

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 982 275**

51 Int. Cl.:

C21D 8/04	(2006.01)	C22C 38/14	(2006.01)
C21D 9/48	(2006.01)	C22C 38/18	(2006.01)
C21D 1/78	(2006.01)	C21D 1/26	(2006.01)
C21D 6/00	(2006.01)		
C21D 1/25	(2006.01)		
C22C 38/00	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)		
C22C 38/04	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)		
C22C 38/12	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.11.2018** **PCT/IB2018/059159**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **13.06.2019** **WO19111083**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.11.2018** **E 18812305 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2024** **EP 3720980**

54 Título: **Lámina de acero laminada en frío y recocida y procedimiento de fabricación de la misma**

30 Prioridad:

05.12.2017 WO PCT/IB2017/001517

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.10.2024

73 Titular/es:

ARCELORMITTAL (100.0%)
24-26, Boulevard d'Avranches
1160 Luxembourg, LU

72 Inventor/es:

ZHU, KANGYING;
PERLADE, ASTRID;
JUNG, CORALIE y
KEGEL, FRÉDÉRIC

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 982 275 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

Lámina de acero laminada en frío y recocida y procedimiento de fabricación de la misma

5 **[0001]** La presente invención se refiere a una lámina de acero de alta resistencia que tiene ductilidad y conformabilidad altas y a un procedimiento para obtener dicha lámina de acero.

[0002] Para fabricar diversos artículos, tales como piezas de elementos estructurales de carrocería y paneles de carrocería para vehículos automóviles, se conoce el uso de chapas hechas de aceros DP (fase dual) o aceros TRIP
10 (plasticidad inducida por transformación).

[0003] Para reducir el peso de los automóviles con el fin de mejorar su eficiencia en consumo de combustible, en vista de la conservación global del medio ambiente, es deseable tener láminas que tengan un límite elástico y una resistencia a la tracción mejorados. Sin embargo, dichas láminas también deben tener una buena ductilidad y una
15 buena conformabilidad y, más específicamente, una buena expandibilidad.

[0004] El documento US 2017/101695 A1 divulga una fabricación de láminas de acero de alta resistencia y doble recocido que tienen simultáneamente una resistencia mecánica y una ductilidad que permiten llevar a cabo operaciones de conformado en frío.
20

[0005] El objetivo de la invención por lo tanto es proporcionar una lámina de acero que alcanza un límite elástico YS de al menos 700 MPa, una resistencia a la tracción de al menos 900 MPa, un alargamiento uniforme de al menos un 12 % y una relación de expansión de agujero de al menos un 20 %.

25 **[0006]** El objeto de la presente invención se logra proporcionando una lámina de acero según la reivindicación 1. La lámina de acero también puede comprender las características de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 12. Otro objeto se logra proporcionando el procedimiento según la reivindicación 13. El procedimiento también puede comprender las características de cualquiera de las reivindicaciones 14 a 15. Otro objetivo se logra proporcionando la unión soldada por puntos según la reivindicación 16 o 17.
30

[0007] Ahora, la invención se describirá en detalle y se ilustrará mediante ejemplos sin introducir limitaciones.

[0008] En lo sucesivo, Ae1 designa la temperatura de transformación de equilibrio por debajo de la cual la austenita es completamente inestable, Ae3 designa la temperatura de transformación de equilibrio por encima de la
35 cual la austenita es completamente estable, Ar3 designa la temperatura hasta la cual la microestructura permanece completamente austenítica al enfriarse, TO designa la temperatura por encima de la cual la cementita se disuelve al calentarse y Ms designa la temperatura de inicio de la martensita, es decir, la temperatura a la cual la austenita comienza a transformarse en martensita al enfriarse.

40 **[0009]** Todos los porcentajes de composición se dan en porcentaje en peso (% en peso), a menos que se indique lo contrario.

