

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 708 945**

51 Int. Cl.:

<b>C21D 8/10</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/04</b>	(2006.01)
<b>B21B 21/00</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/20</b>	(2006.01)
<b>B21C 1/22</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/42</b>	(2006.01)
<b>B21C 23/08</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/44</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/00</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/58</b>	(2006.01)		
<b>B21B 3/02</b>	(2006.01)		
<b>C21D 6/00</b>	(2006.01)		
<b>C21D 9/14</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/02</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.11.2009 PCT/JP2009/068743**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **22.07.2010 WO10082395**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.11.2009 E 09838361 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018 EP 2388341**

54 Título: **Procedimiento para producir una tubería de acero inoxidable dúplex**

30 Prioridad:

**19.01.2009 JP 2009008403**

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

**12.04.2019**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SUWABE, HITOSHI y  
ONO, TOSHIHIDE**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 708 945 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**

Procedimiento para producir una tubería de acero inoxidable dúplex

5 La presente invención se refiere a un método para producir una tubería de acero inoxidable dúplex que exhibe una excelente resistencia a la corrosión incluso en un ambiente corrosivo de gas de dióxido de carbono o en un ambiente corrosivo bajo tensión, y que al mismo tiempo tiene una alta resistencia. La tubería de acero inoxidable dúplex producido de acuerdo con la presente invención puede utilizarse para, por ejemplo, pozos petrolíferos o pozos de gas (en adelante, colectivamente denominados como "pozos petrolíferos").

**Antecedentes de la técnica**

10 En pozos petrolíferos profundos o pozos petrolíferos en ambientes corrosivos severos que involucran sustancias corrosivas tales como gas de dióxido de carbono húmedo (CO<sub>2</sub>), ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) o ión cloruro (Cl<sup>-</sup>), se utilizan tuberías de acero inoxidable dúplex austenítico-ferrítico que tienen un gran contenido de Cr tal como acero 22Cr o acero 25Cr como tuberías de pozos petrolíferos.

15 Estos aceros inoxidables dúplex austeníticos-ferríticos al haber sido sometidos al tratamiento de solución usualmente aplicado en la producción de los mismos pueden alcanzar como máximo una resistencia tal que la resistencia a la tracción (TS) es del grado de 80 kgf/mm<sup>2</sup> (785 MPa) y el límite elástico (0,2% de tensión de fluencia) es del grado de 60 kgf/mm<sup>2</sup> (588 MPa). En consideración de este problema, el Documento de Patente 1 propone un método para obtener una tubería de acero inoxidable dúplex de alta resistencia que contiene 0,1 a 0,3% de N se somete a un trabajo en frío con una reducción del área de 5 a 50% y posteriormente la tubería se calienta a 100 a 350°C durante 30 minutos o más para producir la tubería deseada. En este caso, se reivindica que una tubería de acero inoxidable dúplex que tiene una alta resistencia se obtiene combinando el endurecimiento por deformación debido al trabajo en frío con el tratamiento de envejecimiento.

25 Sin embargo, en estos años, los pozos petrolíferos tienen una tendencia notable a ser más profundos y, por lo tanto, a los fines del uso en ambientes más severos que los experimentados hasta ahora, se requiere producir tuberías de acero inoxidable dúplex que sean altas en resistencia, en particular, del grado de 110 a 140 ksi (el límite elástico mínimo es 758,3 a 965,2 MPa) y que además tengan varios niveles de resistencia definidos en las especificaciones.

30 Por lo tanto, para ese fin, no es suficiente considerar solo el contenido de N como en el Documento de Patente 1, sino que también es necesario considerar los contenidos de los demás componentes, y además es necesario controlar más estrictamente la relación del trabajo en frío. El método de producción descrito en el Documento de Patente 1 ofrece un problema del deterioro de la eficiencia de la producción o el aumento del costo debido a la adición de la etapa de tratamiento de envejecimiento.

35 A los fines de lograr una alta resistencia a la corrosión y una alta resistencia, el Documento de Patente 2 describe un método en el que un material de acero inoxidable dúplex que contiene Cu se somete a un trabajo en frío con una reducción del área de 35% o más, a partir de ahí se calienta y se temple, y a continuación se somete a un trabajo cálido. Este documento describe un ejemplo convencional, en donde un alambro de acero inoxidable dúplex que contiene Cu se somete a un tratamiento térmico en solución sólida y posteriormente se somete a un trabajo en frío con una reducción de área de 25 a 70% y, de esta manera, se ha obtenido un alambro de alta resistencia que tiene una resistencia a la tracción de 110 a 140 kgf/mm<sup>2</sup>. Sin embargo, esto describe solo un aumento de la resistencia a la tracción debido al trabajo en frío en relación con un alambro, pero no con una tubería, y por lo tanto no es claro cuál es el nivel de límite elástico significativo en el diseño de material de las tuberías de pozos petrolíferos.

40 Además, el Documento de Patente 3 describe un acero de alta resistencia que puede obtenerse mediante un trabajo en frío de reducción baja basado en forjado. Sin embargo, aquí meramente se describe un método para mejorar la resistencia mediante el forjado sucesivo con una relación de trabajo en frío de aproximadamente 0,5 a 1,6% sobre toda la región, en la dirección longitudinal, de un material de acero inoxidable dúplex que se ha sometido a un tratamiento de solución mientras el material se imparte con rotación.

45 El Documento de patente 4 describe un método para producir una tubería de acero inoxidable dúplex excelente tanto en resistencia a la corrosión por CO<sub>2</sub> como resistencia al agrietamiento por corrosión bajo tensión, que comprende el calentamiento a 1000°C o más, el trabajo en caliente a una tubería, posteriormente el templeado directo desde la temperatura de 800°C o más y opcionalmente el trabajo en frío.

