

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 019 383**

51 Int. Cl.:

C21D 6/00	(2006.01) C22C 38/46	(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 38/52	(2006.01)
C22C 38/06	(2006.01)	
C22C 38/10	(2006.01)	
C22C 38/12	(2006.01)	
C22C 38/14	(2006.01)	
C22C 38/42	(2006.01)	
C22C 38/44	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.12.2019 PCT/IB2019/060647**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.06.2020 WO20128725**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.12.2019 E 19821210 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.01.2025 EP 3899062**

54 Título: **Acero laminado en caliente y procedimiento de fabricación del mismo**

30 Prioridad:

17.12.2018 WO PCT/IB2018/060185

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

20.05.2025

73 Titular/es:

**ARCELORMITTAL (100.00%)
24-26 Boulevard d'Avranches
1160 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:

**DUPREZ, LODE;
WATERSCHOOT, TOM;
VAN STEENBERGE, NELE y
MOLI SANCHEZ, LAURA**

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 3 019 383 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

Acero laminado en caliente y procedimiento de fabricación del mismo

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un acero laminado en caliente adecuado para su uso en un entorno corrosivo, particularmente bajo la corrosión ácida en la industria del petróleo y el gas.

[0002] El petróleo y el gas son extraídos de pozos profundos hoy en día. Estos pozos profundos generalmente se clasifican como dulces o amargos. Los pozos dulces son ligeramente corrosivos, pero los pozos amargos son
10 altamente corrosivos, debido a la presencia de agentes corrosivos, tales como sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbono, cloruros y azufre libre. Las condiciones corrosivas de los pozos amargos se ven agravadas por las altas temperaturas y las altas presiones. Por ello, la extracción de petróleo o gas de estos pozos amargos se vuelve muy difícil, por lo tanto, para entornos de petróleo y gas amargos, los materiales se seleccionan para cumplir con criterios estrictos de resistencia a la corrosión amarga que tengan simultáneamente excelentes propiedades mecánicas.

15 **[0003]** Por lo tanto, se han realizado esfuerzos intensos de investigación y desarrollo para cumplir con los requisitos de resistencia a la corrosión en un entorno altamente tóxico y corrosivo, al tiempo que se aumenta la resistencia del material. Por el contrario, un aumento en la resistencia del acero obstaculiza el procesamiento del acero en productos tales como tuberías sin soldadura, tuberías de línea debido a la disminución de la conformabilidad y, por
20 tanto, se requiere el desarrollo de materiales que tengan tanto altas resistencias con conformabilidad como una resistencia adecuada a la corrosión según las normas.

[0004] Las investigaciones y desarrollos anteriores en el campo del acero de alta resistencia y alta conformabilidad con resistencia a la corrosión han dado como resultado varios procedimientos para el acero, algunos
25 de los cuales se enumeran en la presente para una apreciación concluyente de la presente invención:

El documento US20100037994 reivindica un procedimiento para procesar una pieza de trabajo de acero martensítico, comprendiendo recibir una pieza de trabajo de acero martensítico que tiene una composición comprendiendo 17 % en peso -19 % en peso de níquel, 8 % en peso -12 % en peso de cobalto, 3 % en peso -5% en peso de molibdeno, 0,2 %
30 en peso -1,7 % en peso de titanio, 0,15 % en peso -0,15 % en peso de aluminio y el resto de hierro y que se ha sometido a procesamiento termomecánico a una temperatura de solución de austenita; y envejecer directamente la pieza de trabajo de acero martensítico a una temperatura de envejecimiento para formar precipitados dentro de una microestructura de la pieza de trabajo de acero martensítico, sin ningún tratamiento térmico intermedio entre el procesamiento termomecánico y el envejecimiento directo, donde el procesamiento termomecánico y el
35 envejecimiento directo proporcionan a la pieza de trabajo de acero martensítico un tamaño de grano ASTM promedio de 10. Pero el documento US20100037994 no garantiza la resistencia a la corrosión y solo reivindica un procedimiento de procesamiento económico del acero martensítico.