[0010] La composición del acero según la invención comprende, en porcentaje en peso:

45 - $0,03\% \leq C \leq 0,25\%$ para garantizar una resistencia satisfactoria y mejorar la estabilidad de la austenita retenida que es necesaria para obtener un alargamiento suficiente. Preferentemente, el contenido de carbono es superior o igual a 0,1%. Si el contenido de carbono es demasiado alto, la lámina laminada en caliente es demasiado dura para laminar en frío y la soldabilidad es insuficiente. Si el contenido de carbono es inferior a 0,03%, la resistencia a la tracción no alcanzará los valores deseados.

50 - $3,5\% \leq Mn \leq 8\%$ para asegurar una resistencia satisfactoria y lograr la estabilización de al menos una parte de la austenita, para obtener un alargamiento suficiente. Por debajo del 3,5 %, la estructura final comprende una fracción de austenita retenida insuficiente y un contenido de Mn insuficiente en la austenita retenida, por lo que no se logra la combinación deseada de ductilidad y resistencia. El máximo se define para evitar tener problemas de segregación que son perjudiciales para la ductilidad. Preferentemente, el contenido de manganeso es superior o igual al 3,7 %.

55 - $0,1\% \leq Si \leq 2,0\%$ y $0,03\% \leq Al \leq 2,0\%$. Según la invención, Si y Al juntos desempeñan un papel importante: el silicio retarda la precipitación de la cementita al enfriarse por debajo de la temperatura de transformación de equilibrio Ae3. Por lo tanto, una adición de Si de al menos un 0,1 % ayuda a estabilizar una cantidad suficiente de austenita retenida. El Si proporciona además un refuerzo de la solución sólida y retarda la formación de carburos durante la redistribución de carbono desde martensita a austenita resultante de una etapa de recalentamiento inmediato y mantenimiento
60 realizada después de una transformación martensítica parcial. Con un contenido demasiado alto, los óxidos de silicio se forman en la superficie, lo que perjudica la capacidad de recubrimiento del acero. Por lo tanto, el contenido de Si es inferior o igual a 2,0 %.

65

[0011] El aluminio es un elemento muy efectivo para desoxidar el acero en la fase líquida durante su elaboración. Además, Al es un elemento alfa-formador que aumenta las temperaturas Ae1 y Ae3 del acero. Por lo tanto, debido a la adición de al menos un 0,03 % de Al, el dominio intercrítico (es decir, entre Ae1 y Ae3) se encuentra en un intervalo de temperatura que favorece la división de Mn en la austenita, como se describe en más detalles a continuación. El contenido de Al no es superior al 2,0 %, preferentemente no es superior al 1,2 %, con el fin de evitar la ocurrencia de inclusiones, evitar problemas de oxidación y garantizar la endurecibilidad del material.

[0012] El acero según la invención deberá contener al menos un elemento elegido de entre niobio, titanio y vanadio, en un contenido mínimo combinado de al menos un 0,01%. Dicha adición permitirá fortalecer la martensita recuperada al limitar el crecimiento de las láminas martensíticas a través de la precipitación.

- Nb $\leq$ 0,080% se puede añadir con el fin de refinar los granos de austenita durante el laminado en caliente, y proporcionar un refuerzo de la precipitación. En una realización preferida, la cantidad mínima de niobio añadida es un 0,010 %. Por encima del 0,080% de la adición, el límite elástico, el alargamiento y la relación de expansión de orificios no se garantizan al nivel deseado.

- Ti $\leq$ 0,080% se puede añadir para proporcionar un fortalecimiento de la precipitación. En una realización preferida, la cantidad mínima de titanio añadido es un 0,010 %. Sin embargo, cuando su cantidad es superior o igual a un 0,080 %, el límite elástico, el alargamiento y la relación de expansión de agujero no están asegurados en el nivel deseado.

- V $\leq$ 0,2 % se puede añadir para proporcionar un fortalecimiento de la precipitación. En una realización preferida, la cantidad mínima de vanadio añadida es un 0,010 %. Sin embargo, cuando su cantidad es superior o igual a un 0,2%, el límite elástico, el alargamiento y la relación de expansión de orificios no se garantizan al nivel deseado.

[0013] El resto de la composición del acero es hierro e impurezas resultantes de la fundición. A este respecto, Ni, Cu, S, P y N al menos se consideran elementos residuales que son impurezas inevitables. Por lo tanto, su contenido es inferior a 0,05 % para el Ni, 0,03 % para el Cu, 0,010 % para el S, 0,020 % para el P y 0,008 % para el N.

