad en caliente sino la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión.

(d) Por consiguiente, el contenido de REM puede determinarse desde el punto de vista de que el contenido de REM es el contenido necesario para inmovilizar P como compuestos de P. En otras palabras, la relación del contenido de P al contenido de REM P/REM es importante.

(e) A menor P/REM, se suprime de forma más efectiva el efecto adverso debido a P sobre la trabajabilidad en caliente. Por consiguiente, incluso en el caso de que el contenido de N sea bastante alto, cuando P/REM se fija para que sea pequeña, se puede suprimir el deterioro de la trabajabilidad en caliente.

(f) Por consiguiente, se ha encontrado que materiales de aleación de Cr-Ni que son satisfactorios en la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión se obtienen especificando la relación entre el contenido de N y el contenido de P y el contenido de REM de modo que estén dentro del intervalo que satisface la siguiente fórmula (1):

$$N \times P/REM \leq 0,10 \dots\dots\dots \text{Fórmula (1)}$$

donde P, N y REM en la fórmula (1) representan los contenidos (% en masa) de P, N y REM, respectivamente.

(g) La reducción del contenido de P conduce a un efecto significativo para aumentar la temperatura de fusión de los bordes del grano. Reduciendo el contenido de P para que sea 0,005% o inferior, incluso la perforación-laminación que usan una aleación de Cr-Ni que tiene un elevado contenido de N y alta resistencia a la deformación pueden llevar a cabo la fabricación de tubería sin causar pliegues durante la perforación-laminación. La reducción adicional del contenido de Si y el contenido de Mn dan como resultado un efecto para aumentar adicionalmente la temperatura de fusión de los bordes del grano, lo que hace más difícil causar la fusión de los bordes del grano. El contenido de Si se fija preferiblemente a 0,3% o menor. El contenido de Mn se fija preferiblemente a 0,7% o menor y más preferiblemente a 0,6% o menor. Aunque la reducción del contenido de Si y Mn es efectiva, la reducción tanto del contenido de Si como de Mn es más preferible.

La presente invención se ha perfeccionado basándose en los hallazgos antes descritos, y la esencia de la presente invención es como se describe en los siguientes puntos (1) a (3) asociados con el método para producir una tubería de aleación de Cr-Ni sin costura. Se hace referencia a los siguientes puntos (1) a (3) como las invenciones (1) a (3), respectivamente. Puede hacerse referencia a las invenciones (1) a (3) de forma conjunta como la presente invención.

(1) Un método para producir una tubería de aleación de Cr-Ni de alta resistencia sin costura, que comprende: preparar una palanquilla de aleación que tiene una composición química que consiste, en % en masa, en C: 0,05% o menos, Si: 1,0% o menos, Mn: menos de 3,0%, P: 0,005% o menos, S: 0,005% o menos, Cu: 0,01 a 4,0%, Ni: 25% o más y menos de 35%, Cr: 20 a 30%, Mo: 0,01% o más y menos de 4,0%, N: 0,10 a 0,30%, Al: 0,03 a 0,30%, O (oxígeno): 0,01% o menos, REM (metal de las tierras raras): 0,01 a 0,20%, y opcionalmente

al menos un elemento seleccionado de W: menos de 8,0%, uno o más de Ti, Nb, Zr y V en un contenido total de 0,5% o menos, y cualquiera o ambos de Ca y Mg en un contenido total de 0,01% o menos, y siendo el resto Fe e impurezas, y que satisface la siguiente fórmula (1);

5 trabajar en caliente para fabricar una tubería de material sin costura basándose en un proceso de perforación con laminador transversal;

someter a un tratamiento en solución; y

trabajar en frío.

$$N \times P/REM \leq 0,10 \dots\dots\dots \text{Fórmula (1)}$$

10 donde P, N y REM en la fórmula (1) representan los contenidos (% en masa) de P, N y REM, respectivamente.

(2) El método para producir una tubería de aleación de Cr-Ni de alta resistencia sin costura según el punto (1) anterior, donde la palanquilla tiene una composición química que contiene, en % en masa, Si: 0,3% o menos y/o Mn: 0,7% o menos.

15 (3) El método para producir una tubería de aleación de Cr-Ni de alta resistencia sin costura según el punto (1) o (2) anteriores, donde el límite elástico después de trabajar en frío es de 900 MPa o más en términos de deformación plástica del 0,2%.

Efectos ventajosos de la invención

20 De acuerdo con la presente invención, es posible producir una tubería de aleación de Cr-Ni de alta resistencia sin costura, con excelente trabajabilidad en caliente y resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión, sin causar pliegues de laminación durante la perforación-laminación, aunque la tubería sin costura tenga una elevada resistencia debida a un alto contenido de N en la aleación de Cr-Ni.