[0005] El documento EP2840160 proporciona un acero martensítico excelente en características de fatiga, que
40 incluye, en términos de % en masa: C: $\leq 0,015$ %, Ni: de 12,0 a 20,0 %, Mo: de 3,0 a 6,0 %, Co: de 5,0 a 13,0 %, Al: de 0,01 a 0,3 %, Ti: de 0,2 a 2,0 %, O: $\leq 0,0020$ %, N: $\leq 0,0020$ %, y Zr: de 0,001 a 0,02 %, siendo el resto Fe e impurezas inevitables. El documento EP2840160 proporciona la resistencia adecuada requerida, pero no proporciona un acero que tenga resistencia a la corrosión contra la corrosión amarga.

45 **[0006]** El documento JPS60234920A describe una placa de acero martensítico de tracción ultra alta que contiene, en peso, $\leq 0,02$ % de C, $\leq 0,1$ % de Si, $\leq 0,2$ % de Mn, $\leq 0,01$ % de P, $\leq 0,01$ % de S, $\leq 0,01$ % de N, 15-25 % de Ni, $\leq 10,0$ % de Co, $\leq 7,0$ % de Mo, $\leq 0,2$ % de Al, $\leq 1,5$ % de Ti y el resto Fe con impurezas inevitables.

[0007] El propósito de la presente invención es resolver estos problemas poniendo a disposición un acero
50 laminado en caliente que tiene simultáneamente:

- una resistencia máxima a la tracción superior o igual a 1100 MPa y preferiblemente superior a 1200 MPa,
- un alargamiento total superior o igual al 18 % y preferiblemente superior al 19 %,
- una resistencia a la corrosión amarga y acero libre de grietas según las normas NACE TM0177 de al menos el
55 85 % de la carga del límite elástico.

[0008] En una realización preferida, el acero según la invención también puede presentar un límite elástico de 850 MPa o más.

60 En una realización preferida de la invención, las chapas de acero según la invención también pueden presentar una relación entre el límite elástico y la resistencia a la tracción de 0,6 o más.

Preferiblemente, tal acero también puede tener una buena idoneidad para la conformación, en particular, para el laminado y una buena soldabilidad y buena capacidad de revestimiento.

65

[0009] Otro objeto de la presente invención es también poner a disposición un procedimiento para la fabricación de estas chapas que sea compatible con las aplicaciones industriales convencionales a la vez que robusto con respecto a los cambios de los parámetros de fabricación.

5 **[0010]** La chapa de acero laminada en caliente de la presente invención puede recubrirse opcionalmente para mejorar adicionalmente su resistencia a la corrosión.

[0011] El níquel está presente en el acero a entre 15 % y 25 %. El níquel es un elemento esencial para que el acero de la presente invención confiera resistencia al acero mediante la formación de intermetálicos con molibdeno y
10 titanio durante el calentamiento antes del templado, estos intermetálicos también actúan como sitios para la formación de austenita revertida. El níquel también desempeña un papel fundamental en la formación de austenita revertida durante el templado que confiere al acero alargamiento. Pero menos del 15 % de níquel no podrá conferir resistencia debido a la disminución en la formación de intermetálicos, mientras que cuando el níquel está presente en más del 25 %, formará más del 80 % de austenita revertida, lo que también es perjudicial para la resistencia a la tracción del
15 acero. Un contenido preferible de níquel para la presente invención puede mantenerse entre 16 % y 24 %, más preferiblemente entre 16 % y 22 %.

[0012] El cobalto es un elemento esencial para el acero de la presente invención y está presente a entre 6 % y 12 %. El propósito de añadir cobalto es ayudar a la formación de austenita revertida durante el templado confiriendo
20 de este modo alargamiento al acero. Adicionalmente, el cobalto también ayuda a formar intermetálicos del molibdeno disminuyendo la tasa de molibdeno para formar una solución sólida. Pero cuando el cobalto está presente en más de 12 %, forma austenita revertida en exceso, lo que es perjudicial para la resistencia del acero, mientras que si el cobalto es inferior al 6 %, no disminuirá la tasa de formación de la solución sólida. Un contenido preferible de cobalto para la presente invención puede mantenerse entre 6 % y 11 %, más preferiblemente entre 7 % y 10 %.