## Lista de Citas

50 [Documento de patente 1] JP2-290920A  
 [Documento de patente 2] JP7-207337A  
 [Documento de patente 3] JP5-277611A  
 [Documento de patente 4] JP-S60-88519A

Como se describe anteriormente, cualquiera de los documentos descritos anteriormente revela el hecho de que el trabajo en frío permite alcanzar una alta resistencia. Sin embargo, estos documentos no han investigado nunca específicamente sobre la alta resistencia lograda por el trabajo en frío en donde se tenga en cuenta la composición de la tubería de acero inoxidable dúplex, y no se ha sugerido nunca con respecto al diseño del componente o las condiciones de trabajo en frío apropiadas para alcanzar la resistencia objetivo, en particular, el límite elástico objetivo.

En vista de estas circunstancias, un objetivo de la presente invención es proporcionar un método para producir una tubería de acero inoxidable dúplex que tenga no solo una resistencia a la corrosión requerida para las tuberías de pozos petrolíferos utilizadas en pozos petrolíferos profundos o en ambientes corrosivos severos, sino también una resistencia objetivo.

## 10 Compendio de la invención

A los fines de resolver los problemas descritos anteriormente, los presentes inventores produjeron tuberías de acero inoxidable dúplex usando materiales de acero inoxidable dúplex que tienen diversas composiciones químicas bajo las condiciones en que la relación de trabajo en el laminado en frío final se varió diversamente, y realizaron un experimento para determinar las resistencias a la tracción de estas tuberías; consecuentemente, los presentes inventores obtuvieron los siguientes hallazgos (a) a (h).

(a) Se requiere que las tuberías de acero inoxidable dúplex utilizadas en pozos petrolíferos profundos o en pozos petrolíferos en ambientes corrosivos severos tengan resistencia a la corrosión. Sin embargo, cuando el contenido de C es grande, la precipitación de los carburos tiende a ser excesiva debido a los efectos térmicos al momento de un tratamiento térmico, soldadura o similar y, por lo tanto, desde los puntos de vista de la resistencia a la corrosión y la trabajabilidad del acero, en particular, desde el punto de vista de la resistencia a la corrosión, es necesario reducir el contenido de C.

(b) Mientras el contenido de C se reduce, la resistencia llega a ser insuficiente sin aplicar ningún otro trabajo, se puede mejorar en resistencia una tubería de material producido mediante un trabajo en caliente del material de acero inoxidable dúplex opcionalmente seguido por un tratamiento térmico en solución sólida del material de acero inoxidable dúplex posteriormente aplicando laminado en frío. Aquí, se ha de notar que cuando la relación de trabajo  $R_d$  supera 80% en términos de la reducción del área, se mantiene la alta resistencia, pero se produce el endurecimiento por deformación, y por lo tanto se deteriora la ductilidad o la tenacidad. Por otro lado, cuando la relación de trabajo es menor que 10% en términos de la reducción del área, no se puede alcanzar la alta resistencia destinada. Consecuentemente, es necesario ajustar la relación de trabajo del laminado en frío a 10 a 80% en términos de la reducción del área.

(c) Además, se ha encontrado que cuando la relación de trabajo  $R_d$  al momento de realizar el laminado en frío está en un intervalo de 10 a 80% en términos de la reducción del área, mayor es la relación de trabajo  $R_d$  del laminado en frío final en la tubería de acero inoxidable dúplex, más alto es el límite elástico  $YS$  obtenido para la tubería de acero inoxidable dúplex y la relación entre la relación de trabajo  $R_d$  y el límite elástico  $YS$  se representa como una relación lineal.

También se ha encontrado que la resistencia de la tubería de acero inoxidable dúplex se ve afectada significativamente por el contenido de Cr, y cuanto más alto es el contenido de Cr en el material de acero, se puede obtener una tubería de acero inoxidable dúplex de resistencia más alta. Además, también se ha encontrado que la resistencia de la tubería de acero inoxidable dúplex también se ve afectada significativamente por el contenido de Mo, el contenido de W y el contenido de N, y se puede producir una tubería de acero inoxidable dúplex de alta resistencia conteniendo Mo, W o N.

La Figura 1 es un gráfico de los valores de límite elástico  $YS$  (MPa) obtenidos en una prueba de tracción en contra de los valores de la relación de trabajo  $R_d$  (%) en términos de la reducción del área, para las tuberías de acero inoxidable dúplex que tienen las diversas composiciones químicas utilizadas en el Ejemplo descrito a continuación. La Figura 1 muestra que se produce una correlación entre la relación de trabajo  $R_d$  en términos de la reducción del área y el límite elástico  $YS$ . La Figura 1 también muestra que cuanto más alto es el contenido de Cr o el contenido de W, puede obtenerse una tubería de acero inoxidable dúplex de resistencia más alta.

(d) A continuación, los presentes inventores han pensado que el límite elástico de la tubería de acero inoxidable dúplex depende de la relación de trabajo  $R_d$  al momento de realizar el laminado en frío y la composición química de la tubería de acero inoxidable dúplex y, en consecuencia, se hace posible establecer una técnica de diseño de componentes para asociarse con las condiciones de trabajo de la tubería, apropiada para el fin de alcanzar el límite elástico objetivo para la tubería de acero inoxidable dúplex. En otras palabras, a los fines de alcanzar el límite elástico objetivo para la tubería de acero inoxidable dúplex, se vuelve realizable no la regulación fina basada en la composición química de la tubería de acero inoxidable dúplex, sino la regulación fina basada en la relación de trabajo  $R_d$  al momento de realizar el laminado en frío. Además, resulta innecesario realizar la fusión de una gran cantidad de tipos de aceros inoxidables dúplex preparados variando la composición de la aleación de acuerdo con el nivel de resistencia exigido y, consecuentemente, se puede suprimir el exceso de material de los tochos de material.

Como se describe anteriormente, cuando se puede establecer la técnica de diseño de componentes apropiada asociada con las condiciones de trabajo de la tubería, solo se requiere realizar el laminado en frío, a los fines de obtener una tubería de acero inoxidable dúplex que tiene una resistencia objetivo, bajo las condiciones de laminado en frío objetivo teniendo en cuenta la composición de aleación del material, a saber, con la relación de trabajo Rd objetivo o la relación de trabajo más alta que la relación de trabajo objetivo, sin requerirse variar la composición de aleación del material caso por caso.