[0014] Algunos elementos se pueden añadir opcionalmente a la composición del acero según la invención:

- 0,1% $\leq$ Mo $\leq$ 0,5 %. El molibdeno aumenta la capacidad de endurecimiento, estabiliza la austenita retenida, lo que reduce la descomposición de la austenita durante la partición y reduce la segregación central que puede dar como resultado el alto contenido de manganeso y que es perjudicial para la relación de expansión de agujero. Además, Mo ayuda a refinar la estructura. Por encima del 0,5 %, la adición de Mo es costosa e ineficaz en vista de las propiedades que se buscan.

- 0,01 % $\leq$ Cr $\leq$ 1 % para retrasar la disolución de carburos y estabilizar la austenita retenida. Se permite un máximo del 1 % de cromo, por encima, se observa un efecto de saturación, y la adición de cromo es tanto inútil como costosa.

- 0,0005 % $\leq$ B $\leq$ 0,004 % con el fin de aumentar la capacidad de extinción del acero.

[0015] Preferentemente, la composición del acero es tal que el acero tiene un equivalente de carbono Ceq menor o igual que 0,4 %, el equivalente de carbono se define como $Ceq = C\% + Si\%/55 + Cr\%/20 + Mn\%/19 - Al\%/18 + 2,2 \cdot P\% - 3,24 \cdot B\% - 0,133 \cdot Mn\% \cdot Mo\%$.

[0016] A continuación se describirá la microestructura de la lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente según la invención.

[0017] La lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente tiene una estructura que consiste en, en fracción superficial:

- entre un 10% y un 30% de austenita retenida, donde dicha austenita retenida está presente como películas que tienen una relación de aspecto de al menos 3 y como islas de martensita austenita (llamadas islas MA), donde menos del 8 % de dichas islas MA tienen un tamaño superior a 0,5 μm ,

- como máximo, un 10% de martensita fresca y

- martensita recuperada que contenga precipitados de al menos un elemento elegido entre niobio, titanio y vanadio.

[0018] Las fracciones superficiales y la relación de aspecto se determinan mediante el siguiente procedimiento: se corta una muestra del laminado en frío y se trata térmicamente, se pule y se graba con un reactivo conocido en sí, para poner de manifiesto la microestructura. La sección se examina posteriormente mediante microscopio óptico o electrónico de barrido, por ejemplo, con un microscopio electrónico de barrido con una pistola de emisión de campo ("FEG-SEM") con un aumento superior a 5000x, acoplado a un dispositivo de difracción de retrodispersión de electrones ("EBSD") y a un microscopio electrónico de transmisión (TEM).

[0019] La determinación de la fracción superficial de cada componente se realiza con análisis de imágenes a través de un procedimiento conocido en sí. La fracción de austenita retenida se determina, por ejemplo, mediante difracción de rayos X (XRD).