25 **[0013]** El molibdeno es un elemento esencial que constituye de 2 % a 6 % del acero de la presente invención; el molibdeno aumenta la resistencia del acero de la presente invención al formar intermetálicos con níquel y titanio durante el calentamiento para templado. El molibdeno es un elemento esencial para conferir las propiedades de resistencia a la corrosión al acero de la presente invención. Sin embargo, la adición de molibdeno aumenta
30 excesivamente el coste de la adición de elementos de aleación, de modo que por razones económicas su contenido se limita a 6 %. El límite preferible para el molibdeno está entre 3 % y 6 %, y, más preferiblemente, entre 3,5 % y 5,5 %.

[0014] El contenido de titanio del acero de la presente invención está entre 0,1 % y 1 %. El titanio forma intermetálicos, así como carburos para conferir resistencia al acero. Si el titanio es inferior a 0,1 %, no se logra el
35 efecto requerido. Un contenido preferible para la presente invención puede mantenerse entre 0,1 % y 0,9 %, más preferiblemente entre 0,2 % y 0,8 %.

[0015] El carbono está presente en el acero a entre 0,0001 % y 0,03 %. El carbono es un elemento residual y proviene del procesamiento. La impureza carbono por debajo de 0,0001 % no es posible debido a la limitación del
40 proceso y se debe evitar la presencia de carbono por encima de 0,03, ya que disminuye la resistencia a la corrosión del acero.

[0016] El constituyente de fósforo del acero de la presente invención está entre 0,002 % y 0,02 %. El fósforo reduce la soldabilidad por puntos y la ductilidad en caliente, particularmente debido a su tendencia a segregarse en
45 los límites de grano o cosegregarse. Por estas razones, su contenido está limitado a 0,02 % y preferiblemente es inferior a 0,015 %.

[0017] El azufre no es un elemento esencial, pero puede estar contenido como una impureza en el acero y, desde el punto de vista de la presente invención, el contenido de azufre es preferiblemente lo más bajo posible, pero
50 es de 0,005 % o menos desde el punto de vista del coste de fabricación. Además, si hay más azufre presente en el acero, se combina para formar sulfuros y reduce su efecto beneficioso sobre el acero de la presente invención, por lo tanto se prefiere por debajo de 0,003 %.

[0018] El nitrógeno está limitado a 0,01 % con el fin de evitar el envejecimiento del material, el nitrógeno forma nitruros que confieren resistencia al acero de la presente invención mediante el endurecimiento por precipitación con
55 vanadio y niobio, pero siempre que la presencia de nitrógeno sea superior a 0,01 % puede formar una gran cantidad de nitruros de aluminio que son perjudiciales para la presente invención, por ello, el límite superior preferible para el nitrógeno es de 0,005 %.

60 **[0019]** El aluminio no es un elemento esencial, pero puede estar contenido como una impureza de procesamiento en el acero debido al hecho de que el aluminio se añade en el estado fundido del acero para limpiar el acero de la presente invención al retirar el oxígeno existente en el acero fundido para evitar que el oxígeno forme una fase gaseosa, por ello, puede estar presente hasta 0,1 % como un elemento residual. Pero desde el punto de vista de la presente invención, el contenido de aluminio es preferiblemente lo más bajo posible.

65

[0020] El niobio es un elemento opcional para la presente invención. El contenido de niobio puede estar presente en el acero de la presente invención entre 0 % y 0,1 % y se añade en el acero de la presente invención para formar carbonitruros para conferir resistencia al acero de la presente invención mediante endurecimiento por precipitación.