(e) Sobre la base de la idea que se describe anteriormente, los presentes inventores han realizado continuamente un estudio diligente sobre las correlaciones entre el límite elástico de la tubería de acero inoxidable dúplex, la relación de trabajo Rd al momento de realizar el laminado en frío y la composición química de la tubería de acero inoxidable dúplex. Consecuentemente, se ha encontrado que cuando la relación de trabajo Rd se encuentra dentro de un intervalo de 10 a 80% en términos de la reducción del área al momento de realizar el laminado en frío, el límite elástico YS (MPa) de la tubería de acero inoxidable dúplex puede calcularse sobre la base de la relación de trabajo Rd al momento de realizar el laminado en frío y los contenidos individuales de Cr, Mo, W y N en la composición química de la tubería de acero inoxidable dúplex y sobre la base de la siguiente fórmula (2):

$$YS=(14,5 \times Cr+48,3 \times Mo+20,7 \times W+6,9 \times N) \times (Rd)^{0,195} \quad (2)$$

en donde YS y Rd significan el límite elástico (MPa) y la relación de trabajo (%) en términos de la reducción del área, respectivamente, y Cr, Mo, W y N significan los contenidos (% en masa) de los elementos respectivos.

En general, los ejemplos del método de trabajo en frío incluyen un estirado en frío usando una máquina de estirado con una boquilla y un tapón y un laminado en frío usando un molino pilger con rodillos y un mandril. Sin embargo, los presentes inventores han encontrado que incluso cuando las relaciones de trabajo determinadas por la misma reducción del área están concernidas, la resistencia de la tubería obtenida mediante el estirado en frío es más alta que la resistencia de la tubería de la presente invención obtenida mediante laminado en frío, y la fórmula descrita anteriormente (2) no es aplicable a la relación entre la relación de trabajo Rd en el estirado en frío y el límite elástico YS (MPa). Consecuentemente, en la presente invención, el método de producción se restringe al método para producir una tubería de alta aleación a través de una etapa de laminado en frío.

La Figura 2 es un gráfico de los valores de límite elástico YS (MPa) realmente obtenidos por una prueba de tracción en contra de los valores obtenidos mediante la sustitución, en el lado derecho de la fórmula descrita anteriormente (2), las composiciones químicas y las relaciones de trabajo Rd (%) en términos de la reducción del área, para las diversas tuberías de acero inoxidable dúplex utilizadas en el Ejemplo descrito a continuación, en donde la abscisa representa el valor del lado derecho de la fórmula (2) y la ordenada representa el YS. La Figura 2 muestra que, en lo que se refiere al tubo de acero inoxidable dúplex, el límite elástico de la tubería de acero inoxidable dúplex se puede obtener con una precisión satisfactoria, de acuerdo con la fórmula (2), a partir de la composición química de la tubería de acero inoxidable dúplex y la relación de trabajo Rd (%) en términos de la reducción del área para la tubería de acero inoxidable dúplex.

(f) Por consiguiente, a los fines de obtener una tubería de acero inoxidable dúplex que tenga una resistencia objetivo, solo se requiere desarrollar, mediante el laminado en frío, la fracción del límite elástico exclusiva del límite elástico desarrollada por los componentes de aleación del material, a saber, por los contenidos de Cr, Mo, W y N. Por lo tanto, a los fines de alcanzar el límite elástico MYS objetivo (grado de 110 a 140 ksi (el límite elástico mínimo es 758,3 a 965,2 MPa)), después de la selección de la composición química de la tubería de acero inoxidable dúplex, solo se requiere realizar el laminado en frío final con la relación de trabajo Rd (%) obtenida de la fórmula descrita anteriormente (2) o la relación de trabajo más grande que esta relación de trabajo. Consecuentemente, solo se requiere realizar el laminado en frío bajo las condiciones en que la relación de trabajo Rd, en términos de la reducción del área en la etapa final de laminado en frío, se encuentre dentro de un intervalo de 10 a 80% y además se cumpla la siguiente fórmula (1):

$$Rd=\exp \left\{ \frac{\ln(MYS)-\ln(14,5 \times Cr+48,3 \times Mo+20,7 \times W+6,9 \times N)}{0,195} \right\} \quad (1)$$

en donde Rd y MYS significan la relación de trabajo (%) en términos de la reducción del área y el límite elástico objetivo (MPa), respectivamente, y Cr, Mo, W y N significan los contenidos (% en masa) de los elementos individuales, respectivamente.

(g) Se ha encontrado también que a los fines de obtener una tubería de acero inoxidable dúplex que tenga una resistencia más alta, a saber, una tubería de alta aleación que tiene un límite elástico MYS objetivo (grado de 125 a 140 ksi (el límite elástico mínimo es 861,8 a 965,2 MPa)), solo se requiere regular la relación de trabajo Rd en términos de la reducción del área en la etapa final de laminado en frío para encontrarse particularmente dentro de un intervalo de 25 a 80% o para aumentar el contenido de Mo y el contenido de W en el acero dúplex para encontrarse dentro de un intervalo de 2 a 4% en masa y dentro de un intervalo de 1,5 a 6% en masa, respectivamente. Además, también se ha encontrado que cuando la relación de trabajo Rd en términos de la reducción del área en la etapa final de laminado en frío se regula para encontrarse dentro de un intervalo de 25 a 80% y el contenido de Mo y el contenido de W en el acero dúplex se aumentan

para encontrarse dentro de un intervalo de 2 a 4% en masa y dentro de un intervalo de 1,5 a 6% en masa, respectivamente, es posible producir una tubería de acero inoxidable dúplex en el que el límite elástico objetivo es de un grado más alto de 140 ksi (el límite elástico mínimo es 965,2 MPa).