- 5 **[0020]** La microestructura de la lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente incluye al menos un 10% de austenita que, a temperatura ambiente, es austenita retenida. Cuando está presente en una fracción superficial de al menos un 10 %, la austenita retenida contribuye a aumentar la ductilidad. Por encima de un 30 %, el nivel necesario de relación de expansión de agujero HER según ISO 16630:2009 es inferior al 20 %.
- 10 **[0021]** La austenita retenida está presente como películas que tienen una relación de aspecto de al menos 3 y como islas MA (martensita austenita), menos del 8% de dichas islas MA tienen un tamaño superior a 0,5 µm.
- 15 **[0022]** El valor mínimo específico de la relación de aspecto de las películas de austenita residual y el porcentaje máximo de islas de MA que tienen un tamaño superior a 0,5 µm deberán respetarse para obtener el nivel necesario de relación de expansión de agujero según ISO 16630:2009.
- 20 **[0023]** En una realización preferida, la lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente según la invención es tal que la relación de fracción entre las islas MA que tienen un tamaño superior a 0,5 µm y la película de austenita es inferior a 1,0 o, incluso mejor, inferior a 0,5.
- 25 **[0024]** En otra realización preferida, la lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente según la invención es tal que menos del 5% de dichas islas de MA tienen un tamaño superior a 0,5 µm.
- 30 **[0025]** En otra realización preferida, la lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente según la invención es tal que la fracción superficial de las películas de austenita que tienen una relación de aspecto superior a 3 es de al menos 8%.
- 35 **[0026]** La microestructura de la lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente incluye como máximo un 10% de martensita fresca. De hecho, una fracción de martensita fresca superior a 10% conduciría a una relación de expansión de agujero HER según la norma ISO 16630:2009 inferior a 20 %.
- 40 **[0027]** En otra realización preferida, la lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente según la invención es tal que la fracción superficial de martensita fresca está por debajo del 5%.
- 45 **[0028]** La microestructura de la lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente incluye martensita recuperada que contiene precipitados de al menos un elemento elegido entre niobio, titanio y vanadio. Si tales precipitados no están presentes, el grado de acero no puede alcanzar el valor mínimo de resistencia a la tracción diana de la invención.
- 50 **[0029]** La martensita recuperada se puede distinguir de la martensita fresca en una sección pulida y grabada con un reactivo conocido, por ejemplo, reactivo Nital, observado mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) y difracción de retrodispersión de electrones (EBSD).
- 55 **[0030]** El procedimiento según la invención comprende las siguientes etapas:
La lámina laminada en caliente que tiene un espesor entre, por ejemplo, 1,8 y 6 mm se puede producir mediante la fundición de un acero que tiene una composición como se mencionó anteriormente para obtener una losa, el recalentamiento de la losa a una temperatura $T_{\text{recalentamiento}}$ comprendida entre 1150 °C y 1300 °C, y el laminado en caliente de la losa recalentada, donde la temperatura de laminado final es mayor que A_{r3} , para obtener un acero laminado en caliente.
- 60 **[0031]** La temperatura de laminación final es preferentemente de como máximo 1000 °C, para evitar el engrosamiento de los granos austeníticos.
- [0032]** A continuación, el acero laminado en caliente se enfría, a una velocidad de enfriamiento comprendida, por ejemplo, entre 1°C/s y 120°C/s, y se bobina a una temperatura T_{coii} comprendida entre 20°C y 600°C.
- [0033]** Después del bobinado, la hoja se puede decapar.
- [0034]** A continuación, la lámina de acero laminada en caliente se recuece con el fin de mejorar la capacidad de laminación en frío y la resistencia de la lámina de acero laminada en caliente, y con el fin de proporcionar una lámina de acero laminada en caliente y recocida que sea adecuada para producir una lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente que tenga altas propiedades mecánicas, en particular una alta resistencia y una alta ductilidad.
- [0035]** En una realización preferida, el recocido realizado en la lámina de acero laminada en caliente es un recocido por lotes, realizado a una temperatura comprendida entre 500 °C y 680 °C, durante entre 1000 s y 50 000 s.
- 65 **[0036]** A continuación, la lámina de acero laminada en caliente y recocida se decapará opcionalmente.

[0037] La lámina de acero laminada en caliente y recocida a continuación se laminó en frío para obtener una lámina de acero laminada en frío que tiene un espesor que puede estar, por ejemplo, entre 0,7 mm y 3 mm, o incluso mejor en el intervalo comprendido entre 0,8 mm y 2 mm.

[0038] La relación de reducción de laminación en frío está comprendida preferentemente entre 20 % y 80 %. Por debajo del 20 %, no se favorece la recristalización durante el tratamiento térmico posterior, lo que puede perjudicar la ductilidad de la lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente. Por encima del 80 %, existe el riesgo de agrietamiento de los bordes durante la laminación en frío.

[0039] A continuación, la lámina de acero laminada en frío se trata térmicamente en una línea de recocido continuo.