[0021] El vanadio es un elemento esencial que constituye entre 0 % y 0,3 % del acero de la presente invención. El vanadio es eficaz en la potenciación de la resistencia del acero mediante la formación de carburos, nitruros o carbonitruros y el límite superior es de 0,3 % debido a razones económicas. Estos carburos, nitruros o carbonitruros se forman durante la segunda y tercera etapas de enfriamiento. El límite preferible para el vanadio está entre 0 % y 0,2 %.

[0022] El cobre se puede añadir como un elemento opcional en una cantidad de 0 % a 0,5 % para aumentar la resistencia del acero y para mejorar su resistencia a la corrosión. Se requiere un mínimo de 0,01 % de cobre para obtener tal efecto. Sin embargo, cuando su contenido es superior al 0,5 %, puede degradar los aspectos de la superficie.

[0023] El cromo es un elemento opcional para la presente invención. El contenido de cromo que puede estar presente en el acero de la presente invención está entre 0 % y 0,5 %. El cromo es un elemento que mejora la resistencia a la corrosión del acero, pero un mayor contenido de cromo superior al 0,5 % conduce a una cosegregación central después de la colada.

[0024] Otros elementos tales como boro o magnesio se pueden añadir individualmente o en combinación en las siguientes proporciones en peso: boro $\leq 0,001$ %, magnesio $\leq 0,0010$ %. Hasta los niveles máximos de contenido indicados, estos elementos permiten refinar el grano durante la solidificación.

[0025] El resto de la composición del acero consiste en hierro e impurezas inevitables resultantes del procesamiento.

[0026] La microestructura del acero comprende:

La austenita revertida es la fase de matriz del acero de la presente invención y está presente al menos en un 60 % por fracción de área. La austenita revertida del presente acero está enriquecida con níquel, es decir, la austenita revertida del presente acero contiene una mayor cantidad de níquel en comparación con la austenita residual. La austenita revertida se forma durante el templado del acero y también se enriquece con níquel simultáneamente. La austenita revertida del acero de la presente invención confiere tanto alargamiento como resistencia a la corrosión contra el entorno amargo.

[0027] La martensita está presente en el acero de la presente invención a entre 20 % y 40 % por fracción de área. La martensita de la presente invención incluye tanto martensita fresca como martensita templada. La martensita fresca se forma durante el enfriamiento después del recocido y se temple durante la etapa de templado. La martensita confiere al acero de la presente invención tanto alargamiento como resistencia.

[0028] Los compuestos intermetálicos de níquel, titanio y molibdeno están presentes en el acero de la presente invención. Los intermetálicos se forman durante el calentamiento, así como durante el proceso de templado. Los compuestos intermetálicos formados son intermetálicos tanto intergranulares como intragranulares. Los compuestos intermetálicos intergranulares de la presente invención están presentes tanto en martensita como en austenita revertida. Estos compuestos intermetálicos de la presente invención pueden ser de forma cilíndrica o globular. Los compuestos intermetálicos del acero de la presente invención se forman como compuestos intermetálicos de Ni₃Ti, Ni₃Mo o Ni₃(Ti,Mo). El compuesto intermetálico del acero de la presente invención confiere al acero de la presente invención resistencia y resistencia a la corrosión, especialmente contra el entorno amargo.

[0029] Además de la microestructura mencionada anteriormente, la microestructura de la chapa de acero laminada en caliente está libre de componentes microestructurales, tales como ferrita, bainita, perlita y cementita, pero se pueden encontrar en trazas. Incluso pueden estar presentes trazas de compuesto intermetálico de hierro, tales como hierro-molibdeno y hierro-níquel, pero la presencia de compuestos intermetálicos de hierro no tiene una influencia significativa sobre las propiedades en uso del acero.

