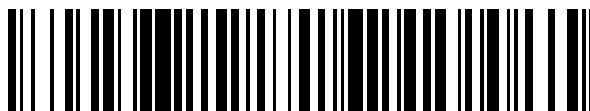


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 710 293**

51 Int. Cl.:

<b>C23C 2/02</b>	(2006.01) <b>C22C 38/18</b>	(2006.01)
<b>C21D 8/02</b>	(2006.01) <b>B32B 15/01</b>	(2006.01)
<b>C23C 2/06</b>	(2006.01) <b>C25D 3/22</b>	(2006.01)
<b>C23C 2/12</b>	(2006.01) <b>C25D 3/56</b>	(2006.01)
<b>C23C 2/40</b>	(2006.01) <b>C21D 1/18</b>	(2006.01)
<b>C21D 9/46</b>	(2006.01) <b>C21D 1/19</b>	(2006.01)
<b>C21D 1/26</b>	(2006.01) <b>C22C 38/06</b>	(2006.01)
<b>C21D 1/34</b>	(2006.01) <b>C22C 38/38</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/02</b>	(2006.01) <b>C23F 17/00</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/04</b>	(2006.01) <b>C22C 38/34</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.08.2015 PCT/IB2015/056029**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **11.02.2016 WO16020899**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.08.2015 E 15777734 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2018 EP 3177749**

54 Título: **Procedimiento para producir una lámina de acero que tiene una resistencia, ductilidad y formabilidad mejoradas**

30 Prioridad:

**07.08.2014 WO PCT/IB2014/001492**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.04.2019**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MASSE, JEAN-PHILIPPE y  
HELL, JEAN-CHRISTOPHE**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

ES 2 710 293 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para producir una lámina de acero que tiene una resistencia, ductilidad y formabilidad mejoradas

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento para producir una lámina de acero de alta resistencia que tiene una resistencia, ductilidad y formabilidad mejoradas y a las láminas obtenidas con el procedimiento.

10 **[0002]** Para fabricar diversos equipos, tales como piezas de miembros estructurales de la carrocería y paneles de la carrocería para vehículos automovilísticos, es normal utilizar láminas revestidas fabricadas de aceros DP (de fase dual) o aceros TRIP (de plasticidad inducida por transformación).

15 **[0003]** Por ejemplo, tales aceros, que incluyen una microestructura martensítica y/o contienen aproximadamente un 0,2 % de C, aproximadamente un 2 % de Mn, aproximadamente un 1,7 % de Si, tienen un límite elástico de aproximadamente 750 MPa, una resistencia a la tracción de aproximadamente 980 MPa y un alargamiento total de más de un 8 %. Estas láminas se producen en una línea de recocido continuo templando de una temperatura de recocido superior al punto de transformación  $Ac_3$  a una temperatura de sobrevejecimiento superior al punto de transformación Ms y manteniendo la lámina a la temperatura durante un tiempo dado. A continuación, la lámina se galvaniza por inmersión en caliente o se electrogalvaniza.

20 **[0004]** 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. Pero tales láminas también deben tener una buena ductilidad y una buena formabilidad.

25 **[0005]** El documento US 2014/170439 describe un procedimiento para producir una lámina que tiene una resistencia mecánica de al menos 1000 MPa. Además, se describe en términos generales un tratamiento térmico, conocido como temple y partición, en «The quenching and partitioning process: background and recent progress», John G. Speer y col., Materials Research, vol. 8, n.º 4, abril de 2008.

30 **[0006]** A este respecto, sigue siendo deseable tener láminas que tengan un límite elástico YS de al menos 550 MPa, una resistencia a la tracción TS de aproximadamente 980 MPa, un alargamiento uniforme de al menos un 12 % y un alargamiento total de al menos un 18 %. Asimismo, también es deseable tener láminas que tengan alta resistencia a daños, es decir una relación de expansión de agujero HER de al menos un 30 %. La relación de expansión de agujero a la que se hace referencia en toda la descripción y en las reivindicaciones se mide según la norma ISO 16630: 2009. Por lo tanto, el propósito de la presente invención es proporcionar tal lámina y un procedimiento para producirla.

35 **[0007]** Por lo tanto, la invención se refiere a un procedimiento para producir una lámina de acero, que tiene una microestructura que contiene entre un 5 % y 25 % de ferrita intercrítica, al menos un 10 % de austenita retenida, al menos un 50 % de martensita particionada, menos de un 10 % de martensita fresca, y bainita, siendo la suma de martensita particionada y bainita de al menos un 60 %, tratando térmicamente una lámina de acero donde la composición química del acero contiene en % en peso:

45  $0,15 \% \leq C \leq 0,25 \%$

$1,2 \% \leq Si \leq 1,8 \%$

50  $2 \% \leq Mn \leq 2,4 \%$

$0,1 \% \leq Cr \leq 0,25 \%$

$Al \leq 0,5 \%$ ,

55 siendo el resto Fe e impurezas inevitables, y donde el tratamiento térmico comprende las etapas sucesivas siguientes:

60 - calentar y recocer la lámina a una temperatura de recocido TA de entre  $TA1 = Ac_3 - 0,45 \times (Ms - QT)$ , donde QT es la temperatura de temple de entre 180 °C y 300 °C, y  $TA2 = 830 \text{ °C}$  durante un tiempo superior a 30 s,

- templar la lámina enfriándola a la temperatura de temple QT de entre 180 °C y 300 °C,

65 - calentar la lámina a una temperatura de partición PT de entre 380 °C y 480 °C durante un tiempo de partición Pt de entre 10 s y 300 s,

- enfriar la lámina a la temperatura ambiente con una velocidad de enfriamiento de al menos 25 °C/s.