[0040] El tratamiento térmico comprende las etapas de:

- recalentar la lámina de acero laminada en frío a una primera temperatura de recocido superior a 860°C y mantener la lámina de acero laminado en frío a dicha temperatura de recocido durante un tiempo de retención comprendido entre 30 s y 600 s, para obtener, tras el recocido, una estructura completamente austenítica,

[0041] La velocidad de recalentamiento a la primera temperatura de recocido se comprende preferentemente entre 1 °C/s y 200 °C/s.

- templar la lámina de acero laminada en frío a una velocidad de enfriamiento comprendida entre 0,5 °C/s y 200 °C/s, a una temperatura de inactivación comprendida entre 20 °C y Ms-50 °C y mantenerla a dicha temperatura de inactivación durante un tiempo de retención comprendido entre 1 y 200 s,

[0042] La velocidad de enfriamiento se elige para evitar la formación de perlita al enfriarse. Para cada composición particular del acero y cada estructura, un experto en la materia sabe cómo determinar el punto de inicio de transformación Ms de la austenita por dilatometría.

[0043] Durante esta etapa de templado, la austenita se transforma parcialmente en martensita.

[0044] Si la temperatura de temple es inferior a 20 °C, la fracción de martensita recuperada en la estructura final es demasiado alta para estabilizar una cantidad suficiente de austenita retenida superior a un 10%. Además, si la temperatura de temple es superior a Ms-50 °C, la fracción de martensita recuperada en la estructura final es demasiado baja para obtener la relación de expansión deseada.

- opcionalmente, mantener la lámina templada a la temperatura de templado durante un tiempo de mantenimiento comprendido entre 1 s y 200 s, preferentemente entre 3 s y 7 s, para evitar la formación de carburos épsilon en martensita, que daría como resultado una disminución en el alargamiento del acero.

- recalentar la lámina de acero laminada en frío a una segunda temperatura de recocido comprendida entre TO y a 720°C, y mantener la lámina de acero laminada en frío a dicha temperatura de recocido durante un tiempo comprendido entre 100 s y 2000 s,

[0045] Durante esta segunda etapa de recocido, la cementita se disuelve y el carbono y el Mn se difunden de la martensita a la austenita, de manera que se logra un enriquecimiento en carbono y Mn de la austenita y se recupera la martensita.

- opcionalmente, recubrir por inmersión en caliente la lámina en un baño a una temperatura inferior o igual a 480 °C. Se puede utilizar cualquier tipo de recubrimiento y, en particular, cinc o aleaciones de cinc, como cinc-níquel, cinc-magnesio o aleaciones de cinc-magnesio-aluminio, aluminio o aleaciones de aluminio, por ejemplo aluminio-silicio.

- inmediatamente después de la segunda etapa de recocido, o inmediatamente después de la etapa de recubrimiento por inmersión en caliente, si se realiza, enfriar la lámina de acero laminada en frío a la temperatura ambiente, para obtener una lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente. La velocidad de enfriamiento es preferentemente superior a 1 °C/s, por ejemplo, comprendida entre 2 °C/s y 20 °C/s.

[0046] Durante esta etapa de enfriamiento, parte de la austenita puede transformarse en martensita fresca. Sin embargo, la fracción superficial de la martensita fresca permanece menor o igual al 10%, debido a la estabilización de la austenita con carbono y manganeso.

- opcionalmente, después del enfriamiento hasta la temperatura ambiente, si no se ha realizado la etapa de recubrimiento por inmersión en caliente, la lámina puede recubrirse mediante procedimientos electroquímicos, por ejemplo, electro-galvanizado, o a través de cualquier procedimiento de recubrimiento al vacío, como PVD o deposición por chorro de vapor. Se puede utilizar cualquier tipo de recubrimiento y, en particular, zinc o aleaciones de zinc, como aleaciones de zinc-níquel, zinc-magnesio o zinc-magnesio-aluminio. Opcionalmente, después del recubrimiento

mediante electrogalvanización, la lámina puede someterse a desgasificación.

Ejemplos

- 5 **[0047]** Tres calidades, cuyas composiciones se recogen en la tabla 1, se fundieron en semiproductos y se procesaron en láminas de acero siguiendo los parámetros del procedimiento recogidos en la tabla 2, pasando por calentamiento, laminado en caliente controlado y posterior enfriamiento en agua, logrado por temple y templado automático.