5 (h) Como se describe anteriormente, para la tubería de acero inoxidable dúplex, sin añadir excesivamente los componentes de aleación, seleccionando las condiciones de trabajo en frío, se puede alcanzar el límite elástico objetivo. Consecuentemente, se puede lograr la reducción del costo de la materia prima. Además, seleccionando las condiciones de trabajo en frío de conformidad con la composición de aleación del material, se puede obtener la tubería de acero inoxidable dúplex que tiene la resistencia objetivo, y por lo tanto se vuelve innecesario realizar la fusión de una gran cantidad de tipos de aceros inoxidables dúplex variando la  
10 composición de la aleación dependiendo del nivel de resistencia. Por consiguiente, se puede suprimir el exceso de material de los tochos de material.

La presente invención se ha perfeccionado sobre la base de tales nuevos hallazgos que se describen anteriormente y la esencia de la presente invención es como se describe en los siguientes aspectos (1) a (4).

15 (1) Un método para producir una tubería de acero inoxidable dúplex que tiene un límite elástico mínimo de 758,3 a 965,2 MPa, que comprende:

preparar una tubería de material de acero inoxidable dúplex para trabajo en frío, que tiene una composición química que consiste, en % en masa, en C: 0,03% o menos, Si: 1% o menos, Mn: 0,1 a 4%, Cr: 20 a 35%, Ni: 3 a 10%, Mo: 0 a 6%, W: 0 a 6%, Cu: 0 a 3% y N: más de 0,17 y no más de 0,60%, y siendo el resto Fe e impurezas, mediante un trabajo en caliente opcionalmente seguido por  
20 un tratamiento térmico en solución sólida; y

producir la tubería de acero inoxidable dúplex posteriormente sometiendo la tubería de material a un laminado en frío,

en donde el laminado en frío se realiza bajo las condiciones en que la relación de trabajo Rd, en términos de la reducción del área, en la etapa final de laminado en frío se encuentre dentro de un  
25 intervalo de 10 a 80% y se cumpla la siguiente fórmula (1):

$$Rd = \exp\{\ln(MYS) - \ln(14,5 \times Cr + 48,3 \times Mo + 20,7 \times W + 6,9 \times N)\} / 0,195 \quad (1)$$

en donde Rd y MYS significan la relación de trabajo (%) en términos de la reducción del área y el límite elástico objetivo (MPa), respectivamente, y Cr, Mo, W y N significan los contenidos (% en masa) de los elementos individuales, respectivamente.

30 (2) El método de acuerdo con el aspecto (1), que es un método para producir una tubería de acero inoxidable dúplex que tiene un límite elástico mínimo de 861,8 a 965,2 MPa,

en donde el laminado en frío se realiza bajo las condiciones en que la relación de trabajo Rd, en términos de la reducción del área, en la etapa final de laminado en frío se encuentre dentro de un  
intervalo de 25 a 80%.

35 (3) El método de acuerdo con el aspecto (1), que es un método para producir una tubería de acero inoxidable dúplex que tiene un límite elástico mínimo de 861,8 a 965,2 MPa,

la tubería de material de acero inoxidable dúplex para trabajo en frío que tiene, en % en masa, Mo: 2 a 6%, W: 1,5 a 6%.

40 (4) El método de acuerdo con el aspecto (3), que es un método para producir una tubería de acero inoxidable dúplex que tiene un límite elástico mínimo de 965,2 MPa,

en donde el laminado en frío se realiza bajo las condiciones en que la relación de trabajo Rd, en términos de la reducción del área en la etapa final de laminado en frío se encuentre dentro de un  
intervalo de 25 a 80%.

En las composiciones químicas de los materiales de acero inoxidable dúplex utilizados en la presente invención, las  
45 "impurezas" en el resto que son "Fe e impurezas" significan las sustancias que contaminan los materiales de acero cuando las tuberías de acero inoxidable dúplex se producen industrialmente, debido a las materias primas tales como minerales y desechos, y debido a diversos otros factores en el proceso de producción, y se dejan contaminar dentro de los intervalos que no afectan negativamente la presente invención.

De acuerdo con la presente invención, se puede producir una tubería de acero inoxidable dúplex que no solo tiene la  
50 resistencia a la corrosión requerida para tuberías de pozos petrolíferos utilizadas en pozos petrolíferos profundos o en ambientes corrosivos severos, sino también una resistencia objetivo sin añadir excesivamente componentes de aleación, seleccionando las condiciones de trabajo en frío.

**Breve descripción de los dibujos**

[Fig. 1] La Fig. 1 es el gráfico, para tuberías de acero inoxidable dúplex, de los valores de límite elástico YS (MPa) obtenidos en una prueba de tracción en contra de los valores de la relación de trabajo Rd (%) en términos de la reducción del área.

5 [Fig. 2] La Fig. 2 es un gráfico, para tuberías de acero inoxidable dúplex, de los valores de límite elástico YS (MPa) obtenidos por una prueba de tracción en contra de los valores obtenidos mediante la sustitución, en el lado derecho de la fórmula descrita anteriormente (2), las composiciones químicas y las relaciones de trabajo Rd (%) en términos de la reducción del área, en donde la abscisa representa el valor del lado derecho de la fórmula (2) y la ordenada representa el YS.

10 **Descripción de las realizaciones**

A continuación, se hace una descripción sobre las razones para limitar la composición química del material de acero inoxidable dúplex utilizado en el método para producir una tubería de acero inoxidable dúplex de acuerdo con la presente invención. Aquí, se ha de notar que "%" en cada uno de los contenidos de los elementos individuales representa "% en masa".

15 C: 0,03% o menos

C es un elemento que tiene un efecto para estabilizar la fase austenítica para mejorar la resistencia y también tiene un efecto para obtener una microestructura precipitando los carburos al momento del aumento de la temperatura en el tratamiento térmico. Sin embargo, cuando el contenido de C supera 0,03%, la precipitación de los carburos se vuelve excesiva debido a los efectos térmicos al momento de un tratamiento térmico o soldadura y, por lo tanto, se deteriora la resistencia a la corrosión y la trabajabilidad del acero. Consecuentemente, el límite superior del contenido de C se establece en 0,03%. El límite superior del contenido de C preferiblemente es 0,02%.