Preferentemente, el procedimiento según la invención es tal que:  $0,17 \% \leq C \leq 0,21 \%$ .

5 En otra forma de realización, el procedimiento según la invención es tal que:

$$1,3 \% < Si < 1,6 \%$$

10 En otra forma de realización, el procedimiento según la invención es tal que:

$$2,1 \% < Mn < 2,3 \%$$

15 En una forma de realización preferida, el procedimiento según la invención es tal que la temperatura de partición PT es de entre 430 °C y 480 °C durante un tiempo de partición de entre 10 s y 90 s.

[0008] En una forma de realización preferida, el procedimiento según la invención es tal que la temperatura de partición PT es de entre 380 °C y 430 °C durante un tiempo de partición de entre 10 s y 300 s.

20 [0009] En una primera forma de realización, para producir una lámina de acero revestida, el procedimiento comprende, entre la etapa de calentar la lámina a la temperatura de partición PT durante el tiempo de partición Pt y la etapa de enfriar la lámina a la temperatura ambiente, una etapa de revestimiento por inmersión en caliente.

[0010] En una forma de realización preferida, el procedimiento según la invención es tal que la etapa de revestimiento por inmersión en caliente es una etapa de galvanizado.

25 [0011] En otra forma de realización, el procedimiento según la invención es tal que la etapa de revestimiento por inmersión en caliente se realiza usando un baño de Al o Al aleado.

30 [0012] En una segunda forma de realización, para producir una lámina de acero revestida, el procedimiento comprende, después de que la lámina se enfría a la temperatura ambiente, una etapa de revestimiento de la lámina por electrogalvanizado o revestimiento al vacío.

[0013] En una forma de realización preferida, el procedimiento según la invención es tal que la suma de martensita y bainita es de al menos un 65 %.

35 [0014] El objetivo de la invención también se refiere a una lámina de acero donde la composición química del acero contiene en % en peso:

$$0,15 \% \leq C \leq 0,25 \%$$

$$40 \quad 1,2 \% \leq Si \leq 1,8 \%$$

$$2 \% \leq Mn \leq 2,4 \%$$

$$45 \quad 0,1 \leq Cr \leq 0,25 \%$$

$$Al \leq 0,5 \%,$$

50 siendo el resto Fe e impurezas inevitables, donde la microestructura comprende entre un 5 % y 25 % de ferrita intercrítica, al menos un 50 % de martensita particionada, al menos un 10 % de austenita residual, menos de un 10 % de martensita fresca, y bainita, siendo la suma de martensita particionada y bainita de al menos un 60 %.

[0015] Preferentemente, la lámina de acero según la invención es tal que:  $0,17 \% \leq C \leq 0,21 \%$ .

55 [0016] En otra forma de realización, la lámina de acero según la invención es tal que:

$$1,3 \% \leq Si \leq 1,6 \%$$

60 [0017] En otra forma de realización, la lámina de acero según la invención es tal que:

$$2,1 \% < Mn < 2,3 \%$$

[0018] En una forma de realización preferida, la lámina de acero según la invención está revestida con Zn o una aleación de Zn, o incluso con Al o una aleación de Al.

65

**[0019]** La lámina de acero según la invención tiene un límite elástico de 550 MPa, una resistencia a la tracción de al menos 980 MPa, un alargamiento uniforme de al menos un 12 %, un alargamiento total de al menos un 18 % y una relación de expansión de agujero de al menos un 30 %.

5 **[0020]** En una forma de realización preferida, la lámina de acero según la invención es tal que la suma de martensita y bainita es de al menos un 65 %.

**[0021]** La invención también tiene como objetivo el uso de una lámina de acero o el procedimiento de producción descrito para fabricar piezas para la carrocería de automóviles en blanco.

10 **[0022]** La descripción se refiere a un procedimiento para producir una lámina de acero revestida que tiene una microestructura que contiene entre un 5 % y 25 % de ferrita intercrítica, al menos un 10 % de austenita residual y al menos un 65 % de martensita y bainita tratando térmicamente y revistiendo una lámina de acero donde la composición química de la lámina contiene en % en peso:

$$0,15 \% \leq C \leq 0,25 \%$$

$$1,2 \% \leq Si \leq 1,8 \%$$

20 
$$2 \% \leq Mn \leq 2,4 \%$$

$$0,1 \% \leq Cr \leq 0,25 \%$$

$$Al \leq 0,5 \%,$$

25 siendo el resto Fe e impurezas inevitables, y donde el tratamiento térmico y las operaciones de revestimiento comprenden las etapas sucesivas siguientes:

30 - calentar y recocer la lámina a una temperatura de recocido TA de entre TA1 = Ac3 - 0,45 x (Ms - QT), donde QT es la temperatura de temple de entre 180 °C y 300 °C, y TA2 = 830 °C durante un tiempo superior a 30 s,

- templar la lámina enfriándola a la temperatura de temple QT,

35 - calentar la lámina a una temperatura de partición PT de entre 380 °C y 480 °C durante un tiempo de partición Pt de entre 10 s y 300 s,

- revestir la lámina electrogalvanizando o revistiendo al vacío después de enfriar a la temperatura ambiente o revistiendo la lámina por inmersión en caliente y, a continuación, enfriándola a la temperatura ambiente.