10

Tabla 1 - Composiciones

Las composiciones analizadas se reúnen en la siguiente tabla, donde el contenido del elemento se expresa en porcentaje en peso:													
Acero	C	Mn	Si	Al	Ti	Nb	V	S	P	N	Ae1	T ₀	Ae3
A	0,146	3,86	1,48	0,03	-	0,059	-	0,001	0,009	0,004	645	660	780
B	0,126	5,00	0,51	1,78	-	0,027	-	0,002	0,009	0,005	580	660	950
C	0,110	5,17	0,51	1,81	-	-	-	0,001	0,017	0,005	580	660	950

[0048] Los aceros A y B son según la invención, mientras que el acero C es un ejemplo comparativo.

- [0049]** Para un acero dado, un experto en la materia sabe cómo determinar las temperaturas Ae1, Ae3 y T a
15 través de pruebas de dilatometría y análisis de metalografía.

Tabla 2- Parámetros del procedimiento

Los semiproductos de acero, tal como se moldearon, se recalentaron a 1250 °C y a continuación se laminaron en caliente y a continuación se bobinaron a 550 °C. Se decaparon, se recocieron a 600 °C durante 5 h, se decaparon y se laminaron en frío con una tasa de reducción del 50 %. A continuación se procesaron bajo las condiciones siguientes:

Ensayo	Acero	Primer recocido				Segundo recocido		
		Velocidad de recalentamiento (°C/s)	Temperatura (°C)	Tiempo (s)	Velocidad de enfriamiento (°C/s)	Temple (°C)	Tiempo de espera en la temperatura de temple (s)	Temperatura de recocido (°C)
1	A	10	900	120	5	180	3	680
2	A	10	900	120	5	180	3	680
3	A	10	900	120	5	210	3	680
4	A	10	900	120	5	30	3	680
5	A	10	860	120	5	210	3	670
6	A	10	860	120	5	210	3	690
7	A	10	820	120	5	210	3	690
8	B	10	950	120	5	200	3	670
9	B	10	950	120	5	30	3	690
10	B	10	950	120	5	200	3	680
11	B	10	950	120	5	30	3	700
12	B	15	-	-	-	-	-	730
13	B	15	-	-	-	-	-	740
14	B	15	-	-	-	-	-	750
15	C	10	950	300	5	220	3	700
16	C	10	1000	120	5	220	3	700
17	C	10	1000	120	5	220	3	680

[0050] A continuación, las muestras resultantes se analizaron y los elementos de microestructura y propiedades mecánicas correspondientes se recogieron respectivamente en las tablas 3 y 4.

Tabla 3 - Microestructura y precipitados

Se determinaron los porcentajes de fase de las microestructuras de la lámina de acero obtenida:							
Ensayo	γ (%)	relación de aspecto de γ	MA (%)	FM (%)	RM (%)	RF (%)	¿Precipitados en RM?
1*	14	6	3	2	84	0	Sí
2*	15	6	3	2	83	0	Sí
3*	14	6	3	2	84	0	Sí
4*	13	6	2	2	85	0	Sí
5	8	6	<u>12</u>	7	85	0	Sí
6	16	5	<u>22</u>	10	74	0	Sí
7	16	4	<u>25</u>	<u>15</u>	69	0	Sí
8*	20	11	3	1	79	0	Sí
9*	22	10	4	2	76	0	Sí
10*	20	11	3	1	79	0	Sí
11*	23	9	5	4	73	0	Sí
12	21	<u>1,5</u>	<u>14</u>	9	<u>0</u>	<u>70</u>	Sí
13	23	<u>1,5</u>	<u>18</u>	10	<u>0</u>	<u>67</u>	Sí
14	23	<u>1,5</u>	<u>23</u>	<u>14</u>	<u>0</u>	<u>63</u>	Sí
15	20	11	2	1	79	0	<u>No</u>
16	20	13	2	1	79	0	<u>No</u>
17	17	13	2	1	82	0	<u>No</u>