[0030] El acero de la presente invención se puede conformar en un producto tubular sin soldadura o chapa de acero o incluso una pieza estructural u operativa para ser usada en la industria del petróleo y el gas o cualquier otra industria que tenga un entorno amargo. En una realización preferida para la ilustración de la invención, se puede producir una chapa de acero según la invención mediante el siguiente procedimiento. Un procedimiento preferido consiste en proporcionar una colada semiacabada de acero con una composición química según la invención. La colada se puede realizar en lingotes, tochos, barras o continuamente en forma de planchones delgados o tiras delgadas, es decir, con un espesor que varía de aproximadamente 220 mm para planchones hasta varias decenas de milímetros para tira delgada.

[0031] Por ejemplo, un planchón que tiene la composición química descrita anteriormente se fabrica mediante colada continua donde el planchón se sometió opcionalmente a reducción suave directa durante el proceso de colada continua para evitar la segregación central. El planchón proporcionado por el proceso de colada continua se puede usar directamente a alta temperatura después de la colada continua o se puede enfriar primero a temperatura ambiente y a continuación recalentarse para laminación en caliente.

[0032] La temperatura del planchón, que se somete a laminación en caliente, es preferiblemente de al menos 1150 °C y debe estar por debajo de 1300 °C. En caso de que la temperatura del planchón sea inferior a 1150 °C, se impone una carga excesiva a un tren de laminación. Por lo tanto, la temperatura del planchón es preferiblemente lo suficientemente alta como para que la laminación en caliente pueda completarse en el intervalo austenítico del 100 %. El recalentamiento a temperaturas superiores a 1275 °C causa pérdida de productividad y también es industrialmente caro. Por lo tanto, la temperatura de recalentamiento preferida está entre 1150 °C y 1275 °C.

[0033] La temperatura de acabado por laminado en caliente para la presente invención está entre 800 °C y 975°C y preferiblemente entre 800 °C y 950 °C.

[0034] Luego, se enfría la tira de acero laminada en caliente obtenida de esta manera desde la temperatura de acabado del laminado en caliente hasta un intervalo de temperatura entre 10 °C y Ms. El intervalo de temperatura preferible para enfriar la tira de acero laminada en caliente está entre 15 °C y Ms-20 °C.

[0035] A continuación, se calienta la tira de acero laminada en caliente a un intervalo de temperatura de recocido entre Ae3 y Ae3 +350 °C. La tira de acero laminada en caliente se mantiene a la temperatura de recocido durante un periodo superior a 30 minutos. En una realización preferida, los intervalos de temperatura de recocido están entre Ae3+20 °C y Ae3+350 °C y más preferiblemente entre Ae3+40 °C y Ae3+300 °C.

[0036] Luego, se enfría la tira de acero laminada en caliente a una tasa de enfriamiento entre 1 °C/s y 100 °C/s. En una realización preferida, la tasa de enfriamiento para el enfriamiento después de mantenerla a la temperatura de recocido es entre 1 °C/s y 80 °C/s y más preferiblemente entre 1 °C/s y 50 °C/s. La tira de acero laminada en caliente se enfría hasta un intervalo de temperatura entre 10 °C y Ms después del recocido y preferiblemente entre 15 °C y Ms-20 °C. Durante esta etapa de enfriamiento, se forma martensita fresca y la tasa de enfriamiento superior a 1 °C/s garantiza que la tira laminada en caliente sea de naturaleza completamente martensítica.

[0037] Luego, la tira de acero laminada en caliente se calienta al intervalo de temperatura de templado a una tasa de calentamiento entre 0,1 °C/s y 100 °C/s, preferiblemente entre 0,1 °C/s y 50 °C/s, e incluso entre 0,1 °C/s y 30 °C/s. Durante este calentamiento, así como durante el templado, se forman intermetálicos de níquel, titanio y molibdeno. Los compuestos intermetálicos formados durante este calentamiento y templado son tanto intragranulares como intergranulares, que se forman como compuestos intermetálicos de Ni3Ti, Ni3Mo o Ni3(Ti,Mo). El intervalo de temperatura de templado está entre 575 °C y 700 °C donde el acero se temple durante un periodo de entre 30 minutos y 72 horas. En una realización preferida, el intervalo de temperatura de templado está entre 575 °C y 675 °C y más preferiblemente entre 590 °C y 660 °C. Durante el mantenimiento del templado, la martensita se revierte austenita para formar austenita revertida. La austenita revertida formada durante el templado se enriquece con níquel debido a la razón de que en el intervalo de temperatura de templado de la presente invención parte del intermetálico formado durante el calentamiento se disuelve y enriquece la austenita con níquel, y esta austenita revertida enriquecida con níquel es estable a temperatura ambiente.