40 **[0023]** Preferentemente, el procedimiento según la invención es tal que:  $0,17 \% \leq C \leq 0,21 \%$ .

**[0024]** En otra forma de realización, el procedimiento según la invención es tal que:

$$1,3 \% \leq Si \leq 1,6 \%$$

45 **[0025]** En otra forma de realización, el procedimiento según la invención es tal que:

$$2,1 \% \leq Mn \leq 2,3 \%$$

50 **[0026]** En una forma de realización preferida, el procedimiento según la invención es tal que la temperatura de partición PT es de entre 430 °C y 480 °C durante un tiempo de partición de entre 10 s y 90 s.

**[0027]** En una forma de realización preferida, el procedimiento según la invención es tal que la temperatura de partición PT es de entre 380 °C y 430 °C durante un tiempo de partición de entre 10 s y 300 s.

55 **[0028]** En una forma de realización preferida, el procedimiento según la invención es tal que la etapa de revestimiento por inmersión en caliente es una etapa de galvanizado o galvanizado y recocido posterior.

60 **[0029]** En otra forma de realización, el procedimiento según la invención es tal que la etapa de revestimiento por inmersión en caliente se realiza usando un baño de Al o Al aleado.

**[0030]** La descripción también se refiere a una lámina de acero donde la composición química del acero contiene en % en peso:

65 
$$0,15 \% \leq C \leq 0,25 \%$$

1,2 % ≤ Si ≤ 1,8 %

2 % ≤ Mn ≤ 2,4 %

0,1 ≤ Cr ≤ 0,25 %

Al ≤ 0,5 %,

5  
10 siendo el resto Fe e impurezas inevitables, donde la microestructura comprende entre un 5 % y 25 % de ferrita intercrítica, al menos un 10 % de austenita residual y al menos un 65 % de martensita y bainita combinadas.

[0031] Preferentemente, la lámina de acero según la invención es tal que: 0,17 % ≤ C ≤ 0,21 %. En otra forma de realización, la lámina de acero según la invención es tal que:

1,3 % ≤ Si ≤ 1,6 %

[0032] En otra forma de realización, la lámina de acero según la invención es tal que:

2,1 % ≤ Mn ≤ 2,3 %

[0033] En una forma de realización preferida, la lámina de acero según la invención está revestida con Zn o una aleación de Zn, o incluso con Al o una aleación de Al.

[0034] La lámina de acero tiene un límite elástico YS de al menos 550 MPa, una resistencia a la tracción de al menos 980 MPa, un alargamiento uniforme de al menos un 12 % y un alargamiento total de al menos un 18 %.

[0035] Ahora, se describirá la invención en detalle, pero sin introducir limitaciones, en vista de la figura 1, que ilustra, para la misma composición de acero, el par (resistencia a la tracción-relación de expansión de agujero) que se puede obtener según el procedimiento de fabricación de la invención, en comparación con un procedimiento que no incluye una etapa de temple y partición de martensita.

[0036] Según la invención, la lámina se obtiene mediante laminado en caliente y laminado en frío de un semiproducto cuya composición química contiene, en % en peso:

- De un 0,15 a 0,25 % de carbono, y preferentemente de un 0,17 % a 0,21 %, para garantizar una resistencia satisfactoria y mejorar la estabilidad de la austenita retenida. Este contenido de austenita retenida es necesario para obtener alargamientos uniformes y totales suficientes. Si el contenido de carbono es superior al 0,25 %, la lámina laminada en caliente es demasiado dura para laminar en frío y la soldabilidad es insuficiente. Si el contenido de carbono es inferior al 0,15 %, los valores de límite elástico y resistencia a la tracción no alcanzarán los 550 y 980 MPa, respectivamente.

- De un 1,2 % a 1,8 %, preferentemente de un 1,3 % a 1,6 %, de silicio con el fin de estabilizar la austenita, para proporcionar una fortificación de la solución sólida y retrasar la formación de carburos durante el sobre-envejecimiento sin formación de óxidos de silicio en la superficie de la lámina, que es perjudicial para la revestibilidad.

- De un 2 % a 2,4 %, y preferentemente de un 2,1 % a 2,3 %, de manganeso. El mínimo se define para que tenga una templabilidad suficiente con el fin de obtener una microestructura que contenga al menos un 65 % de martensita y bainita y una resistencia a la tracción superior a 980 MPa, y el máximo se define para evitar que tenga problemas de segregación, que son perjudiciales para la ductilidad si el contenido de Mn es superior a un 2,3 %.