Descripción de formas de realización

25 A continuación, se describen las razones para limitar la composición química de la aleación de Cr-Ni de acuerdo con la presente invención. Aquí, se aprecia que “%” en cada uno de los contenidos de los elementos individuales representa “% en masa”.

C: 0,05% o menos

30 C es una impureza contenida en la aleación; cuando el contenido de C supera 0,05%, tiende a producirse el agrietamiento por corrosión bajo tensión acompañado por la fractura de los bordes del grano debida a precipitación de un carburo tipo $M_{23}C_6$ (M: elemento tal como Cr, Mo o Fe), y por consiguiente, el contenido de C se fija a 0,05% o menos. El contenido de C es preferiblemente 0,03% o menos.

Si: 1,0% o menos

35 En la presente invención, Si es un elemento para reducir la temperatura de fusión de los bordes del grano y causar pliegues de laminación durante la perforación-laminación. Incluso con un contenido reducido de P, cuando el contenido de Si supera 1,0%, se produce pliegues de laminación durante la perforación-laminación. Por consiguiente, el contenido de Si se fija a 1,0% o menos. Con el propósito de reducir la elevada resistencia a la deformación durante la perforación-laminación, es preferible llevar a cabo la perforación a temperaturas aún mayores. En este caso, con el propósito de prevenir pliegues de laminación, es preferible aumentar la temperatura de fusión de los bordes del grano y el contenido de Si se fija preferiblemente a 0,3% o menos y más preferiblemente a 0,2% o menos. El menor contenido de Si es lo más preferible, y el límite inferior del contenido de Si no está particularmente especificado. Sin embargo, 40 cuando el Si está contenido para desoxidación, Si está contenido preferiblemente en un contenido de 0,01% o más.

Mn: menos de 3,0%

45 En la presente invención, Mn es un elemento para reducir la temperatura de fusión de los bordes del grano y causar pliegues durante la perforación-laminación. Incluso con un contenido reducido de P, cuando el contenido de Mn es 3,0% o más, de producen pliegues durante la perforación-laminación. Por consiguiente, el contenido de Mn se ajusta a menos de 3,0%, y es preferiblemente menos de 1,0%. Con el propósito de reducir la elevada resistencia a la deformación durante la perforación-laminación, es preferible llevar a cabo la perforación a temperaturas aún mayores. En este caso, con el propósito de prevenir pliegues, es preferible aumentar más la temperatura de fusión de los bordes del grano y el contenido de Mn se ajusta más preferiblemente a 0,7% o menos y además preferiblemente a 0,6% o menos. El contenido de Mn es aún además preferiblemente 0,3 % o menos. El menor contenido de Mn es lo más preferible, donde el límite inferior del contenido de Mn no está especificado particularmente. Sin embargo, cuando el 50 Mn está contenido para desoxidación, el contenido de Mn es preferiblemente 0,01% o más.

ES 2 714 371 T3

P: 0,005% o menos

5 En la presente invención, P es un elemento importante. P es una impureza contenida en la aleación; cuando se lleva a cabo perforación-laminación, un contenido elevado de P tiende a provocar pliegues de laminación. Por consiguiente, el contenido de P se ajusta a 0,005% o menos y es preferiblemente 0,003% o menos. Adicionalmente, como se ha descrito antes, el contenido de P se requiere para satisfacer la fórmula (1), en relación con el contenido de N y el contenido de REM.

S: 0,005% o menos

10 Aunque S no afecta a los pliegues de laminación, S es una impureza contenida en la aleación, y deteriora de forma notable la trabajabilidad en caliente a bajas temperaturas. Por consiguiente, desde el punto de vista de prevenir el deterioro de la trabajabilidad en caliente, el contenido permitido de S se requiere que sea 0,005% o menos, y es más preferible el menor contenido de S. El contenido de S es preferiblemente 0,002% o menos y más preferiblemente 0,001% o menos.

Cu: 0,01 a 4,0%

15 Cu es efectivo para estabilizar la película pasiva formada sobre la superficie de la aleación, y es necesario para mejorar la resistencia a picaduras y la resistencia a la corrosión general. Cuando el contenido de Cu es menos de 0,01%, Cu no es efectivo y cuando el contenido de Cu supera 4,0%, se deteriora la trabajabilidad en caliente. Por consiguiente, el contenido de Cu se ajusta a 0,01 a 4,0%. El contenido de Cu es preferiblemente 0,1 a 2,0% y más preferiblemente 0,6 a 1,4%.