Si: 1% o menos

25 Si es un elemento que es efectivo como desoxidante y también tiene un efecto para obtener una microestructura precipitando un compuesto intermetálico al momento del aumento de la temperatura en el tratamiento térmico y, de esta manera, Si puede estar contenido si es necesario. Estos efectos se obtienen por el contenido de Si de 0,05% o más. Sin embargo, cuando el contenido de Si supera 1%, la precipitación del compuesto intermetálico se vuelve excesiva debido a los efectos térmicos al momento de un tratamiento térmico o soldadura y, de esta manera, se deteriora la resistencia a la corrosión y la trabajabilidad del acero, y consecuentemente, el contenido de Si se establece en 1% o menos. El intervalo del contenido de Si preferiblemente es 0,7% o menos.

30 Mn: 0,1 a 4%

Mn es un elemento que es efectivo como desoxidante similarmente a Si como se describe anteriormente y, al mismo tiempo, fija S, inevitablemente contenido en el acero, como sulfuro para mejorar la trabajabilidad en caliente. El efecto de Mn se obtiene con el contenido de Mn de 0,1% o más. Sin embargo, cuando el contenido de Mn supera 4%, la trabajabilidad en caliente se deteriora y además se ve afectada negativamente la resistencia a la corrosión. Consecuentemente, el contenido de Mn se establece en 0,1 a 4%. El intervalo del contenido de Mn preferiblemente es de 0,1% a 2% y más preferiblemente 0,3 a 1,5%.

Cr: 20 a 35%

40 Cr es un componente fundamental que es efectivo en el mantenimiento de la resistencia a la corrosión y la mejora de la resistencia. A los fines de lograr estos efectos, es necesario establecer el contenido de Cr en 20% o más. Sin embargo, cuando el contenido de Cr supera 35%, la fase  $\sigma$  tiende a precipitarse y se deteriora tanto la resistencia a la corrosión como la tenacidad. Consecuentemente, el contenido de Cr se establece en 20 a 35%. A los fines de obtener una resistencia más alta, el contenido de Cr preferiblemente es 23% o más. Por otro lado, desde el punto de vista de la tenacidad, el contenido de Cr preferiblemente es 28% o menos.

Ni: 3 a 10%

45 Ni es un elemento que está contenido para estabilizar la fase austenítica y para obtener una microestructura dúplex. Cuando el contenido de Ni es menor que 3%, predomina la fase ferrítica y no se obtiene ninguna microestructura dúplex. Por otro lado, cuando el contenido de Ni supera 10%, predomina la fase austenítica y no se obtiene ninguna microestructura dúplex, y además se perjudica la economía, porque Ni es un elemento costoso y, de esta manera, el contenido de Ni se establece en 3 a 10%. Es preferible establecer el límite superior del contenido de Ni en 8%.

50 Mo: 0 a 6% (inclusivo de 0%)

Mo es un elemento que mejora la resistencia por picaduras y la resistencia a la corrosión por grietas, y al mismo tiempo, mejora la resistencia a través del fortalecimiento de la solución sólida y, de esta manera, Mo puede estar contenido si es necesario. Cuando se pretende obtener el efecto de Mo, Mo preferiblemente está contenido en un

5 contenido de 0,5% o más. Por otro lado, cuando Mo está contenido excesivamente, la fase  $\sigma$  tiende a precipitarse y se deteriora la tenacidad. Consecuentemente, el contenido de Mo se establece preferiblemente en 0,5 a 6%. Cuando se pretende obtener una tubería de acero inoxidable dúplex que tenga una resistencia más alta, el contenido de Mo preferiblemente se establece en 2 a 6% y cuando se pretende estabilizar más la microestructura y la tenacidad, el contenido de Mo preferiblemente se establece en 2 a 4%.

W: 0 a 6% (inclusivo de 0%)

10 W es un elemento que, similarmente a Mo, mejora la resistencia por picaduras y la resistencia a la corrosión por grietas, y al mismo tiempo, mejora la resistencia a través del fortalecimiento de la solución sólida y, de esta manera, W puede estar contenido si es necesario. Cuando se pretende obtener el efecto de W, W preferiblemente está contenido en un contenido de 0,5% o más. Por otro lado, cuando Mo está contenido excesivamente, la fase  $\sigma$  tiende a precipitarse y se deteriora la tenacidad. Consecuentemente, el contenido de W se establece preferiblemente en 0,5 a 6%. Cuando se pretende obtener una tubería de acero inoxidable dúplex que tenga una resistencia más alta, el contenido de W se establece más preferiblemente es 1,5 a 6%.

15 Como se describe anteriormente, no se requiere que tanto Mo como W estén necesariamente contenidos; sin embargo, ya sea uno o ambos de Mo y W pueden estar contenidos. Cuando cualquiera de Mo y W está contenido, los contenidos preferidos de Mo y W y los contenidos más preferidos de Mo y W son los descritos anteriormente. Cuando ambos de Mo y W están contenidos, es preferible establecer el contenido de Mo en 0,5 a 6% y el contenido de W en 0,5 a 6%. Cuando se pretende obtener una tubería de acero inoxidable dúplex que tenga una resistencia más alta, es más preferible establecer el contenido de Mo en 2 a 6% y el contenido de W en 1,5 a 6%.

20 Cu: 0 a 3% (inclusivo de 0%)

25 Cu es un elemento que mejora la resistencia a la corrosión y la resistencia a la corrosión del límite del grano, y Cu puede estar contenido si es necesario. Cuando se pretende obtener el efecto de Cu, Cu preferiblemente está contenido en un contenido de 0,1% o más y más preferiblemente en un contenido de 0,3% o más. Sin embargo, cuando el contenido de Cu supera el 3%, el efecto de Cu se satura y se deteriora negativamente la trabajabilidad en caliente y la tenacidad. Consecuentemente, cuando Cu está contenido, el contenido de Cu preferiblemente se establece en 0,1% a 3% y más preferiblemente en 0,3 a 2%.

