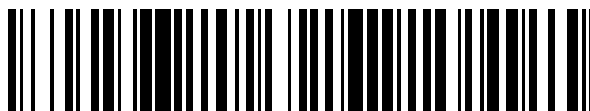


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 670 008**

51 Int. Cl.:

C21D 6/00	(2006.01)	C22C 38/44	(2006.01)
C21D 8/02	(2006.01)	C22C 38/48	(2006.01)
C21D 9/46	(2006.01)	C22C 38/50	(2006.01)
C22C 38/00	(2006.01)	C22C 38/58	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)		
C22C 38/22	(2006.01)		
C22C 38/26	(2006.01)		
C22C 38/28	(2006.01)		
C22C 38/38	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.05.2012 PCT/CN2012/076049**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **04.04.2013 WO13044640**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.05.2012 E 12836145 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.04.2018 EP 2762598**

54 Título: **Chapa de acero con una baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad y método de fabricación de la misma**

30 Prioridad:

26.09.2011 CN 201110287965

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

29.05.2018

73 Titular/es:

**BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD. (100.0%)
No.885, Fujin Road, Baoshan District
Shanghai 201900, CN**

72 Inventor/es:

**ZHANG, AIWEN;
JIAO, SIHAI;
YUAN, XIANGQIAN y
CHEN, YUSHAN**

74 Agente/Representante:

MILTENYI, Peter

ES 2 670 008 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

Chapa de acero con una baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad y método de fabricación de la misma

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una chapa de acero laminada en caliente con alta tenacidad y a un método de fabricación de la misma, en particular a una chapa de acero con un límite de fluencia de 500 MPa, baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad y a un método de fabricación de la misma. La chapa de acero de la presente invención tiene una baja razón de fluencia-tracción, y tuberías de transporte fabricadas a partir de las mismas pueden resistir una gran deformación y están adaptadas para zonas sísmicas de alta actividad.

Antecedentes de la invención

10 Habitualmente, las tuberías de gas y petróleo tradicionales se fabrican mediante aleación con Nb y laminación controlada, lo cual da como resultado que la razón de fluencia-tracción del acero para tuberías es relativamente alta, normalmente mayor de o igual a 0,85, por tanto, este tipo de acero para tuberías no está adaptado para fabricar tuberías de transporte usadas en zonas sísmicas de alta actividad.

15 El documento CN101962733A da a conocer un acero para tuberías con alta deformabilidad X80 con un bajo coste y alta tenacidad y el método de fabricación del mismo, en el que C: 0,02-0,08%, Si \leq 0,40%, Mn: 1,2-2,0%, P \leq 0,015%, S \leq 0,004%, Cu \leq 0,40%, Ni \leq 0,30%, Mo: 0,10-0,30%, Nb: 0,03-0,08%, Ti: 0,005-0,03%, y se adopta la tecnología del mismo según la cual la temperatura de empapado es de 1200-1250°C, la temperatura de acabado de laminación de la zona de recristalización es de 1000-1050°C, la temperatura de inicio de laminación para la laminación de acabado es de 880-950°C, y la temperatura de acabado de laminación del mismo es de 780-850°C; se enfría con aire el acero
20 mediante dos etapas a una velocidad de 1-3°C/s hasta una temperatura que está 20-80°C por debajo de Ar₃, obteniendo así ferrita al 20-40%; se somete a enfriamiento laminar a una velocidad de 15-30°C/s hasta 250-450°C, obteniendo chapa de acero con ferrita (20-40%) + bainita + martensita (1-3%) cuyo límite de fluencia es de 530-630 MPa, resistencia a la tracción es de 660-800 MPa, uEL es de \geq 10%, y la razón de fluencia-tracción es de \leq 0,80. Las propiedades tales como la razón de fluencia-tracción y la elongación de la chapa de acero todavía no pueden
25 cumplir los requisitos sobre la resistencia a una gran deformación de las tuberías de transporte usadas en zonas sísmicas de alta actividad.

El documento JP2009235524A da a conocer un acero de alta resistencia a la tracción, baja razón de fluencia y alta tenacidad y su método en el que la laminación en caliente se inicia tras calentar un bloque hasta un intervalo de temperatura de 1050 a 1150°C.

30 El documento JP2011074443A da a conocer una lámina de acero que incluye una estructura de ferrita, bainita y martensita.

El documento WO 2012/027900 A1 da a conocer una lámina de acero para una tubería con una tenacidad a baja temperatura que tiene una estructura de bainita-martensita en el cuerpo principal, y una resistencia a la tracción de más de 600 MPa.

35 Por tanto, actualmente se necesita una chapa de acero con una baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad para fabricar tuberías de transporte usadas en zonas sísmicas de alta actividad que puedan resistir una gran deformación.