[0038] A continuación, la tira de acero laminada en caliente se enfría a temperatura ambiente para obtener el acero laminado en caliente.

50 EJEMPLOS

[0039] Las siguientes pruebas, ejemplos, ejemplificación figurativa y tablas que se presentan en la presente no son de naturaleza restrictiva y deben considerarse solo con fines ilustrativos, y exhibirán las características ventajosas de la presente invención.

[0040] Los aceros con diferentes composiciones se recogen en la Tabla 1, donde los aceros se producen según los parámetros del proceso como se estipula en la Tabla 2, respectivamente. A continuación, la Tabla 3 recoge las microestructuras de los aceros obtenidos durante los ensayos y la tabla 4 recoge el resultado de las evaluaciones de las propiedades obtenidas.

Tabla 1

Muestra de acero	C	Ni	Co	Mo	Al	Ti	V	P	S	N	Nb	Cu	Cr
1	0,0029	17,530	8,76	4,86	0,0354	0,5217	0,0177	0,0042	0,006	0,0016	0,0141	0,0309	0,0530
2	0,0052	18,043	8,98	5,245	0,01	0,507	0,067	0,0042	0,0045	0,0015	0	0	0
3	0,0024	13,986	9,05	4,86	0,0380	0,4580	0,0740	0,0038	0,0041	0,0015	0,277	0,0350	0
valores subrayados: no según la invención.													

Tabla 2

[0041] La Tabla 2 recoge los parámetros del proceso implementados en los aceros de la Tabla 1.

5 **[0042]** Ms para todas las muestras de aceros se calcula según la siguiente fórmula:

$$Ms = 764.2 - 302.6C - 30.6Mn - 16.6Ni - 8.9Cr + 2.4Mo - 11.3Cu + 8.58Co + 7.4W - 14.5Si,$$

donde el contenido de los elementos se expresa en porcentaje en peso.

10

[0043] Mientras que el Ae3 se calcula en (°C) según la siguiente fórmula:

$$Ae3 = 955 - 350C - 25Mn + 51Si + 106Nb + 100Ti + 68Al - 11Cr - 33Ni - 16Cu + 67Mo,$$

15 donde el contenido de los elementos se expresa en porcentaje en peso.

Tabla 2:

Muestra de acero	Ensayos	Recalentamiento de temperatura (°C)	Temperatura de acabado de HR (°C)	Temperatura de enfriamiento de HR (°C)	Recocido de temperatura (°C)	Tiempo de recocido (s)	Tasa de enfriamiento (°C/s)	Temperatura de enfriamiento (°C)	Tasa de calentamiento hasta templado (°C/s)	Temperatura de templado (°C)	Tiempo de templado (s)	Ae3	Ms
1	i1	1200	850	20	1020	1800	30	20	15	600	85400	755	558
1	i2	1200	850	20	800	1800	30	20	15	650	3600	758	558
2	i3	1200	850	20	850	1800	30	20	15	650	3600	761	552
1	R1	1200	850	20	800	1800	30	20	15	550	1	756	558
2	R2	1200	850	20	850	1800	30	20	15	500	300	761	552
3	R3	1200	850	20	850	1800	30	20	15	500	300	894	620

i = según la invención; R = referencia; valores subrayados | no son según la invención.

Tabla 3

[0044] La Tabla 3 ejemplifica los resultados de las pruebas realizadas según las normas en diferentes microscopios tales como microscopio electrónico de barrido para determinar las microestructuras tanto de los aceros de la invención como los de referencia.