- De un 0,1 % a 0,25 % de cromo, si es necesario. Es necesario al menos un 0,1 % para aumentar la templabilidad y para estabilizar la austenita con el fin de retrasar la formación de bainita durante el sobre-envejecimiento. Se permite un máximo de un 0,25 % de Cr, por encima, se observa un efecto de saturación, y la adición de Cr es tanto inútil como costosa.

- Hasta un 0,5 % de aluminio, que normalmente se añade al acero líquido con el fin de su desoxidación. Preferentemente, el contenido de Al está limitado a un 0,05 %. Si el contenido de Al es superior a un 0,5 %, la temperatura de austenitización será demasiado elevada como para alcanzarla durante el recocido y el acero se volverá industrialmente difícil de producir.

[0037] El resto es hierro y elementos residuales resultantes de la fabricación del acero. A este respecto, al menos Ni, Mo, Cu, Nb, V, Ti, B, S, P y N se consideran elementos residuales que son impurezas inevitables. Por lo tanto, sus contenidos son inferiores a un 0,05 % para Ni, 0,02 % para Mo, 0,03 % para Cu, 0,007 % para V, 0,0010

% para B, 0,005 % para S, 0,02 % para P y 0,010 % para N. El contenido de Nb está limitado a un 0,05 % y el contenido de Ti está limitado a un 0,05 % porque, por encima de tales valores, se formarán precipitados grandes y se reducirá la formabilidad, lo que hará que el 18 % de alargamiento total sea más difícil de alcanzar.

5 **[0038]** La lámina se prepara mediante laminado en caliente y laminado en frío según los procedimientos conocidos por los expertos en la materia.

10 **[0039]** Opcionalmente, la lámina laminada en caliente se recuece por lotes antes del laminado en frío a una temperatura TBA en el intervalo de 550 °C-650 °C durante más de 5 horas para garantizar una mejor laminabilidad en frío de las láminas laminadas en caliente.

**[0040]** Después del laminado, las láminas se decapan o limpian y, a continuación, se tratan térmicamente y se revisten por inmersión en caliente, por electrodeposición o al vacío.

15 **[0041]** El tratamiento térmico que se realiza preferentemente en una línea combinada de recocido continuo y revestimiento por inmersión en caliente comprende las etapas de:

- Recocer la lámina a una temperatura de recocido TA de entre TA1 = Ac3 - 0,45 x (Ms-QT) y TA2 = 830 °C, donde:

20 
$$Ac3 = 910 - 203[C]^{1/2} - 15,2[Ni] + 44,7[Si] + 104[V] + 31,5[Mo] + 13,1[W] - 30[Mn] - 11[Cr] - 20[Cu] + 700[P] + 400[Al] + 120[As] + 400[Ti]$$

$$Ms = 539 - 423[C] - 30,4[Mn] - 17,7[Ni] - 12,1[Cr] - 11[Si] - 7,5[Mo]$$

25 QT debe ser de entre 180° y 300 °C.

**[0042]** Los elementos de la composición química se dan en % en peso.

30 **[0043]** Esto es para garantizar una fracción máxima de un 25 % de ferrita intercrítica y para garantizar un mínimo de un 5 % de ferrita intercrítica, es decir, ferrita formada durante un recocido intercrítico entre aproximadamente 721 °C y Ac3. La lámina se mantiene a la temperatura de recocido, es decir, se mantiene entre TA - 5 °C y TA + 10 °C, durante un tiempo suficiente para homogeneizar la composición química y la microestructura. Este tiempo es de más de 30 s, pero preferentemente no necesita ser de más de 300 s.

35 - Templar la lámina enfriando a la temperatura de temple QT, que es de entre 180 °C y 300 °C. Tal temperatura es inferior al punto de transformación Ms y se alcanza a una velocidad de enfriamiento lo suficientemente alta como para evitar la formación de ferrita poligonal y bainita durante el enfriamiento. El Cr es útil para evitar tal formación. Por temple, se entiende una velocidad de enfriamiento superior a 30 °C/s. La temperatura de temple es de entre 180 °C y 300 °C con el fin de tener, justo después del temple, una microestructura que consiste en ferrita intercrítica, martensita y austenita. Si la temperatura de temple QT es inferior a 180 °C, la fracción de la martensita particionada en la estructura final es demasiado alta para estabilizar una cantidad suficiente de austenita retenida superior a un 10 %. Asimismo, si la temperatura de temple QT es superior a 300 °C, la fracción de martensita particionada es demasiado baja para obtener las propiedades de tracción y resistencia a daños deseadas.

45 **[0044]** A continuación, se recalienta el acero desde esta temperatura de temple hasta una temperatura de partición PT de entre 380 °C y 480 °C, y preferentemente de entre 430 °C y 480 °C si la lámina va a ser revestida por inmersión en caliente. Durante esta etapa de partición, el carbono difunde de la martensita hacia la austenita restante. Por tanto, durante esta etapa, se crea una martensita particionada que tiene un contenido de carbono inferior al contenido nominal de la lámina, mientras que, al mismo tiempo, se crea una fase de austenita enriquecida que tiene un contenido de carbono superior al contenido nominal de carbono del acero.