Sumario de la invención

40 El objetivo de la presente invención es proporcionar una chapa de acero para tuberías con un límite de fluencia por encima de 500 MPa, baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad, particularmente proporcionar una chapa de acero que tenga un grosor de 10-25 mm. El tipo de chapa de acero es apropiado para fabricar tubos de acero que actúen como tuberías de transporte con alta deformabilidad entre zonas sísmicas de alta actividad.

45 Para lograr el objetivo anteriormente mencionado, la chapa de acero de la presente invención según la reivindicación 1 consiste en las siguientes composiciones químicas, en peso, C: 0,05-0,08%, Si: 0,15-0,30%, Mn: 1,55-1,85%, P \leq 0,015%, S \leq 0,005%, Al: 0,015-0,04%, Nb: 0,015-0,025%, Ti: 0,01-0,02%, Cr: 0,20-0,40%, Mo: 0,18-0,30%, N: \leq 0,006%, O \leq 0,004%, Ca: 0,0015-0,0050%, Ni \leq 0,40%, en la que, la razón Ca/S es de \geq 1,5, siendo el resto hierro e impurezas inevitables.

Preferiblemente, Si está al 0,16-0,29% en peso.

Preferiblemente, Mn está al 1,55-1,83% en peso.

50 Preferiblemente, N está a \leq 0,0055% en peso, y preferiblemente al 0,003-0,0045% en peso.

Preferiblemente, P está a \leq 0,008% en peso, y S está a \leq 0,003% en peso.

Preferiblemente, Al está al 0,02-0,035% en peso.

Preferiblemente, Ni está a $\leq 0,25\%$ en peso.

Preferiblemente, Cr está al 0,24-0,36% en peso.

Preferiblemente, Mo está al 0,19-0,26% en peso.

5 Preferiblemente, Nb está al 0,018-0,024% en peso.

Preferiblemente, Ti está al 0,012-0,019% en peso.

Preferiblemente, Ca está al 0,0030-0,0045% en peso.

En la presente invención, a menos que se especifique lo contrario, el contenido en el presente documento siempre indica el porcentaje en peso.

10 Las estructuras de la chapa de acero en la presente invención incluyen predominantemente ferrita, bainita templada y posiblemente poca martensita.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un tubo de acero fabricado a partir de la chapa de acero anterior con una baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad.

15 Aún otro objetivo de la presente invención es proporcionar un método de fabricación de una chapa de acero mediano de este tipo con un límite de fluencia por encima de 500 MPa, baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad según la reivindicación 14.

El método de fabricación de la chapa de acero para tuberías anteriormente mencionada con una baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad puede incluir las siguientes etapas:

20 tras tratamiento de desgasificación a vacío, someter acero fundido a colada continua o colada en matriz, y si se somete el acero fundido a colada en matriz, desbastarlo para dar una palanquilla;

calentar la palanquilla o el bloque de colada continua a una temperatura de 1150-1220°C, después someterlo a laminación de múltiples pases en la zona de recristalización de austenita y zona sin recristalización, siendo la razón de reducción total de $\geq 80\%$ y siendo la temperatura de acabado de laminación de $\geq 850^\circ\text{C}$;

25 enfriar con agua rápidamente la chapa de acero laminada a una velocidad de 15-50°C/s hasta el intervalo de temperatura de desde Bs-60°C hasta Bs-100°C, después enfriarla con aire durante 5-60 s;

después de que la chapa de acero enfriada entre en un horno de calentamiento por inducción en línea, calentarla rápidamente a una velocidad de 1-10°C/s hasta Bs+20°C, templarla durante 40-60 s, después enfriarla con aire fuera del horno.

Según la presente invención, el punto de partida Bs de bainita se calcula mediante la siguiente expresión:

30 $Bs = 830 - 270C - 90Mn - 37Ni - 70Cr - 83Mo$.

Preferiblemente, en la laminación de múltiples pases, la razón de reducción en la zona de recristalización de austenita es de $\geq 65\%$, y en la zona sin recristalización es de $\leq 63\%$.

Preferiblemente, la temperatura de acabado de laminación es de 850-880°C, y más preferiblemente de 850-860°C.

35 Preferiblemente, la chapa de acero laminada se enfría con agua rápidamente a una velocidad de 15-50°C/s hasta 510-550°C, y más preferiblemente hasta 515-540°C.

40 En la presente invención, usando el procedimiento apropiado de diseño de componentes, calentamiento, laminación, enfriamiento rápido, calentamiento rápido en línea y templado de corta duración, puede lograrse el objetivo de obtener una chapa de acero para tuberías con una baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad que incluye estructuras de ferrita, bainita templada y posiblemente poca martensita. La chapa de acero con un grosor de 10-25 mm tiene un límite de fluencia de ≥ 500 MPa, una razón de fluencia-tracción de $\leq 0,75$, una elongación A_{50} de $\geq 20\%$, A_{kv} a -60°C de ≥ 200 J y una buena propiedad de doblado en frío, lo que cumple la alta demanda de chapa de acero para tuberías con alta deformabilidad. La chapa de acero con una baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad en la presente invención es apropiada para tubos de acero que actúan como tuberías de transporte con alta deformabilidad, particularmente para aquellas tuberías de transporte en zonas sísmicas de alta actividad.