Ni: 25% o más y menos de 35%

20 Ni se dispone para que esté contenido como un elemento estabilizador de austenita. Desde el punto de vista de la resistencia a la corrosión, se requiere que el contenido de Ni sea 25% o más. El contenido de Ni de 35% o más conduce al aumento del coste. Por consiguiente, el contenido de Ni se ajusta a 25% o más y menos de 35%. El contenido de Ni es preferiblemente 28% o más y menos de 33%

Cr: 20 a 30%

25 Cr es un componente que mejora de forma notable la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión. Cuando el contenido de Cr es menos de 20%, el efecto de Cr no es suficiente, y cuando el contenido de Cr supera 30%, tienden a presentarse nitruros tales como CrN y Cr₂N y carburos de tipo M₂₃C₆ que afectan de forma adversa la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión acompañado por la fractura del borde del grano. Por consiguiente, el contenido de Cr se ajusta a 20 a 30%. El contenido de Cr es preferiblemente 23 a 28%.

30 Mo: 0,01% o más y menos de 4,0%

35 Mo es efectivo, como Cu, para estabilizar la película pasiva formada sobre la superficie de la aleación, y es efectiva para mejorar la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión. Cuando el contenido de Mo es menos de 0,01%, Mo no es efectivo y cuando el contenido de Mo es 4,0% o más, se deterioran la trabajabilidad en caliente y la eficiencia económica. Por consiguiente, el contenido de Mo se ajusta a 0,01% o más y menos de 4,0%. El contenido de Mo es preferiblemente 0,1% a 3,5%.

N: 0,10 a 0,30%

40 N es efectivo para aumentar la resistencia de la aleación. Cuando el contenido de N es menos de 0,10%, no puede garantizarse la elevada resistencia deseada, y cuando el contenido de N supera 0,30%, la trabajabilidad en caliente y la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión se deterioran. Por consiguiente, el contenido de N se ajusta a 0,10 a 0,30%. Un intervalo preferido del contenido de N es 0,16 a 0,25%. Adicionalmente, como se describe más abajo, el contenido de N se requiere para satisfacer la fórmula (1), en relación con el contenido de P y el contenido de REM.

Al: 0,03 a 0,30%

45 Al se une a O (oxígeno) en la aleación para mejorar la trabajabilidad en caliente, y también es efectivo para prevenir la oxidación de REM. Cuando REM está contenido pero Al no está contenido, se producen inclusiones en grandes cantidades que deterioran de forma significativa la trabajabilidad en caliente de la aleación. Por consiguiente, cuando REM está contenido, es esencial para Al que esté contenido juntos. Cuando el contenido de Al es menos de 0,03%, el efecto de Al no es suficiente. Cuando el contenido de Al supera 0,30%, se deteriora la trabajabilidad en caliente. Por consiguiente, el contenido de Al se ajusta a 0,03 a 0,30%. El contenido de Al es preferiblemente 0,05 a 0,30% y más preferiblemente más de 0,10% y 0,20% o menos.

50 O (oxígeno): 0,01% o menos

O (oxígeno) es una impureza contenida en la aleación, y deteriora de forma notable la trabajabilidad en caliente. Por

consiguiente, el contenido de O (oxígeno) se ajusta a 0,01% o menos. El contenido de O (oxígeno) es preferiblemente 0,005% o menos.

REM: 0,01 a 0,20%

5 REM (metal de las tierras raras) es efectivo para mejorar la trabajabilidad en caliente y la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión, y por ello, se requiere que esté contenido. REM tiende a ser oxidado, y por ello es esencial que contenga REM junto con Al. Cuando el contenido total de REM es menos de 0,01%, el efecto de REM no es suficiente. Cuando el contenido total de REM supera 0,20%, no se encuentra más efecto de mejora en la trabajabilidad en caliente y en la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión, e incluso se encuentran los fenómenos de deterioro de estas propiedades. Por consiguiente, el contenido de REM se ajusta a 0,01 a 0,20%. El contenido de
10 REM es preferiblemente 0,02 a 0,10%.

Aquí, se aprecia que REM es un nombre genérico para los 17 elementos que incluye 15 elementos lantánidos e Y y Sc, y uno o más de estos elementos puede estar contenido. El contenido de REM se refiere a la suma de los contenidos de estos elementos. El método para contener REM puede ser tal que se añadan uno o más de estos elementos o se añadan industrialmente en la forma de un metal de Misch.

15 Adicionalmente, el contenido de REM es requerido para satisfacer la siguiente fórmula (1) en relación con el contenido de N y el contenido de P:

$$N \times P/REM \leq 0,10 \dots\dots\dots \text{Fórmula (1)}$$

donde P, N y REM en la fórmula (1) representan los contenidos (% en masa) de P, N y REM, respectivamente.

20 Cuando el contenido de N es 0,10 a 0,30%, y la relación entre el contenido de N, el contenido de P y el contenido de REM satisface la fórmula (1) presentada antes, la resistencia es elevada y adicionalmente la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión es satisfactoria. Cuando se demanda una mejor la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión, es más preferible satisfacer la relación $N \times P/REM \leq 0,05$.