*: ensayos según la invención.
 γ : representa la fracción superficial residual de austenita
 γ relación de aspecto: representa la relación de aspecto de las películas de austenita
 MA : significa fracción superficial de islas MA con un tamaño superior a 0.5 μm
 FM: significa fracción superficial de martensita fresca
 RM: significa fracción superficial de martensita recuperada
 RF: significa fracción superficial de ferrita recristalizada
 Precipitados en RM: representa la presencia de precipitados de Nb en martensita recuperada

5

Tabla 4 - Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de las muestras analizadas se determinaron y reunieron en la tabla siguiente:				
Ensayo	YS (MPa)	TS (MPa)	UE (%)	HER (%)
1*	766	1023	15,1	24,4
2*	750	1014	15,8	25,5
3*	722	1046	16,4	26,4

(continuación)

Ensayo	YS (MPa)	TS (MPa)	UE (%)	HER (%)
4*	774	985	15,8	35,3
5	796	1044	<u>10,6</u>	21
6	<u>635</u>	1181	14,3	<u>17,3</u>
7	<u>659</u>	1183	14,3	<u>15,8</u>
8*	791	924	12,3	48,2
9*	760	926	14,7	46,0
10*	742	949	14,0	43,8
11*	725	967	15,3	47,4
12	861	1064	18,5	<u>16,2</u>
13	833	1086	17,2	<u>14,2</u>
14	786	1110	15,4	<u>11,6</u>
15	<u>559</u>	936	13,7	33
16	<u>560</u>	902	13,2	35
17	<u>639</u>	<u>848</u>	13,7	38
*: ensayos según la invención.				

[0051] El límite elástico YS, la resistencia a la tracción TS y el alargamiento uniforme UE se miden según la norma ISO 6892-1, publicada en octubre de 2009. La relación de ensanchamiento de orificios HER se mide según la norma ISO 16630:2009. Debido a las diferencias en los procedimientos de medición, los valores de la relación de ensanchamiento de orificios HER según la norma ISO 16630:2009 son muy diferentes y no son comparables con los valores de la relación de ensanchamiento de orificios λ según la norma JEST 1001 (Norma de la Japan Iron and Steel Federation).

[0052] Los ejemplos muestran que las láminas de acero según la invención, a saber, los ejemplos 1 a 4 y 8 a 11, son los únicos que muestran todas las propiedades diana gracias a su composición y microestructuras específicas.

REIVINDICACIONES

1. Lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente, hecha de un acero que tiene una composición que comprende, en porcentaje en peso:

C : 0,03 - 0,25 %
 Mn : 3,5 - 8 %
 Si : 0,1 - 2,0 %
 Al : 0,03-2,0 %
 Ti ≤ 0,080 %
 Nb ≤ 0,080 %
 V ≤ 0,2 %
 V + Ti + Nb > 0,01%
 S ≤ 0,010 %
 P ≤ 0,020 %
 N ≤ 0,008 %

y que comprende opcionalmente uno o más de los siguientes elementos, en porcentaje en peso:

Mo : 0,1 - 0,5 %
 Cr : 0,01 - 1 %
 B : 0,0005 - 0,004 %

el resto de la composición es hierro e impurezas inevitables resultantes de la fundición, dicha lámina de acero laminada en frío tiene una microestructura que consiste en, en fracción superficial:

- entre un 10 % y un 30 % de austenita retenida, donde dicha austenita retenida está presente como películas con una relación de aspecto de al menos 3 y como islas de martensita austenita, donde menos del 8 % de dichas islas de martensita austenita tienen un tamaño superior a 0,5 µm,
- como máximo, un 10% de martensita fresca y
- martensita recuperada que contiene precipitados de al menos un elemento elegido entre niobio, titanio y vanadio, donde la microestructura se determina mediante el procedimiento definido en la descripción.

2. Una lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente según la reivindicación 1, donde el contenido de aluminio es como máximo un 1,2 %.

3. Una lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente según la reivindicación 1 o 2, donde el contenido de niobio es de al menos un 0,010 %.

4. Una lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde el contenido de carbono es de al menos un 0,10 %.

5. Una lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde la relación de fracción entre las islas de martensita austenita que tienen un tamaño superior a 0,5 µm y dicha película de austenita es inferior a 1,0.