45 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es una fotografía de estructura metalográfica típica de una chapa de acero con un grosor de 10 mm de la realización 1 según la presente invención.

La figura 2 es una fotografía de estructura metalográfica típica de una chapa de acero con un grosor de 25 mm de la realización 5 según la presente invención.

Descripción detallada de la invención

5 A continuación en el presente documento se describirán las características y propiedades de la presente invención en detalle junto con las realizaciones.

Para lograr el objetivo de la presente invención y proporcionar una chapa de acero para tuberías con límite de fluencia por encima de 500 MPa, baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad, los componentes químicos de la chapa de acero pueden controlarse de la siguiente manera.

10 Carbono: el carbono es el elemento clave para garantizar la resistencia mecánica de chapa de acero. Habitualmente, el contenido de carbono en acero para tuberías es de menos del 0,11%. El carbono mejora la resistencia mecánica de la chapa de acero mediante refuerzo de la disolución sólida y endurecimiento por precipitación, pero daña evidentemente la tenacidad, ductilidad y soldabilidad de la misma, por tanto el desarrollo de acero para tuberías siempre va acompañado por la reducción del contenido de carbono. Para el acero para tuberías con alto requisito sobre la tenacidad, el contenido de carbono es habitualmente de menos del 0,08%. En la presente
15 invención, el contenido de carbono es relativamente bajo, es decir, del 0,05-0,08%.

20 Silicio: la adición de silicio en acero puede mejorar la pureza y desoxigenación del acero. El silicio en acero contribuye al refuerzo de la disolución sólida, pero el silicio en exceso puede provocar que, cuando se caliente la chapa de acero, la costra de óxido de la misma se vuelva altamente viscosa, y es difícil decapar posteriormente la chapa de acero que sale del horno, dando así como resultado una gran cantidad de costras de óxido rojas sobre la
20 chapa de acero tras la laminación, es decir la calidad de superficie es mala; además, el silicio en exceso también puede ser perjudicial para la soldabilidad de la chapa de acero. Teniendo en cuenta todos los factores anteriores, el contenido de silicio en la presente invención es del 0,15-0,30%, preferiblemente del 0,16-0,29%.

25 Manganeso: aumentar el contenido de manganeso es la manera más económica y directa de compensar la pérdida de resistencia mecánica provocada por la reducción del contenido de carbono. Pero el manganeso tiene una alta tendencia a la segregación, de modo que su contenido no debe ser demasiado alto, generalmente, no más del 2,0% en acero microaleado con bajo contenido de carbono. La cantidad de manganeso añadida depende principalmente del nivel de resistencia mecánica del acero. El contenido de manganeso en la presente invención debe controlarse dentro del 1,55-1,85%, preferiblemente del 1,55-1,83%.

30 Nitrógeno: el nitrógeno en acero para tuberías se combina principalmente con niobio para dar nitruro de niobio o carbonitruro de niobio para el refuerzo por precipitación. Durante la laminación, para asegurarse de que el niobio funciona bien sobre la inhibición de la recristalización, se espera que el niobio como soluto sólido pueda inhibir la recristalización, mediante lo cual se requiere que no se añada nitruro en exceso en acero para tuberías, de manera que la mayor parte del carbonitruro de niobio en la palanquilla puede disolverse a la temperatura de calentamiento convencional (aproximadamente 1200°C). Generalmente, el contenido de nitruro en tubería es de no más de
35 60 ppm, preferiblemente no más del 0,0055%, más preferiblemente del 0,003-0,0045%.

40 Azufre y fósforo: en el acero, se combinan azufre, manganeso y similares para dar una inclusión plástica, es decir, sulfuro de manganeso, que es perjudicial para la ductilidad transversal y tenacidad del mismo, por tanto el contenido de azufre debe ser lo más bajo posible. El elemento, fósforo, también es uno de los elementos perjudiciales, que afecta gravemente a la ductilidad y tenacidad de chapas de acero. En la presente invención, tanto el azufre como el fósforo son elementos de impurezas inevitables que deben estar en la menor cantidad posible. En vista de las condiciones de fabricación de acero actuales, la presente invención requiere que P esté a $\leq 0,015\%$, S esté a $\leq 0,005\%$, preferiblemente, P está a $\leq 0,008\%$, S está a $\leq 0,003\%$.

45 Aluminio: en la presente invención, el aluminio actúa como elemento de desoxidación fuerte. Para garantizar que el contenido de oxígeno es lo más bajo posible, el contenido de aluminio debe controlarse dentro del 0,015-0,04%. Tras la desoxidación, el aluminio restante se combina con nitrógeno en acero para formar precipitación de AlN que puede mejorar la resistencia mecánica y durante el tratamiento térmico refinar los granos austeníticos en el mismo. Preferiblemente, el contenido de Al es del 0,02-0,035%.