25 La aleación de Cr-Ni de acuerdo con la presente invención puede contener adicionalmente, además de los elementos de aleación antes descritos, uno o más elementos seleccionados de al menos un grupo del siguiente Primer grupo a Tercer grupo.

Primer grupo: W: menos de 8,0%

Segundo grupo: Ti, Nb, V, Zr: 0,5% o menos

Tercer grupo: Ca, Mg: 0,01% o menos

A continuación, se describen con detalle estos elementos opcionales.

30 Primer grupo: W: menos de 8,0%.

35 W es un elemento contenido opcionalmente. W tiene un efecto de mejorar la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión. Por consiguiente, cuando se desea mejorar la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión, puede estar contenido W si fuera necesario. Sin embargo, cuando el contenido de W es 8,0% o más, la trabajabilidad en caliente y la eficiencia económica se deterioran y, por ello, cuando W está contenido, el límite superior del contenido de W se ajusta a 8,0%. Con el propósito de desarrollar de forma cierta el efecto de mejora de la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión, se prefiere incluir W en un contenido de 0,01% o más. El contenido de W es más preferiblemente 0,1 a 7,0%.

Segundo grupo: uno o más seleccionados de Ti: 0,5% o menos, Nb: 0,5% o menos, V: 0,5% o menos y Zr: 0,5% o menos, con el contenido total de uno o más elementos de 0,5% o menos.

40 Ti, Nb, V y Zr son elementos contenidos opcionalmente. Estos elementos tienen un efecto de hacer los granos finos y mejorar la ductilidad. Por consiguiente, cuando se demanda una ductilidad incluso mejor, pueden estar contenidos uno o más de estos elementos, si fuera necesario. Sin embargo, cuando el contenido total de uno o más de estos elementos supera 0,5%, se producen inclusiones en grandes cantidades causando el fenómeno de deterioro de la ductilidad y, por ello, cuando están contenidos uno o más de estos elementos, el límite superior del contenido de tales elementos
45 se ajusta a un contenido total de tales elementos de 0,5%. Con el propósito de desarrollar de forma cierta el efecto de mejora de la ductilidad, se prefiere incluir tales elementos en un contenido total de 0,005% o más. El contenido de tales elementos es más preferiblemente 0,01 a 0,5% y más preferiblemente 0,05 a 0,3%.

Tercer grupo: uno cualquiera o ambos de Ca: 0,01% o menos y Mg: 0,01% o menos.

50 Ca y Mg son elementos contenidos opcionalmente. Estos elementos tienen un efecto de mejorar la trabajabilidad en caliente y, por consiguiente pueden estar contenidos uno cualquiera o ambos de estos elementos si fuera necesario.

Sin embargo, cuando uno cualquiera o ambos de estos elementos están contenidos en un contenido que supera 0,01%, se producen inclusiones gruesas causando el fenómeno de deterioro de la trabajabilidad en caliente. Por consiguiente, cuando están contenidos uno cualquiera o ambos de estos elementos, el límite superior del contenido total se ajusta a 0,01%. Con el propósito de desarrollar de forma cierta el efecto de mejora de la trabajabilidad en caliente, se prefiere incluir tales elementos en un contenido total de 0,0003% o más. El contenido total de tales elementos es más preferiblemente 0,0003 a 0,01% y más preferiblemente 0,0005 a 0,005%.

La tubería de aleación de Cr-Ni sin costura de acuerdo con la presente invención contiene los elementos esenciales descritos antes o adicionalmente los elementos opcionales descritos antes, y el resto es Fe e impurezas.

Las "impurezas" tal como se denominan en el presente documento se refieren a las sustancias que contaminan los materiales cuando se producen industrialmente aleaciones de Cr-Ni, debido a las materias primas tales como minerales o chatarra, y debido a otros factores diversos en el proceso de producción, y está permitido que contaminen en los intervalos que no afectan de forma adversa la presente invención.

Para la fusión de la aleación de Cr-Ni de la presente invención, puede usarse un horno eléctrico, un horno AOD, un horno VOD o similar. Cuando la aleación fundida obtenida por fusión se cuela en lingotes, los lingotes pueden convertirse por forjado en desbastes planos, tochos y palanquillas.

En la presente invención, se fabrica una tubería de material sin costura trabajando en caliente basándose en un proceso de fabricación de tuberías mediante perforación con laminador transversal. El proceso de fabricación de tuberías mediante perforación con laminador transversal también se denomina proceso de fabricación de tuberías Mannesmann. Este es un proceso en el que la palanquilla como materia prima se somete a una perforación con laminador transversal usando un laminador perforador (máquina perforadora con laminador transversal) para producir una tubería de material hueco, la tubería de material resultante se lamina para alargarla con un laminador tal como un tren punzonador o un laminador sobre mandril, y finalmente la tubería resultante se acaba en la forma usando un acabador o reductor por estirado. La perforación con laminador transversal incluye la perforación con laminador transversal con un ángulo de borde.