50 **[0045]** Por ejemplo, la temperatura de partición puede ser igual a la temperatura a la que se debe calentar la lámina con el fin de ser revestida por inmersión en caliente, es decir, entre 455 °C y 465 °C. Por otra parte, la temperatura de partición se puede reducir, es decir, sumergir entre 380 °C y 430 °C si la lámina se va a electrogalvanizar adicionalmente o si la lámina no se va a revestir. La velocidad de recalentamiento puede ser alta cuando el recalentamiento se hace mediante un calentador de inducción, pero esa velocidad de recalentamiento no tuvo efecto sobre las propiedades finales de la lámina.

60 - La lámina se mantiene a la temperatura de partición PT durante un tiempo Pt de entre 10 s y 300 s, y preferentemente de entre 10 s y 90 s, si la lámina se va a revestir por inmersión en caliente. En caso de acero revestido por inmersión en caliente, la temperatura de partición PT es preferentemente de entre 430 °C y 480 °C. El mantenimiento de la lámina a la temperatura de partición implica que, durante la partición, la temperatura de la lámina permanece entre PT - 20 °C y PT + 20 °C.

65 **[0046]** Opcionalmente, se ajusta la temperatura de la lámina enfriando o calentando con el fin de que sea

igual a la temperatura a la que se debe revestir la lámina por inmersión en caliente, si se elige tal procedimiento de revestimiento.

5 **[0047]** En este caso, el revestimiento por inmersión en caliente puede ser, por ejemplo, galvanizado, pero son posibles todos los revestimientos metálicos por inmersión en caliente, siempre y cuando las temperaturas a las que se lleva la lámina durante el revestimiento permanezcan por debajo de 480 °C. Cuando se galvaniza la lámina, se hace con las condiciones normales. La lámina según la invención también se puede galvanizar con aleaciones de Zn como zinc-magnesio o zinc-magnesio-aluminio.

10 - Por último, se enfría la lámina a temperatura ambiente. Durante esta etapa, algo de austenita que se ha enriquecido en carbono en la etapa de partición, se transforma en martensita fresca. Por tanto, la martensita fresca tiene un contenido de C superior al contenido de carbono de la composición nominal.

15 **[0048]** La velocidad de enfriamiento es de al menos 25 °C/s para evitar que se produzca un efecto de autotemplado de la martensita fresca durante el enfriamiento final. Si el acero se reviste por inmersión en caliente, entonces la lámina se enfría a 300 °C, según la técnica conocida, con el fin de que el revestimiento solidifique apropiadamente y, a continuación, se enfría a temperatura ambiente con una velocidad de enfriamiento de al menos 25 °C/s para evitar el autotemplado de la martensita fresca. Tal efecto podría afectar a las propiedades de tracción y, especialmente, reducir la ductilidad.

20 **[0049]** Si la lámina de acero no se reviste mediante inmersión en caliente, sino que, por ejemplo, se va a revestir mediante un procedimiento electroquímico o al vacío, o va a quedar sin revestir, la lámina se enfría directamente después de la etapa de partición con una velocidad de enfriamiento superior a 25 °C/s, por la misma razón de evitar un grado demasiado alto de autotemplado de la martensita fresca.

25 **[0050]** En lugar de utilizar un revestimiento por inmersión en caliente, la lámina se puede revestir mediante procedimientos electroquímicos, por ejemplo, electrogalvanizado, o por cualquier procedimiento de revestimiento al vacío, como PVD o deposición por chorro de vapor, después de la etapa de enfriamiento. En este caso, de nuevo, se puede utilizar cualquier clase de revestimiento y, en particular, zinc o aleaciones de zinc, como aleaciones de zinc-níquel, zinc-magnesio o zinc-magnesio-aluminio.

30 **[0051]** Tras la partición y enfriamiento a la temperatura ambiente, cualquiera que sea el procedimiento de revestimiento mencionado anteriormente, o si la lámina no está revestida, la lámina de acero según la invención debe contener: al menos un 10 % de austenita residual, de un 5 % a 25 % de ferrita intercrítica, al menos un 50 % de martensita particionada (es decir, martensita que tiene un contenido de carbono inferior al contenido nominal de carbono), menos de un 10 % de martensita fresca (es decir, martensita que tiene un contenido de carbono superior al contenido nominal de carbono) y bainita, siendo la suma (es decir, combinación) de martensita particionada y bainita de al menos un 60 %.

35 **[0052]** Con el fin de obtener unas propiedades mecánicas estables, la suma de martensita (es decir, particionada y fresca) y bainita es de al menos un 65 %.

40 **[0053]** Las láminas de acero según la invención tienen un límite elástico YS de al menos 550 MPa, una resistencia a la tracción TS de al menos 980 MPa, un alargamiento uniforme UE de al menos un 12 %, un alargamiento total TE de al menos un 18 % y una relación de expansión de agujero HER de al menos un 30 %.