[0045] Los resultados se estipulan en la presente:

Muestra de acero	Ensayos	Austenita revertida (%)	Martensita (%)	Compuestos intermetálicos
1	I1	64	36	Sí
1	I2	75	25	Sí
2	I3	70	30	Sí
1	R1	<u>3</u>	<u>97</u>	Sí
2	R2	<u>3</u>	<u>97</u>	Sí
<u>3</u>	R3	<u>3</u>	<u>97</u>	Sí
I = según la invención; R = referencia; valores subrayados: no según la invención.				

10

[0046] La Tabla 4 ejemplifica las propiedades mecánicas tanto de los aceros de la invención como de los de referencia. Con el fin de determinar la resistencia a la tracción, el límite elástico y el alargamiento total, se realizan pruebas de tracción según las normas NBN EN ISO 6892-1 en una muestra de tipo A25 y se realiza la prueba de resistencia a la corrosión según NACE TM0316 mediante el procedimiento B con una carga de al menos 85 % del límite elástico.

15

[0047] Se recogen los resultados de las diversas pruebas mecánicas realizadas según las normas.

Tabla 4

Muestra de acero	Ensayos	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite elástico (MPa)	Alargamiento total (%)	Resistencia a la corrosión amarga (%)
1	I1	1312	1009	19	Sin grietas -OK
1	I2	1204	899	22,8	Sin grietas -OK
2	I3	1273	997	24	Sin grietas -OK
1	R1	1477	1407	<u>13,5</u>	<u>Grieta - NO OK</u>
2	R2	1550	1442	<u>13,1</u>	<u>Grieta - NO OK</u>
<u>3</u>	R3	1416	1352	<u>16,8</u>	<u>Grieta - NO OK</u>
I = según la invención; R = referencia; valores subrayados: no según la invención.					

20

REIVINDICACIONES

1. Un acero laminado en caliente que tiene una composición comprendiendo los siguientes elementos, expresados en porcentaje en peso:
5
15 % < níquel < 25 %
6 % < cobalto < 12 %
2 % < molibdeno < 6 %
0,1 % < titanio < 1 %
10 0,0001 % < carbono < 0,03%
0,002 % < fósforo < 0,02 %
0 % < azufre < 0,005 %
0 % < nitrógeno < 0,01 %
y puede contener uno o más de los siguientes elementos opcionales
15 0 % < aluminio < 0,1 %
0 % < niobio < 0,1 %
0 % < vanadio < 0,3 %
0 % < cobre < 0,5 %
0 % < cromo < 0,5 %
20 0 % < boro < 0,001 %
0 % < magnesio < 0,0010 %

estando compuesta la composición restante de hierro e impurezas inevitables causadas por el procesamiento, comprendiendo la microestructura de dicha chapa de acero, en fracción de área, de 20 % a 40 % de martensita
25 templada, al menos 60 % de austenita revertida y compuestos intermetálicos de molibdeno, titanio y níquel.
2. Acero laminado en caliente según la reivindicación 1, donde la composición incluye de 16 % a 24 % de níquel.
- 30 3. Acero laminado en caliente según la reivindicación 1 o 2, donde la composición incluye de 16 % a 22 % de níquel.
4. Acero laminado en caliente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde la composición incluye de 6 % a 11 % de cobalto.
- 35 5. Acero laminado en caliente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde la composición incluye de 7 % a 10 % de cobalto.
6. Acero laminado en caliente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde la composición incluye
40 de 3 % a 6 % de molibdeno.
7. Acero laminado en caliente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde la composición incluye de 3,5% a 5,5% de molibdeno.
- 45 8. Acero laminado en caliente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde la composición incluye de 0,1 % a 0,9 % de titanio.
9. Chapa de acero laminada en caliente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, donde la composición incluye de 0,2 % a 0,8 % de titanio.
- 50 10. Acero laminado en caliente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, donde los compuestos intermetálicos de molibdeno, titanio y níquel son al menos uno o más de Ni3Ti, Ni3Mo o Ni3(Ti,Mo).
11. Acero laminado en caliente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, donde los compuestos
55 intermetálicos de molibdeno, titanio y níquel incluyen compuestos intermetálicos intergranulares e intragranulares.
12. Acero laminado en caliente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, donde dicho acero tiene una resistencia a la tracción de 1100 MPa o más y un alargamiento total de 18 % o más, con la resistencia a la tracción y el alargamiento total según las normas NBN EN ISO 6892-1.
- 60 13. Acero laminado en caliente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, donde dicho acero tiene una resistencia a la tracción de 1200 MPa o más y un alargamiento total de 19 % o más, con la resistencia a la tracción y el alargamiento total según las normas NBN EN ISO 6892-1.
- 65 14. Un procedimiento de producción de un acero laminado en caliente comprendiendo las siguientes etapas