El límite elástico de una tubería de aleación de Cr-Ni sin costura adecuada para uso en pozos de petróleo profundos y pozos de gas profundos es 900 MPa en términos de deformación plástica del 0,2%. El límite elástico referido es más preferiblemente 964 MPa o más. Se produce una tubería de aleación de Cr-Ni sin costura que tiene un límite elástico de 900 MPa o más por el proceso de producción en el que la tubería de material sin costura para trabajo en frío, fabricada en una tubería por el proceso de perforación con laminador transversal descrito antes, se somete a un tratamiento en solución y se somete adicionalmente a un trabajo en frío.

Con el propósito de obtener una tubería de aleación de Cr-Ni sin costura de alta resistencia que tenga un límite elástico antes descrito, la tubería de material sin costura para trabajo en frío sometida a trabajo en caliente con el proceso de perforación con laminador transversal se somete, después del tratamiento térmico en solución, a un trabajo en frío basado en el laminado en frío tal como estirado en frío o laminado a paso de peregrino. El trabajo en frío puede llevarse a cabo una vez o una pluralidad de veces, o como alternativa, si fuera necesario, después del tratamiento térmico, el trabajo en frío puede llevarse a cabo una vez o una pluralidad de veces.

La tubería de aleación de Cr-Ni de alta resistencia obtenida por el trabajo en frío después del tratamiento en solución, que tiene un límite elástico de 900 MPa o más, es adecuada para tubería sin costuras para pozos de petróleo para su uso en pozos de petróleo profundos o pozos de gas profundos. En el caso en que el tratamiento en frío final después del tratamiento térmico en solución se lleve a cabo por un estirado en frío, la relación de trabajo en frío se ajusta preferiblemente a 10 a 40% en términos de reducción de área. Cuando la relación de trabajo en frío es menor de 10%, no puede obtenerse la elevada resistencia deseada. Por otro lado, cuando la relación de trabajo en frío supera 40%, la resistencia obtenida es elevada, pero la ductilidad o la tenacidad pueden deteriorarse. La relación de trabajo en frío se ajusta más preferiblemente a 20 a 35%. En el caso en que el trabajo en frío se lleve a cabo por un laminado en frío tal como un laminador a paso de peregrino, el trabajo en frío se lleva a cabo preferiblemente con la relación de trabajo en frío de 30 a 80% en términos de reducción de área. Cuando la relación de trabajo en frío es menor de 30%, no puede obtenerse la elevada resistencia deseada. Por otro lado, cuando la relación de trabajo en frío supera 80%, la resistencia obtenida es elevada, pero la ductilidad o la tenacidad pueden deteriorarse.

Ejemplo 1

La Tabla 1 muestra las composiciones químicas (% en masa) de los Ejemplos de la invención (Pruebas números 1 a 23) y los Comparativos (Pruebas números A a J). Las aleaciones de acuerdo con los Ejemplos de la invención se fundieron y colaron en lingotes de 30 kg usando un horno de fusión por inducción a vacío. Los lingotes resultantes se sometieron a forjado en caliente para moldear en palanquillas de 100 mm de diámetro externo. Las palanquillas calentadas a 1240°C y 1260°C se sometieron a perforación-laminación con un aparato de perforación con laminador transversal de pequeño tamaño para producir tuberías de 116 mm de diámetro externo y 20 mm de grosor de pared.