45 **[0054]** Los ejemplos siguientes tienen fines ilustrativos y no están destinados a ser interpretados como limitantes del alcance de la descripción del presente documento:

50 Como un ejemplo, una lámina de 1,2 mm de espesor tiene la composición siguiente:

55 C = 0,19 %, Si = 1,5 %, Mn = 2,2 %, Cr = 0,2 %, Al = 0,030 %, siendo el resto Fe e impurezas. Todos los elementos que son impurezas, tales como Cu, Ni, B, Nb, Ti, V, etc., tienen un contenido inferior al 0,05 %. La lámina se fabricó mediante laminado en caliente y en frío. El punto de transformación Ms teórico de este acero es 369 °C y el punto Ac3 calculado es 849 °C.

60 **[0055]** Se trataron muestras de acero térmicamente mediante recocido, temple y partición y, a continuación, se galvanizaron por inmersión en caliente o electrogalvanizaron, siendo la velocidad de enfriamiento después de la etapa de partición superior a 25 °C/s. Se cuantificó la microestructura y se midieron las propiedades mecánicas.

65 **[0056]** Las condiciones del tratamiento de recocido se presentan en la tabla I, las microestructuras obtenidas se resumen en la tabla II y las propiedades mecánicas se dan en la tabla III. Los ejemplos 1 a 15 se han revestido por inmersión en caliente mediante galvanizado a 460 °C (GI) y los ejemplos 16 a 30 se han electrogalvanizado (EZ) después del recocido.

# ES 2 710 293 T3

**[0057]** Las cifras en negrita y subrayadas no son según la invención.

Tabla I:

Muestra	TA1	TA	QT	PT	Pt
	°C	°C	°C	°C	s
1	773	800	201	400	275
2	794	800	247	400	275
3	816	<b><u>800</u></b>	297	400	275
4	773	825	200	400	275
5	793	825	245	400	275
6	817	825	299	400	275
7	773	<b><u>835</u></b>	200	400	275
8	795	<b><u>835</u></b>	253	400	275
9	818	<b><u>835</u></b>	<b><u>306</u></b>	400	275

10	771	<b><u>850</u></b>	196	400	275
11	788	<b><u>850</u></b>	234	400	275
12	792	<b><u>850</u></b>	242	400	275
13	794	<b><u>870</u></b>	247	400	275
14	808	<b><u>870</u></b>	278	400	275
15	815	<b><u>870</u></b>	293	400	275
16	773	800	200	460	50
17	795	800	250	460	30
18	795	800	250	460	50
19	818	<b><u>800</u></b>	300	460	50
20	773	825	200	460	50
21	795	825	250	460	30
22	795	825	250	460	50
23	818	825	300	460	50
24	792	<b><u>850</u></b>	242	460	50
25	772	<b><u>850</u></b>	198	460	50
26	778	<b><u>870</u></b>	211	460	50
27	790	<b><u>870</u></b>	238	460	50
28	800	<b><u>870</u></b>	260	460	50
29	814	<b><u>850</u></b>	291	460	50
30	815	<b><u>870</u></b>	294	460	50
31	-	800	-	400	300
32	-	825	-	400	300
33	-	<b><u>850</u></b>	-	400	300



ES 2 710 293 T3

Tabla II

Muestra	F	A	PM	FM	B	PM+ B	M+B
	%	%	%	%	%	%	%
1	19	10	70	1	0	70	71
2	21	13	63	2	1	64	66
3	20	16	<b>36</b>	7	21	<b>57</b>	<b>64</b>
4	10	10	79	1	0	79	80
5	9	13	70	7	1	71	78
6	9	16	52	5	18	70	75
7	<u>2</u>	<u>8</u>	84	6	0	84	90
8	<u>3</u>	11	72	9	5	77	86
9	<u>2</u>	15	54	<u>12</u>	17	71	83
10	<u>0</u>	<u>5</u>	85	<u>10</u>	0	85	95
11	<u>0</u>	<u>7</u>	77	<u>12</u>	4	81	93
12	<u>0</u>	<u>9</u>	74	<u>11</u>	6	80	91
13	<u>0</u>	<u>9</u>	73	9	9	82	91
14	<u>0</u>	10	62	8	20	82	90
15	<u>0</u>	12	58	7	23	81	88
16	20	10	69	1	0	69	70
17	20	14	61	2	3	64	66
18	19	13	60	3	5	65	68
19	20	18	<b>35</b>	6	21	<b>56</b>	<b>62</b>
20	9	10	78	3	0	78	81
21	9	12	71	5	3	74	79
22	10	13	72	4	1	73	77
23	10	16	53	5	16	69	74
24	<u>0</u>	12	75	6	7	82	88
25	<u>0</u>	<u>5</u>	84	<u>11</u>	0	84	95
26	<u>0</u>	<u>6</u>	81	<u>11</u>	2	83	94
27	<u>0</u>	<u>8</u>	76	9	7	83	92
28	<u>0</u>	10	70	8	12	82	90
29	<u>0</u>	12	58	<u>12</u>	18	76	88
30	<u>0</u>	12	56	<b>13</b>	19	75	88
31	19	15	<u>0</u>	<u>11</u>	55	<b>55</b>	66
32	8	16	<u>0</u>	<u>17</u>	59	<b>59</b>	76
33	<u>0</u>	14	<u>0</u>	<u>15</u>	71	71	86