sucesivas:

- proporcionar una composición de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9; - recalentar dicho producto semiacabado a una temperatura entre 1150 °C y 1300 °C;
- 5 - laminar dicho producto semiacabado en el intervalo austenítico donde la temperatura de acabado de laminación en caliente estará entre 800 °C y 975 °C para obtener una tira de acero laminado en caliente;
- luego, enfriar dicha tira de acero laminado en caliente a un intervalo de temperatura entre 10 °C y Ms;
- a continuación, recalentar la tira de acero laminado en caliente a una temperatura de recocido comprendida entre Ae3 y Ae3 + 350 °C, mantenerla a tal temperatura durante más de 30 minutos y enfriarla a una tasa entre 1 °C/s y
- 10 100 °C/s hasta un intervalo de temperatura entre 10 °C y Ms;
- a continuación, recalentar la tira de acero laminado en caliente hasta el intervalo de temperatura de templado entre 575 °C y 700 °C con una tasa de calentamiento entre 0,1 °C/s y 100 °C/s y mantener la tira de acero laminado en caliente en el intervalo de temperatura de templado durante un periodo entre 30 minutos y 72 horas;
- luego, enfriar la tira de acero laminado en caliente a temperatura ambiente para obtener un acero laminado en
- 15 caliente.
- 15. Un procedimiento según la reivindicación 14, donde la temperatura de recalentamiento del producto semiacabado está entre 1150 °C y 1275 °C.
- 20 16. Un procedimiento según la reivindicación 14 o 15, donde la temperatura de acabado de laminación en caliente está entre 800 °C y 950 °C.
- 17. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, donde el intervalo de temperatura de enfriamiento para la tira laminada en caliente después de terminar el laminado en caliente está entre 15 °C y Ms-
- 25 20 °C.
- 18. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 17, donde el intervalo de temperatura de recocido está entre Ae3 + 20 °C y Ae3 + 350 °C.
- 30 19. Un procedimiento según la reivindicación 18, donde el intervalo de temperatura de recocido está entre Ae3 + 40 °C y Ae3 + 300 °C.
- 20. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 19, donde la tasa de temperatura de enfriamiento después de recocido está entre 1 °C/s y 80 °C/s.
- 35 21. Un procedimiento según la reivindicación 20, donde la tasa de temperatura de enfriamiento después de recocido está entre 1 °C/s y 50 °C/s.
- 22. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 21, donde el intervalo de temperatura de enfriamiento después de recocido está entre 15 °C y Ms-20 °C.
- 40 23. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 22, donde el intervalo de temperatura de templado está entre 575 °C y 675 °C.
- 45 24. Un procedimiento según la reivindicación 23, donde el intervalo de temperatura de templado está entre 590 °C y 660 °C.
- 25. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 24, donde la tasa de calentamiento para el templado está entre 0,1 °C/s y 50 °C/s.
- 50 26. Un procedimiento según la reivindicación 25, donde la tasa de calentamiento para el templado está entre 0,1 °C/s y 30 °C/s.
- 27. Uso de un acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13 para la fabricación de piezas
- 55 estructurales u operativas para pozos de petróleo y gas.