6. Una lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente según la reivindicación 5, donde la relación de fracción entre las islas de martensita austenita que tienen un tamaño superior a 0,5 µm y dicha película de austenita es inferior a 0,5.

7. Una lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde la fracción superficial de martensita fresca es inferior a un 5%.

8. Una lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde menos del 5 % de dichas islas de martensita austenita tienen un tamaño superior a 0,5 µm.

9. Una lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, donde la fracción superficial de las películas de austenita que tienen una relación de aspecto superior a 3 es de al menos un 8%.

10. Una lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, donde la lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente está recubierta con Zn o una aleación de Zn.

11. Una lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, donde la lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente está recubierta con Al o una aleación de Al.
- 5 12. Una lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, donde la lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente tiene un límite elástico YS de al menos 700 MPa, una resistencia a la tracción TS de al menos 900 MPa, un alargamiento uniforme UE de al menos 12% y una relación de expansión de orificios HER de al menos 20%, donde el límite elástico YS, la resistencia a la tracción TS y el alargamiento uniforme UE se miden según la norma ISO 6892-1, publicada en octubre de 2009 y la relación de expansión de orificios HER se mide según la norma ISO 16630:2009.
- 10 13. Un procedimiento para fabricar una lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente, que comprende las etapas sucesivas siguientes:
- 15 - fundir un acero para obtener una losa, donde dicho acero tiene una composición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4,
 - recalentar el desbaste plano a una temperatura $T_{\text{recalentamiento}}$ comprendida entre 1150 °C y 1300 °C,
 - laminar en caliente el desbaste plano recalentado a una temperatura superior a A_{r3} para obtener una lámina de acero laminada en caliente,
- 20 - bobinar la lámina de acero laminada en caliente a una temperatura T_{bobinado} comprendida entre 20°C y 600°C,
 - recocer la lámina de acero laminada en caliente, para obtener una lámina de acero recocida y laminada en caliente,
 - laminar en frío la lámina de acero laminada en caliente y recocida para obtener una lámina de acero laminada en frío,
- 25 - recalentar la lámina de acero laminada en frío a una primera temperatura superior a 860°C y mantener la lámina de acero laminada en frío a dicha temperatura de recocido durante un tiempo de retención comprendido entre 30 s y 600 s, para obtener, tras el recocido, una estructura completamente austenítica,
 - templar la lámina de acero laminada en frío a una velocidad de enfriamiento comprendida entre 0,5 °C/s y 200 °C/s, a una temperatura de inactivación comprendida entre 20 °C y Ms-50 °C y mantenerla a dicha temperatura de inactivación durante un tiempo de retención comprendido entre 1 y 200 s,
- 30 - recalentar la lámina de acero laminada en frío a una segunda temperatura de recocido comprendida entre TO y 720°C, donde TO designa la temperatura por encima de la cual la cementita se disuelve al calentarse, y mantener la lámina de acero laminada en frío a dicha temperatura de recocido durante un tiempo comprendido entre 100 s y 2000 s,
- 35 - enfriar la lámina de acero laminada en frío a la temperatura ambiente, para obtener una lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente.
14. Un procedimiento según la reivindicación 13, donde el recocido realizado sobre la lámina de acero laminada en caliente es un recocido por lotes realizado a una temperatura comprendida entre 500 °C y 680 °C durante 1000 s a 50 000 s.
- 40 15. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 13 o 14, donde la velocidad de calentamiento de dicha lámina de acero laminada en frío está comprendida entre 1 y 200 °C/s.
- 45 16. Un procedimiento para producir una junta soldada por puntos de al menos dos láminas de acero, que comprende las etapas de:
- 50 - proporcionar una lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 o producida mediante un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15,
 - proporcionar una segunda lámina de acero,
 - soldar por puntos la lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente en la segunda lámina de acero.
17. El procedimiento según la reivindicación 16, donde la segunda lámina de acero es una lámina de acero laminada en frío y tratada térmicamente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 o producida por un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15.
- 55