Tabla III

Muestra	YS	TS	UE	TE	HE	Acero
	MPa	MPa	%	%	%	
1	708	1074	13,2	20,3	47,9	Invencción
2	596	1059	13,5	20,6	30,4	Invencción
3	<b>518</b>	1040	13,3	19,8	<b>26,5</b>	<b>Referencia</b>
4	786	1125	12,1	19,4	40,5	Invencción
5	747	1078	12,5	19,6	35,6	Invencción
6	637	1081	12,2	18,6	31,1	Invencción
7	906	1145	<b>8,6</b>	<b>16,3</b>	48,7	<b>Referencia</b>
8	876	1148	<b>9,1</b>	<b>16,2</b>	45,6	<b>Referencia</b>
9	852	1131	<b>9,4</b>	<b>16,5</b>	40,3	<b>Referencia</b>
10	1145	1321	<b>3,8</b>	<b>11,4</b>	55,6	<b>Referencia</b>
11	1171	1316	<b>5,7</b>	<b>12,2</b>	54,3	<b>Referencia</b>
12	1101	1260	<b>4,8</b>	<b>11,5</b>	51,7	<b>Referencia</b>
13	1156	1306	<b>6,4</b>	<b>12,4</b>	62,3	<b>Referencia</b>
14	1057	1250	<b>8,0</b>	<b>13,9</b>	61,7	<b>Referencia</b>
15	1045	1210	<b>6,0</b>	<b>12,7</b>	60,9	<b>Referencia</b>
16	555	1074	13,0	20,1	32,1	Invencción
17	559	1095	13,2	19,8	31,2	Invencción
18	552	1079	12,7	18,8	30,7	Invencción
19	<b>523</b>	1084	12,6	18,9	<b>26,9</b>	<b>Referencia</b>
20	625	1112	12,1	18,7	34,6	Invencción
21	611	1133	13,1	20,0	31,2	Invencción
22	577	1095	12,8	19,7	32,2	Invencción
23	553	1137	12,1	18,2	30,8	Invencción
24	1038	1199	<b>8,7</b>	<b>16,0</b>	48,5	<b>Referencia</b>
25	1101	1226	<b>7,7</b>	<b>15,1</b>	53,2	<b>Referencia</b>
26	1018	1166	<b>8,2</b>	<b>14,9</b>	53,2	<b>Referencia</b>
27	1067	1209	<b>8,6</b>	<b>16,1</b>	54,8	<b>Referencia</b>
28	1001	1181	<b>7,6</b>	<b>14,5</b>	54,4	<b>Referencia</b>
29	898	1184	<b>10,0</b>	<b>16,6</b>	50,2	<b>Referencia</b>
30	881	1179	<b>9,9</b>	<b>16,6</b>	51,4	<b>Referencia</b>
31	577	1091	14,0	19,4	<b>22,3</b>	<b>Referencia</b>
32	679	1102	<b>11,3</b>	<b>15,6</b>	<b>22,0</b>	<b>Referencia</b>
33	908	1186	<b>8,8</b>	<b>13,2</b>	<b>23,8</b>	<b>Referencia</b>

**[0058]** En estas tablas, TA es la temperatura de recocido, TA1 es el límite inferior de temperatura de recocido, QT es la temperatura de temple, PT es la temperatura de partición, Pt el tiempo de mantenimiento a la temperatura de partición, YS es el límite elástico, TS es la resistencia a la tracción, UE es el alargamiento uniforme, TE es el alargamiento total.