Tabla 1

Prueba n.º	Composición química														(% en masa siendo el resto Fe e impurezas)							Otros
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	W	N	Al	Ca	O	REM							
Ejemplos de la invención	1	0,011	0,27	0,48	0,002	0,0004	0,80	32,2	25,1	2,94	—	0,190	0,12	0,0019	0,003	0,026 Nd						
	2	0,011	0,21	0,50	0,003	0,0008	0,78	31,9	25,0	3,01	—	0,192	0,12	0,0020	0,003	0,019 Nd						
	3	0,012	0,23	0,41	0,002	0,0004	0,82	31,8	25,0	2,90	—	0,200	0,12	0,0021	0,003	0,020 Nd						
	4	0,010	0,28	0,50	0,004	0,0008	2,10	31,9	25,1	3,05	—	0,205	0,10	0,0019	0,002	0,028 Nd						
	5	0,011	0,27	0,45	0,004	0,0008	3,21	31,8	25,0	2,93	—	0,197	0,12	0,0018	0,003	0,013 Nd						
	6	0,011	0,20	0,43	0,004	0,0008	0,18	32,1	24,9	3,07	—	0,195	0,11	0,0018	0,003	0,034 Nd						
	7	0,010	0,28	0,44	0,003	0,0003	0,78	27,3	25,0	3,09	—	0,198	0,13	0,0019	0,001	0,031 Nd						
	8	0,010	0,24	0,44	0,002	0,0008	0,80	34,1	21,9	2,93	—	0,198	0,10	—	0,003	0,021 Nd						
	9	0,010	0,28	0,41	0,003	0,0007	0,80	32,0	21,4	3,04	—	0,203	0,10	0,0021	0,003	0,023 Nd						
	10	0,011	0,25	0,42	0,003	0,0008	0,80	31,9	28,3	2,95	—	0,203	0,12	0,0021	0,002	0,028 Nd						
	11	0,011	0,25	0,42	0,002	0,0007	0,78	32,1	25,1	0,53	—	0,200	0,13	0,0019	0,001	0,035 Nd						
	12	0,010	0,29	0,43	0,002	0,0005	0,81	32,2	24,9	3,01	—	0,124	0,11	0,0022	0,004	0,011 Nd						
	13	0,011	0,22	0,44	0,003	0,0003	0,80	32,0	24,8	2,90	—	0,261	0,13	0,0017	0,003	0,033 Nd						
	14	0,011	0,21	0,48	0,003	0,0007	0,79	32,1	24,9	2,93	—	0,201	0,12	0,0019	0,003	0,037 Nd + 0,016 Ce						
	15	0,012	0,22	0,46	0,003	0,0008	0,82	32,1	28,6	3,02	—	0,193	0,11	0,0019	0,003	0,121 Nd						
	16	0,012	0,30	0,50	0,003	0,0005	0,81	32,0	24,9	3,01	—	0,196	0,12	0,0022	0,003	0,011 Nd + 0,014 Ce						
	17	0,012	0,22	0,46	0,003	0,0005	0,78	32,0	25,0	3,03	—	0,200	0,10	0,0020	0,003	0,037 La						
	18	0,041	0,26	0,48	0,002	0,0004	0,79	31,9	24,8	2,93	—	0,205	0,12	0,0022	0,003	0,021 Nd						
	19	0,010	0,29	0,40	0,003	0,0004	0,81	32,3	25,2	0,50	6,01	0,203	0,11	0,0022	0,002	0,032 Nd						
	20	0,011	0,21	0,20	0,003	0,0006	0,81	31,9	25,0	3,09	—	0,203	0,11	0,0017	0,001	0,025 Nd						
	21	0,010	0,50	0,82	0,003	0,0008	0,80	32,1	24,9	2,91	—	0,193	0,05	0,0019	0,003	0,029 Nd						
	22	0,011	0,74	0,42	0,004	0,0004	0,81	32,2	24,8	2,99	—	0,203	0,11	0,0022	0,002	0,025 Nd						
	23	0,012	0,80	0,14	0,004	0,0008	0,80	31,9	24,9	3,00	—	0,194	0,08	0,0021	0,001	0,026 Nd						
A	0,011	0,25	0,48	0,003	0,0004	0,79	32,2	25,0	2,91	—	0,081	0,10	0,0020	0,002	0,036 Nd							
B	0,011	0,71	1,60	0,008	0,0010	0,80	32,0	25,1	3,05	—	0,194	0,11	0,0022	0,002	0,032 Nd							
C	0,011	0,35	0,60	0,018	0,0012	0,80	32,0	24,8	3,05	—	0,196	0,11	0,0018	0,003	0,042 Nd							
D	0,010	0,25	4,31	0,004	0,0005	0,79	31,9	25,1	3,03	—	0,192	0,13	0,0017	0,002	0,026 Nd							
E	0,011	0,28	6,02	0,002	0,0003	0,81	31,8	25,1	2,98	—	0,193	0,11	0,0022	0,002	0,038 Nd							
F	0,011	1,64	0,58	0,003	0,0007	0,81	32,2	24,9	2,96	—	0,198	0,11	0,0022	0,003	0,010 Nd							
G	0,011	0,31	0,60	0,003	0,0006	0,81	32,1	25,2	3,02	—	0,203	0,12	0,0019	0,003	—							
H	0,011	0,26	0,61	0,005	0,0008	0,79	31,9	25,0	2,96	—	0,282	0,12	0,0023	0,003	0,013 Nd							
I	0,011	0,30	0,59	0,005	0,0008	0,80	31,8	25,2	2,90	—	0,287	0,11	0,0018	0,003	0,012 Nd							
J	0,011	0,28	0,62	0,004	0,0004	0,79	31,9	25,0	2,98	—	0,291	0,11	0,0021	0,003	0,010 Nd							
Comparativos																						

Las tuberías de material sin costura después de la perforación-laminación se cortaron perpendicularmente a la dirección longitudinal, a una posición de 50 mm en la dirección longitudinal desde el extremo posterior de la tubería, y se observó si se habían provocado o no pliegues de laminación en la tubería de material. Como resultado, la marca O muestra que no se provocaron, y la marca × muestra que se provocaron pliegues de laminación.