50 Niobio: el niobio puede aumentar significativamente la temperatura de recristalización del acero y refinar los granos cristalinos en el mismo. Durante el procedimiento de laminación en caliente, el carburo de niobio, debido a la precipitación inducida por esfuerzo, puede restringir la recuperación y recristalización de austenita deformada, y mediante control de laminación y control de enfriamiento, la austenita deformada puede convertirse en productos de cambio de fase finos. Generalmente, el acero para tuberías moderno tiene más del 0,02% de niobio y el acero para tuberías TMCP tiene una alta razón de fluencia-tracción y anisotropía. La presente invención usa un bajo contenido de niobio para obtener acero para tuberías con alta deformabilidad con una baja razón de fluencia-tracción, mientras
55 que la pérdida de resistencia mecánica provocada por la reducción de niobio se compensa por Mn, Cr, Mo. Además, el efecto de refuerzo por precipitación se aumenta precipitando carburos dispersados finos durante un procedimiento de enfriamiento rápido y templado rápido en línea. Por tanto, el contenido de niobio en la presente invención debe controlarse dentro del 0,015-0,025%, preferiblemente dentro del 0,018-0,024%.

5 Titanio: el titanio es uno de los elementos de formación de carburos fuertes. La adición de Ti traza en acero es buena para estabilizar N, y el TiN formado también puede constituir granos austeníticos de palanquillas, durante el calentamiento, sin engrosarse demasiado, mientras se refinan los granos austeníticos originales. En el acero, puede combinarse titanio con carbono y azufre respectivamente y formarse TiC, TiS, Ti₄C₂S₂ y similares, que existen en formas de inclusión y partículas de segunda fase. Al soldar, estas precipitaciones de carbonitruro de titanio también puede prevenir el crecimiento de granos en la zona afectada por el calor, mejorando así el rendimiento de la soldadura. En la presente invención, el contenido de titanio se controla dentro del 0,01-0,02%, preferiblemente dentro del 0,012-0,019%.

10 Cromo: el cromo fomenta el endurecimiento y la resistencia al templeado del acero. El cromo muestra buena solubilidad en austenita y puede estabilizar la austenita. Tras el enfriamiento brusco, gran parte del mismo se solubiliza en martensita y posteriormente precipita en carburos tales como Cr₂₃C₇, Cr₇C₃ en procedimientos de templeado, lo que mejora la resistencia mecánica y dureza del acero. Para mantener el nivel de resistencia mecánica del acero, el cromo puede sustituir parcialmente al manganeso y reducir la tendencia a la segregación del mismo. Combinándose con los carburos finos precipitados mediante templeado con calor por inducción rápido en línea, puede reducir el contenido de aleación de Nb. Por consiguiente, en la presente invención, puede añadirse el 0,20-0,40%, preferiblemente el 0,24-0,36% de cromo.

20 Molibdeno: el molibdeno puede refinar significativamente granos y mejorar la resistencia mecánica y tenacidad del acero. Reduce la fragilidad por templeado del acero mientras se precipitan carburos muy finos durante el templeado, lo que puede reforzar la matriz del mismo. Dado que el molibdeno es una clase de elemento de aleación estratégico que es muy caro, en la presente invención sólo se añade el 0,18-0,30%, preferiblemente el 0,19-0,26% de molibdeno.

25 Níquel: el níquel se usa para estabilizar los elementos de austenita, sin ningún efecto notable sobre la mejora de la resistencia mecánica. La adición de níquel en acero, particularmente en acero templeado y enfriado bruscamente, puede fomentar la tenacidad, particularmente la tenacidad a baja temperatura del mismo, mientras que también es un elemento de aleación caro, de modo que la presente invención tiene, opcionalmente, no más del 0,40%, preferiblemente no más del 0,25% de elemento de níquel.

30 Calcio: el tratamiento con calcio en el acero para tuberías de la presente invención se realiza para cambiar la forma de los sulfuros, mejorando así el rendimiento del acero en la dirección de grosor y transversal, y la propiedad de doblado en frío. Para el acero con muy bajo contenido de azufre, el tratamiento con calcio puede no ser necesario. En la presente invención, el contenido de calcio depende de aquél de azufre, y la razón Ca/S debe controlarse como $\geq 1,5$, en la que el contenido de Ca es del 0,0015-0,0050%, más preferiblemente del 0,0030-0,0045%.