N: más de 0,17% y no más de 0,60%

30 N es un elemento que mejora la estabilidad de la fase austenítica, y al mismo tiempo mejora la resistencia por picaduras y la resistencia a la corrosión por grietas del acero inoxidable dúplex. Además, similarmente a C, N tiene un efecto para estabilizar la fase austenítica y así mejorar la resistencia, y por lo tanto es un elemento importante para la presente invención que alcanza una alta resistencia. Cuando el contenido de N es menor que 0,17%, no se obtiene un efecto suficiente de N. Por otro lado, cuando el contenido de N supera 0,60%, se deteriora la tenacidad y la trabajabilidad en caliente y, consecuentemente, el contenido de N se establece en más de 0,17% y no más de 0,60%. El límite superior del contenido de N preferiblemente se establece en 0,35%. El contenido de N es más preferiblemente 35 0,20 a 0,30%.

Además, sobre la base de las razones descritas a continuación, P, S y O contenidos como las impurezas preferiblemente se limitan de tal manera que P: 0,04% o menos, S: 0,03% o menos y O: 0,010% o menos.

P: 0,04% o menos

40 P está contenido como una impureza y cuando el contenido de P supera 0,04%, la trabajabilidad en caliente se deteriora, y se deteriora también la resistencia a la corrosión y la tenacidad. Consecuentemente, el límite superior del contenido de P preferiblemente se establece en 0,04%.

S: 0,03% o menos

45 S está contenido como una impureza, similarmente a P como se describe anteriormente, y cuando el contenido de S supera 0,03%, la trabajabilidad en caliente se deteriora notablemente y, además, los sulfuros funcionan como los puntos de partida de la aparición de picaduras para perjudicar la resistencia por picaduras. Consecuentemente, el límite superior del contenido de S preferiblemente se establece en 0,03%.

O: 0,010% o menos

50 En la presente invención, N está contenido en una cantidad más grande de 0,15 a 0,60% y, de esta manera, la trabajabilidad en caliente tiende a deteriorarse. Consecuentemente, el contenido de O se establece preferiblemente en 0,010% o menos.

El acero inoxidable dúplex de acuerdo con la presente invención puede contener además uno o más de Ca, Mg y los elementos de tierras raras (REM, por sus siglas en inglés), además de los elementos descritos anteriormente. Las razones de por qué estos elementos pueden estar contenidos y los contenidos de estos elementos cuando estos elementos están contenidos son las siguientes.

Ca: 0,01% o menos, Mg: 0,01% o menos y Elemento(s) de tierras raras (REM): 0,2% o menos de uno o más elementos

Estos componentes pueden estar contenidos si es necesario. Cuando están contenidos, cualquiera de estos elementos fija S que perturba la trabajabilidad en caliente, como sulfuro, y por lo tanto tiene un efecto para mejorar la trabajabilidad en caliente. Sin embargo, cuando el contenido de cualquiera de Ca y Mg supera 0,01% o el contenido de los REM supera 0,2%, se producen óxidos gruesos y se provoca el deterioro de la trabajabilidad en caliente. Por consiguiente, cuando están contenidos estos elementos, los límites superiores de estos elementos se establecen en 0,01% para Ca y Mg y 0,2% para el/los REM, respectivamente. Se ha de notar que, a los fines de desarrollar ciertamente el efecto de mejora de la trabajabilidad en caliente, es preferible que contenga Ca y Mg cada uno en un contenido de 0,0005% o más y el/los REM en un contenido de 0,001% o más. En la presente memoria, REM es un nombre genérico para los 17 elementos que son los 15 elementos lantánidos e Y y Sc, y uno o más de estos elementos pueden estar contenidos. El contenido de los REM significa la suma de los contenidos de estos elementos.

La tubería de acero inoxidable dúplex de la presente invención contiene los elementos esenciales descritos anteriormente y además los elementos opcionales descritos anteriormente, siendo el resto Fe e impurezas, y se puede producir mediante el equipo de producción y el método de producción utilizado para la producción comercial habitual. Por ejemplo, para la fusión del acero inoxidable dúplex, se puede utilizar un horno eléctrico, un horno de descarbonación de soplado de gas de fondo mezclado Ar-O<sub>2</sub> (horno AOD), un horno de descarbonación al vacío (horno VOD) o similares. El acero fundido obtenido mediante fusión se puede fundir en lingotes, o se puede fundir en tochos de varilla mediante un método de fundición continua. Mediante el uso de estos tochos, con un método de producción de tuberías de extrusión tal como el proceso de Ugine-Sejournet o con un trabajo en caliente tal como el proceso de fabricación de tuberías Mannesmann, se puede producir una tubería de material de acero inoxidable dúplex para trabajo en frío. La tubería de material después del trabajo en caliente se convierte en una tubería de producto que tiene una resistencia destinada mediante laminado en frío.

En la presente invención, se especifica la relación de trabajo al momento del trabajo en frío final, la tubería de material para trabajo en frío, obtenido mediante el trabajo en caliente, se somete a un tratamiento térmico en solución sólida si es necesario, y posteriormente se realiza una descalcificación para eliminar las escamas en la superficie de la tubería, y de esta manera se puede producir una tubería de acero inoxidable dúplex que tiene una resistencia destinada mediante una ejecución de trabajo en frío. Alternativamente, antes del trabajo en frío final, se realiza el tratamiento térmico en solución sólida llevando a cabo una o más ejecuciones de trabajo en frío intermedio y el laminado en frío final se puede realizar después de la descalcificación. Mediante la realización de un trabajo en frío intermedio, la relación de trabajo en el laminado en frío final se controla fácilmente y, al mismo tiempo, en comparación con el caso en el que se aplica el trabajo en frío en el estado de haber sido sometido al trabajo en caliente, se puede obtener una tubería que tiene una dimensión de tubo de precisión más alta mediante el trabajo en frío final.