- 5 Adicionalmente, las tuberías de material sin costura a 1240°C y sometidas a perforación-laminación se sometieron seguidamente a un tratamiento en solución en el que las tuberías de material se calentaron y mantuvieron a 1050°C durante 1 hora y luego se enfriaron con agua. Las tuberías de material se sometieron a un estirado en frío con una reducción de área del 30%, que son las tuberías sin costura de acuerdo con los Ejemplos de la invención y Comparativos. Se encontró que, en los Ejemplos de la invención, omitir el posterior proceso de laminado con elongación en caliente y el proceso de laminado con conformado en caliente después de la perforación-laminación no provoca efectos adversos a las propiedades mecánicas y la resistencia a la corrosión. Por consiguiente, de una forma más simplificada, las tuberías de material sin costura que se sometieron a perforación-laminación con un aparato de perforación con laminador transversal de pequeño tamaño y se trataron directamente en solución y trabajaron en frío se usaron para la evaluación.
- 10
- 15 Se cortaron en la dirección longitudinal de las tuberías sin costura después del trabajo en frío probetas de prueba de tracción a temperatura ambiente, de 6 mm de diámetro y 40 mm de longitud en la porción paralela, y se sometieron a una prueba de tracción a temperatura ambiente en el aire para medir el límite elástico a una deformación plástica del 0,2%. Adicionalmente, con el propósito de evaluar la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión, se cortaron en la dirección longitudinal de las mismas tuberías después del trabajo en frío probetas de prueba, de 3,81
- 20 mm de diámetro y 25,4 mm de longitud en la porción paralela, y se llevó a cabo una prueba de tracción con baja velocidad de deformación. En la prueba de tracción con baja velocidad de deformación, en un entorno corrosivo de NaCl al 25% + CH₃COOH al 0,5% + H₂S a 709 kPa y 232°C, se provocó la ruptura por tracción a una velocidad de deformación de $4 \times 10^{-6} \text{ sec}^{-1}$, y se midió la reducción de área de cada una de las probetas de prueba rotas. Al mismo tiempo, se llevó a cabo la misma prueba de tensión con baja velocidad de deformación en un entorno inerte, se midió
- 25 la reducción de área de cada una de las probetas de prueba rotas. La relación de la reducción de área en el entorno corrosivo respecto a la reducción de área en el entorno inerte se usó como índice para la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión; cuando la relación fue 0,8 o más, la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión se determinó que fue satisfactoria (O), y cuando la relación fue menor de 0,8, se determinó que la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión fue mala (×). En las Pruebas números B a F, se causaron pliegues de laminación y, por ello, las medidas de deformación plástica del 0,2% y de la resistencia al agrietamiento por corrosión
- 30 bajo tensión no se llevaron a cabo.

La Tabla 2 muestra los resultados de pruebas y los valores de N × P/REM.

Tabla 2

Tabla 2

	Prueba n.º	Pieque de laminación (1240°C)	Pieque de laminación (1260°C)	Deformación plástica del 0,2% (MPa)	Resistencia al agrietamiento por corrosión bajo presión	N × P/REM
Ejemplos de la invención	1	○	○	1034	○	0,01
	2	○	○	1025	○	0,03
	3	○	○	1013	○	0,02
	4	○	○	1046	○	0,03
	5	○	○	1035	○	0,06
	6	○	○	1012	○	0,02
	7	○	○	1055	○	0,02
	8	○	○	1031	○	0,02
	9	○	○	1030	○	0,03
	10	○	○	1051	○	0,02
	11	○	○	1046	○	0,01
	12	○	○	904	○	0,02
	13	○	○	1121	○	0,02
	14	○	○	1032	○	0,01
	15	○	○	1022	○	0,00
	16	○	○	1038	○	0,02
	17	○	○	1021	○	0,01
	13	○	○	1030	○	0,02
	19	○	○	1023	○	0,02
	20	○	X	1030	○	0,02
	21	○	X	1029	○	0,02
	22	○	X	1033	○	0,03
	23	○	X	1008	○	0,03
Comparativos	A	○	○	872	○	0,01
	B	X	X	—	—	0,05
	C	X	X	—	—	0,08
	D	X	X	—	—	0,03
	E	X	X	—	—	0,01
	F	X	X	—	—	0,05
	G	○	○	1032	X	(no REM contenido)
	H	○	○	1137	X	0,11
	I	○	○	1187	X	0,12
	J	○	○	1166	X	0,12

5 Como se muestra en la Tabla 2, en los casos de las tuberías de material sin costura de las Pruebas números 1 a 19 de acuerdo con los Ejemplos de la invención, incluso cuando las palanquillas calentadas hasta 1240°C y 1260°C se sometieron a perforación con laminador transversal, no se provocó pliegue de laminación en ninguna de las palanquillas. La deformación plástica del 0,2% fue 900 MPa o más en cualquiera de las tuberías. Cualquiera de las tuberías satisfizo la fórmula (1) presentada antes y fue satisfactoria en la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión.