La chapa de acero para tuberías anteriormente mencionada con una baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad se fabrica según el siguiente procedimiento:

35 tratamiento de Bessemer y tratamiento a vacío: su objetivo es garantizar que el acero fundido contiene componentes básicos, eliminar gases perjudiciales tales como oxígeno, hidrógeno en el mismo, y añadir elementos de aleación necesarios tales como manganeso, titanio, para ajustarlos;

colada continua o colada en matriz: su objetivo es garantizar que la pieza en bruto tiene componentes internos homogéneos y una buena calidad de superficie, en la que se necesita laminar lingotes estáticos formados mediante colada en matriz para dar palanquillas;

40 calentamiento y laminación: calentar la palanquilla o el bloque de colada continua a una temperatura de 1150-1220°C para, por un lado, obtener una estructura de austenita uniforme, y por otro lado, disolver parcialmente los compuestos de elementos de aleación tales como niobio, titanio, cromo, molibdeno. Someterlo a laminación de múltiples pases en la zona de recristalización de austenita y zona sin recristalización, en el que en la zona de recristalización de austenita la razón de reducción es de $\geq 65\%$, y en la zona sin recristalización es de $\leq 63\%$, siendo la razón de reducción total de $\geq 80\%$, la temperatura de acabado de laminación es de $\geq 850^\circ\text{C}$, y más preferiblemente de 850-880°C;

enfriamiento rápido: enfriar con agua rápidamente la chapa de acero laminada a una velocidad de 15-50°C/s hasta el intervalo de temperatura de desde Bs-60°C hasta Bs-100°C y enfriarla con aire durante 5-60 s; durante el enfriamiento rápido la mayor parte de los elementos de aleación se disuelven en martensita;

50 templeado en línea: después de que la chapa de acero enfriada entre en un horno de calentamiento por inducción en línea, calentarla rápidamente a una velocidad de 1-10°C/s hasta Bs+20°C, y templearla durante 40-60 s, después enfriarla con aire fuera del horno. El templeado ayuda a eliminar la tensión interna producida en la chapa de acero durante el enfriamiento rápido y las microgrietas en o entre tiras de bainita, y precipitar carburos dispersivos para reforzar, mejorando por tanto la ductilidad, tenacidad y propiedad de doblado en frío de la misma.

55 El procedimiento de enfriamiento superrápido y templeado rápido en línea puede reducir eficazmente la razón de fluencia-tracción y la anisotropía del acero para tuberías. Además de acortar el tiempo de procedimiento y ahorrar energía, el procedimiento de tratamiento con calor en línea (templeado) puede, de manera más importante, mejorar

completamente el rendimiento de la chapa de acero fabricada anteriormente mediante TMCP, y particularmente resolver el problema de que el acero de microaleación tiene una anisotropía y razón de fluencia-tracción demasiado altas resultantes de la laminación sin recristalización, creando así condiciones para producir acero para tuberías con resistencia a una gran deformación, acero con alta resistencia mecánica para edificios con una baja razón de fluencia-tracción, y chapas de acero con altos requisitos.

Mediante el control de la temperatura de enfriamiento dentro de un determinado intervalo, calentamiento por inducción rápido en línea, templado de corta duración, y la elección de temperatura adecuada, la presente invención controla con precisión la estructura de chapas de acero, obteniendo así una razón de fluencia-tracción relativamente baja; además, mediante la precipitación de carburos finos de manera difusa dentro de la chapa de acero, la resistencia mecánica y tenacidad de la misma pueden coincidir bien.

En la presente invención, usando el procedimiento apropiado de diseño de componentes, calentamiento, laminación, enfriamiento rápido, calentamiento rápido en línea y templado de corta duración, puede lograrse el objetivo de obtener una chapa de acero para tuberías con una baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad que incluye estructuras de ferrita (F), bainita (B) y posiblemente poca martensita (MA). La chapa de acero con un grosor de 10-25 mm tiene un límite de fluencia de ≥ 500 MPa, una razón de fluencia-tracción de $\leq 0,75$, una elongación A_{50} de $\geq 20\%$, A_{kv} a -60°C de ≥ 200 J y una buena propiedad de doblado en frío, lo que cumple la alta demanda de chapa de acero para tuberías con alta deformabilidad.

Realizaciones

Realización 1

Se somete acero fundido, fundido según la razón de correspondencia de la tabla 1, tras desgasificación a vacío, a colada continua o colada en matriz, obteniendo un bloque de 80 mm de grosor. Se calienta el bloque a 1200°C y se somete a laminación de múltiples pases al intervalo de temperatura de recristalización de austenita para dar una chapa de acero con un grosor de 10 mm, en la que la tasa de reducción total es del 88%, la temperatura de acabado de laminación es de 860°C ; después se enfría hasta 535°C a una velocidad de 35°C/s , se calienta rápidamente en línea hasta 640°C y se temple, tras lo cual se enfría con aire la chapa de acero hasta temperatura ambiental.

La tabla 1 muestra los componentes detallados en las realizaciones 2-5, cuyo procedimiento es similar al de la realización 1. Los parámetros de procedimiento de las mismas se describen en la tabla 2.