[Ejemplo 1]

Primero, los aceros inoxidables dúplex que tienen las composiciones químicas mostradas en la Tabla 1 se fundieron con un horno eléctrico y se regularon con respecto a los componentes de manera tal que tuvieran aproximadamente las composiciones químicas destinadas, y a continuación, la fusión se realizó mediante un método en el que utilizando un horno AOD, se llevó a cabo un tratamiento de descarbonación y un tratamiento de desulfuración. Cada uno de los aceros fundidos obtenidos se fundió en un lingote que tiene un peso de 1500 kg y un diámetro de 500 mm. A continuación, el lingote se cortó a una longitud de 1000 mm para producir un tocho para su uso en la producción de tuberías de extrusión. Posteriormente, mediante el uso de este tocho, se formó una tubería de material para trabajo en frío mediante el método de producción de tuberías de extrusión en caliente basado en el proceso de Ugine-Sejournet.

[Tabla 1]

Tabla 1

Prueba Núm.	Composición química					(% en masa, el resto: Fe e impurezas)					
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	W	Cu	N
1	0,017	0,31	0,49	0,025	0,0006	24,81	6,56	3,07	2,08	0,50	0,272
2	0,017	0,31	0,49	0,025	0,0006	24,81	6,56	3,07	2,08	0,50	0,272
3	0,017	0,31	0,49	0,025	0,0006	24,81	6,56	3,07	2,08	0,50	0,272
4	0,017	0,31	0,49	0,025	0,0006	24,81	6,56	3,07	2,08	0,50	0,272
5	0,016	0,30	0,50	0,024	0,0006	25,00	6,70	3,15	2,10	0,50	0,280
6	0,016	0,30	0,50	0,024	0,0006	25,00	6,70	3,15	2,10	0,50	0,280



## ES 2 708 945 T3

7	0,016	0,30	0,50	0,024	0,0006	25,00	6,70	3,15	2,10	0,50	0,280
8	0,016	0,30	0,50	0,024	0,0006	25,00	6,70	3,15	2,10	0,50	0,280
9	0,023	0,40	1,20	0,028	0,0005	22,50	5,10	3,20	0,12	0,20	0,175
10	0,023	0,40	1,20	0,028	0,0005	22,50	5,10	3,20	0,12	0,20	0,175

5 Cada una de las tuberías de material obtenidas para trabajo en frío se sometió a un trabajo en frío intermedio y posteriormente se sometió a un tratamiento térmico de solución bajo las condiciones en que la refrigeración por agua se realice después de mantenerse a 1050 a 1120°C durante 2 minutos o más. Posteriormente, se varió la relación de trabajo Rd (%) en términos de la reducción del área de manera tal de tener diferentes valores como se muestra en la Tabla 2 y además se realizó el trabajo en frío final basado en el laminado en frío usando un molino pilger y, por lo tanto, se obtuvo una tubería de acero inoxidable dúplex. Se ha de notar que antes de que se realizara el laminado en frío, se aplicó granallado al tubo y, de esta manera, se sacaron las escamas de la superficie. Las dimensiones (el diámetro exterior en mm x el espesor de la pared en mm) de cada una de las tuberías antes y después del trabajo en frío final se muestran en la Tabla 2.

[Tabla 2]

Tabla 2

Prueba Núm.	Dimensiones antes del laminado en frío final (Diámetro exterior x espesor de la pared)	Dimensiones después del laminado en frío final (Diámetro exterior x espesor de la pared)	RD (%)	Lado derecho de la Fórmula (2) (MPa)	Valor obtenido	
					YS (MPa)	TS (MPa)
1	102x6,6	63,5x6,6	39,9	1134,7	1144,4	1268,5
2	102x6,6	63,5x5,5	48,5	1178,7	1192,7	1289,2
3	102x6,6	63,5x4,2	59,3	1225,8	1227,1	1323,7
4	102x6,6	63,5x3,2	68,5	1260,8	1261,6	1365,0
5	46,5x7,25	25,5x3,25	75,0	1299,8	1282,3	1371,9
6	70x6,5	63,5x6,5	10,2	880,8	861,8	965,2
7	70x6,5	63,5x5,7	20,3	1007,4	992,7	1068,6
8	70x6,5	63,5x4,9	30,3	1089,2	1082,4	1137,5
9	68,5x8,0	51,0x8,0	28,9	933,6	941,0	1006,5
10	68,5x9,25	51,0x8,0	37,2	980,7	985,9	1027,2

15 Posteriormente, a partir de las tuberías de acero inoxidable dúplex obtenidas, se tomaron muestras de los especímenes de la prueba de tracción en forma de arco en la dirección del eje de la tubería y se sometieron a una prueba de tracción. Los valores observados como los resultados de la prueba, a saber, los valores del límite elástico YS (MPa) (0,2% de tensión de fluencia) y los valores de la resistencia a la tracción TS (MPa) en la prueba de tracción se muestran en la Tabla 2 junto con los valores numéricos basados en el lado derecho de la fórmula (2).

20 Como se muestra en la Tabla 2, seleccionando apropiadamente la composición de aleación y la relación de trabajo Rd en términos de la reducción del área en la etapa de laminado en frío, se puede producir una tubería de alta aleación que tiene una alta resistencia con un límite elástico de 758,3 a 965,2 MPa (grado de 110 a 140 ksi) como la resistencia objetivo. Además, estableciendo la relación de trabajo Rd dentro de un intervalo de 25 a 80% o aumentando el contenido de Mo y el contenido de W en el acero inoxidable dúplex para que sea 2 a 4% y 1,5 a 6%, respectivamente, se puede producir una tubería de acero inoxidable dúplex que tiene una resistencia adicional más alta.