10 En los casos de las tuberías de material sin costura de las Pruebas números 20 a 23 de acuerdo con los Ejemplos de la invención de la presente, incluso cuando las palanquillas calentadas a 1240°C se sometieron a perforación con laminador transversal, no se provocó pliegue de laminación en ninguna de las palanquillas. Sin embargo, en estos casos, debido a que el contenido de Si y el contenido de Mn fueron comparativamente grandes, cuando las palanquillas calentadas hasta 1260°C se sometieron a perforación con laminador transversal, se provocó pliegue de laminación.

15 En el Ejemplo comparativo A, ni el calentamiento hasta 1240°C ni el calentamiento hasta 1260°C dieron como resultado pliegue de laminación y la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión fue satisfactoria. En el Ejemplo comparativo A, sin embargo, el contenido de N estuvo fuera del intervalo delimitado por la presente invención, y por ello, la deformación plástica del 0,2% fue baja. En cada uno de los Ejemplos comparativos B y C, P estaba contenido en exceso, y por ello, tanto el calentamiento hasta 1240°C como el calentamiento hasta 1260°C dieron lugar a provocar pliegue de laminación. En cada uno de los Ejemplos Comparativos D y E, Mn estaba contenido en exceso, y por ello, tanto el calentamiento hasta 1240°C como el calentamiento hasta 1260°C dieron lugar a provocar pliegue de laminación. En el Ejemplo Comparativo F, Si estaba contenido en exceso, y por ello, tanto el calentamiento hasta 20 1240°C como el calentamiento hasta 1260°C dieron lugar a provocar pliegue de laminación. En el Ejemplo Comparativo G, REM no estaba contenido, y por ello, la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión fue baja. En cada uno de los Ejemplos comparativos H a J, la composición química de la aleación estaba dentro del intervalo especificado por la presente invención, pero no satisfizo la fórmula (1) y, por ello, la resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión fue baja.

25 Aplicabilidad industrial

30 De acuerdo con la presente invención, es posible producir una tubería de aleación de Cr-Ni de alta resistencia sin costura, con excelente trabajabilidad en caliente y resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión, sin causar pliegue de laminación durante la perforación-laminación, aunque la tubería sin costura tenga una alta resistencia proporcionada por un elevado contenido en N. La tubería de aleación de Cr-Ni de alta resistencia sin costura obtenida por la presente invención puede usarse para extracción de petróleo y de gas natural a elevada profundidad y entornos corrosivos rigurosos, que hasta ahora han sido no explotables, y con ello contribuye de forma significativa a un suministro estable de energía.

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir una tubería de aleación de Cr-Ni de alta resistencia sin costura, que comprende:

5 preparar una palanquilla de aleación que tiene una composición química que consiste, en % en masa, en C: 0,05% o menos, Si: 1,0% o menos, Mn: menos de 3,0%, P: 0,005% o menos, S: 0,005% o menos, Cu: 0,01 a 4,0%, Ni: 25% o más y menos de 35%, Cr: 20 a 30%, Mo: 0,01% o más y menos de 4,0%, N: 0,10 a 0,30%, Al: 0,03 a 0,30%, O (oxígeno): 0,01% o menos, REM (metal de las tierras raras): 0,01 a 0,20%, y opcionalmente al menos un elemento seleccionado de W: menos de 8,0%, uno o más de Ti, Nb, Zr y V en un contenido total de 0,5% o menos, y cualquiera o ambos de Ca y Mg en un contenido total de 0,01% o menos, y siendo el resto Fe e impurezas, y que satisface la siguiente fórmula (1);

10 trabajar en caliente para fabricar una tubería de material sin costura basándose en un proceso de perforación con laminador transversal;

someter a un tratamiento en solución; y

trabajar en frío.

$$N \times P/REM \leq 0,10 \dots\dots\dots \text{fórmula (1)}$$

15 donde P, N y REM en la fórmula (1) representan los contenidos (% en masa) de P, N y REM, respectivamente.

2. El método para producir una tubería de aleación de Cr-Ni de alta resistencia sin costura según la reivindicación 1, donde la palanquilla tiene una composición química que contiene, en % en masa, Si: 0,3% o menos y/o Mn: 0,7% o menos.

20 3. El método para producir una tubería de aleación de Cr-Ni de alta resistencia sin costura según la reivindicación 1 o 2, donde el límite elástico después de trabajar en frío es de 900 MPa o más en términos de la deformación plástica del 0,2%.