Tabla 1: Componentes químicos, Ceq (% en peso) y Pcm en las realizaciones 1-5 de la presente invención

Realizaciones	C	Si	Mn	P	S	Al	Ni	Cr	Mo	Nb	Ti	Ca	N	Ceq*	Pcm**
1	0,050	0,25	1,75	0,007	0,003	0,025		0,3	0,21	0,021	0,015	0,0049	0,0036	0,44	0,17
2	0,053	0,28	1,62	0,008	0,003	0,031		0,32	0,23	0,02	0,014	0,0048	0,0038	0,43	0,17
3	0,062	0,25	1,75	0,007	0,002	0,021		0,35	0,19	0,023	0,018	0,0031	0,0037	0,46	0,19
4	0,074	0,26	1,81	0,008	0,003	0,034	0,25	0,31	0,25	0,02	0,016	0,0045	0,0034	0,51	0,21
5	0,080	0,16	1,55	0,007	0,002	0,028	0,22	0,25	0,22	0,018	0,013	0,0032	0,004	0,45	0,19

* $Ceq = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/14$;

** $Pcm = C + Si/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B$.

Tabla 2: Parámetros de procesamiento y grosor de chapa de acero en las realizaciones 1-5 de la presente invención

Realizaciones	Temperatura de calentamiento / $^\circ\text{C}$	Temperatura de acabado de laminación / $^\circ\text{C}$	Tasa de reducción / %	Velocidad de enfriamiento / $^\circ\text{C/s}$	Temperatura de enfriamiento final / $^\circ\text{C}$	Temperatura de templado / $^\circ\text{C}$	Tiempo de templado / s	Grosor / mm
1	1150	860	88	35	535	640	45	10
2	1150	850	80	25	540	640	50	15
3	1200	850	80	25	530	625	50	15
4	1200	850	75	20	515	615	55	20
5	1220	850	70	15	540	640	60	25

Ensayo 1: Propiedad mecánica

Según las normas GB/T228-2002 Materiales metálicos: ensayos de tracción a temperatura ambiental, GB 2106-1980 Materiales metálicos: ensayo de impacto con entalladura de Charpy, GB/T8363-2007 Método de ensayo para ensayos de desgarrar por caída de peso de productos de acero, se mide cada propiedad mecánica de la chapa de acero en las realizaciones 1-5 en la presente invención y el resultado de las mismas se muestra en la tabla 3.

Tabla 3: Propiedad mecánica de chapa de acero en las realizaciones de la presente invención

Realizaciones	Rt _{0,5} / MPa	Rm / MPa	Razón de fluencia-tracción	A ₅₀ / %	E _{cnv-60°C}			SA% _{-15°C} DWTT
					Valor de impacto / J	SA%	FATT al 50%	
1	535	760	0,70	21	211	100	<-60°C	100
2	553	785	0,71	24,8	240	100	<-60°C	100
3	580	795	0,73	26	235	100	<-60°C	100
4	583	800	0,73	25,8	205	100	<-60°C	100
5	575	805	0,71	28	221	100	<-60°C	100

en la que,

E_{cnv-60°C}: energía de impacto de entalladura en V de Charpy a -60°C;

SA%_{-15°C}: zona de fractura por cizalladura de DWTT de la muestra de fractura a -15°C;

5 DWTT: ensayo de desgarro por caída de peso;

FATT al 50%: temperatura de transición de aparición de fracturas al 50%.

Ensayo 2: Propiedad de doblado

10 Según la norma GB/T 232-2010 Materiales metálicos: ensayo de doblado, se doblan en frío transversalmente las chapas de acero en las realizaciones 1-5 durante d=2a, 180°, siendo el resultado que todas las chapas de acero están completas, sin ninguna grieta en superficie.

Ensayo 3: Estructura metalográfica

La figura 1 es la vista esquemática de la estructura metalográfica de la chapa de acero con un grosor de 10 mm en la realización 1 según la presente invención.

15 La figura 2 es la vista esquemática de la estructura metalográfica de la chapa de acero con un grosor de 25 mm en la realización 5 según la presente invención.

A partir de las figuras, se conoce que las estructuras de chapa de acero incluyen ferrita, bainita templada y poca martensita.

Pueden obtenerse vistas de estructuras metalográficas similares a partir de otras realizaciones.

20 A partir de las realizaciones anteriores, puede saberse que usando el procedimiento de diseño de componentes, calentamiento, laminación, enfriamiento rápido y templado con calor rápido en línea, la chapa de acero tiene granos finos, cambio de fase y está reforzada por precipitación, y está mejorada con respecto a la resistencia mecánica y dureza. También presenta una alta tenacidad a baja temperatura y particularmente una baja razón de fluencia-tracción, cuyas estructuras parecen ser ferrita, bainita templada y posiblemente poca martensita y carburos dispersados. La chapa de acero con un grosor de 10-25 mm tiene un límite de fluencia longitudinal y transversal de
 25 ≥ 500 MPa, una razón de fluencia-tracción de $\leq 0,75$, una elongación A₅₀ de $\geq 20\%$, A_{kv} a -60°C de ≥ 200 J y una buena propiedad de doblado en frío, lo que cumple la alta demanda de acero para tuberías de transporte con alta deformabilidad. Adicionalmente, tal como se observa a partir de la tabla 1, tanto Ce_q como P_{cm} del acero son relativamente bajos, lo que indica que la chapa de acero en la presente invención tiene buena soldabilidad y resistencia a la sensibilidad al agrietamiento.