25 **Aplicabilidad industrial**

30 Los resultados son como se describe anteriormente y, por lo tanto, de acuerdo con la presente invención, se puede producir una tubería de acero inoxidable dúplex que tiene no solo una resistencia a la corrosión que se requiere para las tuberías de pozos petrolíferos utilizadas en pozos petrolíferos profundos o en ambientes corrosivos severos, sino también una resistencia objetivo, sin añadir excesivamente componentes de aleación, seleccionando las condiciones de trabajo en frío.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para producir una tubería de acero inoxidable dúplex que tiene un límite elástico mínimo de 758,3 a 965,2 MPa, que comprende:

5 preparar una tubería de material de acero inoxidable dúplex para trabajo en frío, que tiene una composición química que consiste, en % en masa, en C: 0,03% o menos, Si: 1% o menos, Mn: 0,1 a 4%, Cr: 20 a 35%, Ni: 3 a 10%, Mo: 0 a 6%, W: 0 a 6%, Cu: 0 a 3% y N: más de 0,17 y no más de 0,60%, y siendo el resto Fe e impurezas, mediante un trabajo en caliente opcionalmente seguido por un tratamiento térmico en solución sólida; y

producir la tubería de acero inoxidable dúplex posteriormente sometiendo la tubería de material a un laminado en frío,

10 en donde el laminado en frío se realiza bajo las condiciones en que la relación de trabajo Rd, en términos de la reducción del área en la etapa final de laminado en frío se encuentre dentro de un intervalo de 10 a 80% y se cumpla la siguiente fórmula (1):

$$Rd = \exp\{\ln(MYS) - \ln(14,5xCr + 48,3xMo + 20,7xW + 6,9xN)\} / 0,195 \quad (1)$$

15 en donde Rd y MYS significan la relación de trabajo (%) en términos de la reducción del área y el límite elástico objetivo (MPa), respectivamente, y Cr, Mo, W y N significan los contenidos (% en masa) de los elementos individuales, respectivamente.

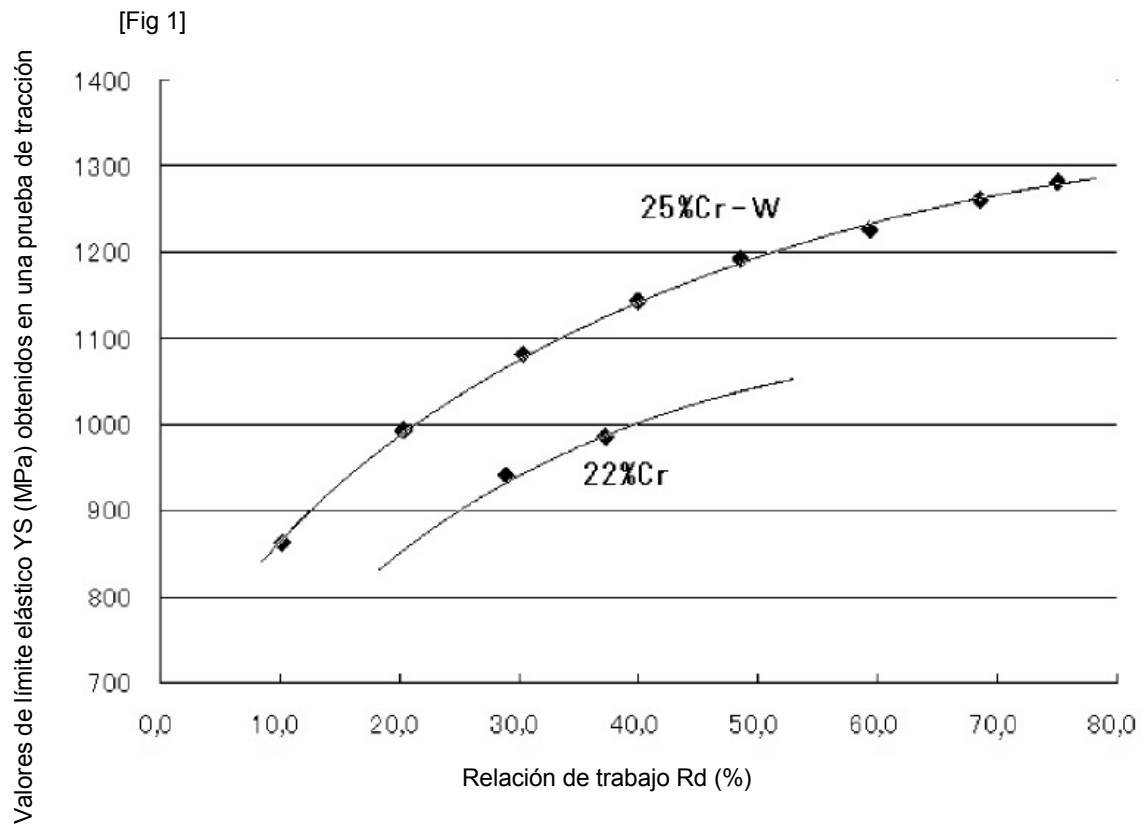
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, siendo un método para producir una tubería de acero inoxidable dúplex que tiene un límite elástico mínimo de 861,8 a 965,2 MPa,

20 en donde el laminado en frío se realiza bajo las condiciones en que la relación de trabajo Rd, en términos de la reducción del área en la etapa final de laminado en frío se encuentra dentro de un intervalo de 25 a 80%.

3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que es un método para producir una tubería de acero inoxidable dúplex que tiene un límite elástico mínimo de 861,8 a 965,2 MPa,

teniendo la tubería de material de acero inoxidable dúplex para el trabajo en frío, en % en masa, Mo: 2 a 6%, W: 1,5 a 6%.

25 4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, que es un método para producir una tubería de acero inoxidable dúplex que tiene un límite elástico mínimo de 965,2 MPa, en donde el laminado en frío se realiza bajo las condiciones en que la relación de trabajo Rd, en términos de la reducción del área, en la etapa final de laminado en frío, se encuentra dentro de un intervalo de 25 a 80%.



[Fig 2]