30

REIVINDICACIONES

1. Chapa de acero con una baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad fabricada mediante un método de fabricación que comprende:
 - 5 tras tratamiento de desgasificación a vacío, someter acero fundido a colada continua o colada en matriz, y si se somete el acero fundido a colada en matriz, desbastarlo para dar una palanquilla;
 - calentar la palanquilla o el bloque de colada continua a una temperatura de 1150-1220°C, después someterlo a laminación de múltiples pases en la zona de recristalización de austenita y zona sin recristalización, siendo la razón de reducción total de $\geq 80\%$ y siendo la temperatura de acabado de laminación de $\geq 850^\circ\text{C}$;
 - 10 enfriar con agua rápidamente la chapa de acero laminada a una velocidad de 15-50°C/s hasta el intervalo de temperatura de desde Bs-60°C hasta Bs-100°C, después enfriarla con aire durante 5-60 s;
 - después de que la chapa de acero enfriada entre en un horno de calentamiento por inducción en línea, calentarla rápidamente a una velocidad de 1-10°C/s hasta Bs+20°C, templarla durante 40-60 s, después enfriarla con aire fuera del horno;
 - 15 en la que, el punto de partida Bs de bainita es: $Bs = 830 - 270C - 90 Mn - 37Ni - 70Cr - 83 Mo$;
 - consistiendo la chapa de acero en la siguiente composición química, en peso, C: 0,05-0,08%, Si: 0,15-0,30%, Mn: 1,55-1,85%, P $\leq 0,015\%$, S $\leq 0,005\%$, Al: 0,015-0,04%, Nb: 0,015-0,025%, Ti: 0,01-0,02%, Cr: 0,20-0,40%, Mo: 0,18-0,30%, N: $\leq 0,006\%$, O $\leq 0,004\%$, Ca: 0,0015-0,0050%, Ni $\leq 0,40\%$, en la que, la razón Ca/S es de $\geq 1,5$, siendo el resto hierro e impurezas inevitables; y
 - 20 en la que la chapa de acero tiene un grosor de 10-25 mm, un límite de fluencia de ≥ 500 MPa, una razón de fluencia-tracción de $\leq 0,75$, una elongación A_{50} de $\geq 20\%$ y una A_{kv} a -60°C de ≥ 200 J.
 2. Chapa de acero con una baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad según la reivindicación 1, caracterizada porque Si está al 0,16-0,29% en peso.
 3. Chapa de acero con una baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad según la reivindicación 1 ó 2, caracterizada porque Mn está al 1,55-1,83% en peso.
 4. Chapa de acero con una baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada porque N está a $\leq 0,0055\%$ en peso.
 5. Chapa de acero con una baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque P está a $\leq 0,008\%$ en peso, y S está a $\leq 0,003\%$ en peso.
 6. Chapa de acero con una baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada porque Al está al 0,02-0,035% en peso.
 7. Chapa de acero con una baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizada porque Ni está a $\leq 0,25\%$ en peso.
 8. Chapa de acero con una baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizada porque Cr está al 0,24-0,36% en peso.
 9. Chapa de acero con una baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizada porque Mo está al 0,19-0,26% en peso.
 10. Chapa de acero con una baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizada porque Nb está al 0,018-0,024% en peso.
 11. Chapa de acero con una baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizada porque Ti está al 0,012-0,019% en peso.
 12. Chapa de acero con una baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en la que Ca está al 0,0030-0,0045% en peso.
 13. Chapa de acero con una baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en la que las estructuras de la misma incluyen principalmente ferrita, bainita templada y posiblemente poca martensita.
 14. Método de fabricación de la chapa de acero con una baja razón de fluencia-tracción y alta tenacidad según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, que comprende:

ES 2 670 008 T3

tras tratamiento de desgasificación a vacío, someter acero fundido a colada continua o colada en matriz, y si se somete el acero fundido a colada en matriz, desbastarlo para dar una palanquilla;

5 calentar la palanquilla o el bloque de colada continua a una temperatura de 1150-1220°C, después someterlo a laminación de múltiples pases en la zona de recristalización de austenita y zona sin recristalización, siendo la razón de reducción total de $\geq 80\%$ y siendo la temperatura de acabado de laminación de $\geq 850^\circ\text{C}$;

enfriar con agua rápidamente la chapa de acero laminada a una velocidad de 15-50°C/s hasta el intervalo de temperatura de desde Bs-60°C hasta Bs-100°C, después enfriarla con aire durante 5-60 s;

10 después de que la chapa de acero enfriada entre en un horno de calentamiento por inducción en línea, calentarla rápidamente a una velocidad de 1-10°C/s hasta Bs+20°C, templarla durante 40-60 s, después enfriarla con aire fuera del horno;

en el que, el punto de partida Bs de bainita es: Bs = 830-270C-90Mn-37Ni-70Cr-83Mo.

15. Método según la reivindicación 14, caracterizado porque durante la laminación de múltiples pases, la razón de reducción en la zona de recristalización de austenita es de $\geq 65\%$, y en la zona sin recristalización es de $\leq 63\%$.

16. Método según la reivindicación 14 ó 15, caracterizado porque la temperatura de acabado de laminación es de 850-880°C.

17. Método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, caracterizado porque la chapa de acero laminada se enfría con agua rápidamente a una velocidad de 15-50°C/s hasta 510-550°C.

20

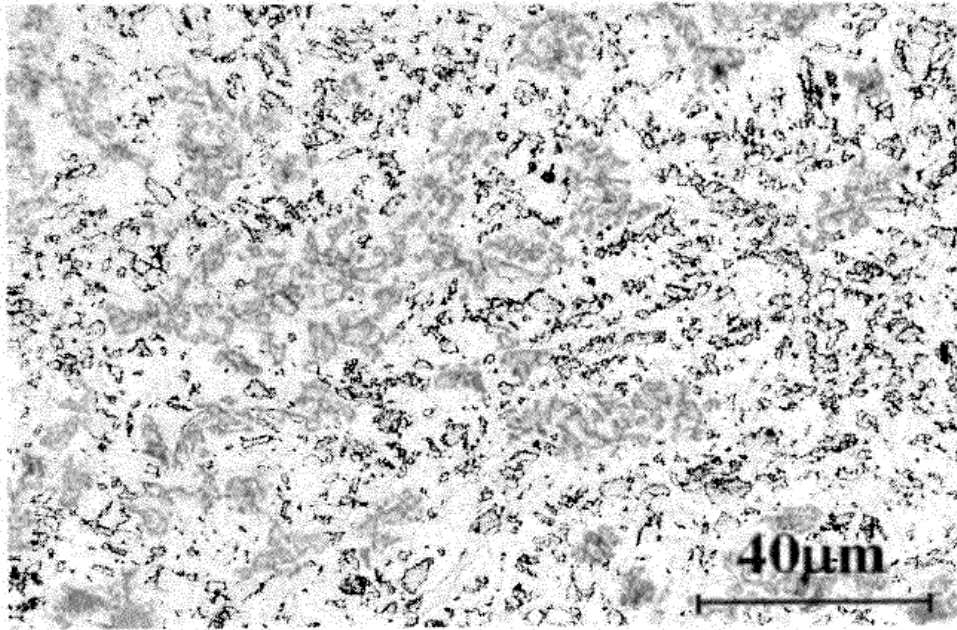


Fig. 1

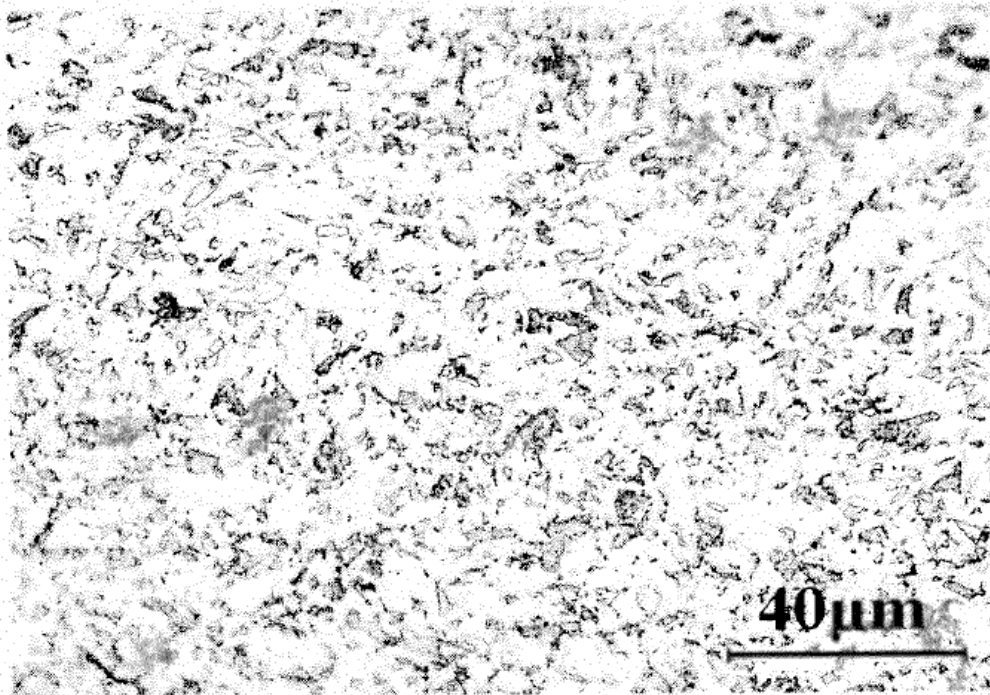


Fig. 2