- 5 **[0059]** Las fracciones de microestructuras se refieren a la microestructura final de la lámina, es decir, después de enfriar a temperatura ambiente. F es la fracción de ferrita intercrítica, A es la fracción de austenita retenida, FM es la fracción de martensita fresca, PM es la fracción de martensita particionada, M es la martensita, es decir, la suma de martensita fresca y particionada, B es la fracción de bainita.
- 10 **[0060]** Las muestras 1, 2, 4, 5, 6, 16, 17, 18, 20, 21, 22 y 23, que están galvanizadas o electrolgalvanizadas, muestran que, con el fin de obtener las propiedades deseadas, y más específicamente las propiedades de ductilidad, la temperatura de recocido TA se debe fijar en consecuencia con la temperatura de temple QT. Cualquiera que sea la temperatura de partición PT elegida, cuanto menor sea la temperatura TA, menor es la temperatura QT. Combinar la temperatura TA y la temperatura QT permite obtener una fracción adecuada de martensita particionada después del temple en lo que respecta a la fracción de ferrita intercrítica obtenida al final del recocido intercrítico, es decir, cuanto mayor sea la fracción de ferrita, mayor es la fracción de martensita particionada para que la lámina tenga alta resistencia, suficiente ductilidad y altas propiedades de expansión de agujero.
- 15 **[0061]** Las muestras 7 a 15 y 24 a 30 muestran que las temperaturas de recocido superiores a 830 °C conducen a una fracción de ferrita intercrítica demasiado pequeña para garantizar una ductilidad suficiente. Por otra parte, las muestras 3 y 19 muestran que, si la temperatura de recocido es inferior a la calculada con la relación  $TA1 = Ac3 - 0,45 \times (Ms - QT)$ , el YS es inferior a 550 MPa. De hecho, una temperatura de recocido TA baja combinada con una temperatura de temple QT alta conducen a una baja fracción de martensita particionada y, por lo tanto, la combinación de las fracciones de martensita particionada y bainita es demasiado baja para garantizar una resistencia a la tracción superior a 550 MPa. Asimismo, la reducción de la fracción de martensita particionada degrada la resistencia a daños, lo que deriva en relaciones de expansión de agujero inferiores al 30 %.
- 20 **[0062]** Las muestras 31, 32 y 33 son ejemplos de diferentes microestructuras capaces de obtener las propiedades YS y TS deseadas, pero no la relación de expansión de agujero deseada. En estos ejemplos, el ciclo térmico difiere del de la invención al evitar la etapa de temple a la temperatura de temple QT, es decir, la lámina se enfría directamente a la temperatura de partición PT y se mantiene durante un tiempo Pt antes de enfriarla a la temperatura ambiente. Tales ciclos térmicos conducen a una microestructura que consiste en ferrita intercrítica F, bainita B, austenita retenida A y martensita fresca FM, que presenta propiedades de tracción similares, pero propiedades de resistencia a daños inferiores. De hecho, la ausencia de martensita particionada en la microestructura degrada las propiedades de resistencia a daños de la lámina y, por tanto, reduce la relación de expansión de agujero, como se ilustra en la Figura 1, que muestra la relación de expansión de agujero HER frente a la resistencia a la tracción TS de los ejemplos de la invención (muestras 1, 2, 4, 5, 6, 16, 17, 18, 20, 21, 22 y 23) y las muestras 31, 32 y 33.
- 25 **[0063]** Las muestras 16, 17, 18, 20, 21, 22 y 23 muestran que, con una temperatura de partición de 460 °C y un tiempo de partición de entre 10 s y 60 s, es posible obtener las propiedades deseadas de las láminas galvanizadas.
- 30 **[0064]** Por otra parte, las muestras 1, 2, 4, 5 y 6 muestran que, con una temperatura de partición de 400 °C y un tiempo de partición de entre 10 s y 300 s, también es posible obtener las propiedades deseadas. El acero según la invención se puede utilizar para fabricar piezas para la carrocería de automóviles en blanco.
- 35
- 40

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para producir una lámina de acero, que tiene una microestructura que contiene entre un 5 % y 25 % de ferrita intercrítica, al menos un 10 % de austenita retenida, al menos un 50 % de martensita particionada, menos de un 10 % de martensita fresca, y bainita, siendo la suma de martensita particionada y bainita de al menos un 60 %, tratando térmicamente una lámina de acero donde la composición química del acero contiene en % en peso:
- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65
- $$0,15 \% \leq C \leq 0,25 \%$$
- $$1,2 \% \leq Si \leq 1,8 \%$$
- $$2 \% \leq Mn \leq 2,4 \%$$
- $$0,1 \% \leq Cr \leq 0,25 \%$$
- $$Al \leq 0,5 \%,$$
- siendo el resto Fe e impurezas inevitables,  
y donde las operaciones de tratamiento térmico comprenden las etapas sucesivas siguientes:
- preparar una lámina mediante laminado en caliente y laminado en frío,
  - calentar y recocer la lámina a una temperatura de recocido TA de entre TA1 = Ac3 - 0,45 x (Ms - QT), donde QT es la temperatura de temple de entre 180 °C y 300 °C, y TA2 = 830 °C durante un tiempo superior a 30 s, - templar la lámina enfriándola a la temperatura de temple QT de entre 180 °C y 300 °C,
  - calentar la lámina a una temperatura de partición PT de entre 380 °C y 480 °C durante un tiempo de partición Pt de entre 10 s y 300 s,
  - enfriar la lámina a la temperatura ambiente con una velocidad de enfriamiento de al menos 25 °C/s.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, donde:  $0,17 \% \leq C \leq 0,21 \%$ .
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, donde:  $1,3 \% \leq Si \leq 1,6 \%$
4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde:  $2,1 \% \leq Mn \leq 2,3 \%$
5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 donde la temperatura de partición PT es de entre 430 °C y 480 °C durante un tiempo de partición de entre 10 s y 90 s.
6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 donde la temperatura de partición PT es de entre 380 °C y 430 °C durante un tiempo de partición de entre 10 s y 300 s.
7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 para producir una lámina de acero revestida, comprendiendo el procedimiento, entre la etapa de calentamiento de la lámina a la temperatura de partición PT durante el tiempo de partición Pt y la etapa de enfriamiento de la lámina a la temperatura ambiente, una etapa de revestimiento por inmersión en caliente de la lámina.
8. Procedimiento según la reivindicación 7, donde la etapa de revestimiento por inmersión en caliente es una etapa de galvanizado.
9. Procedimiento según la reivindicación 7, donde la etapa de revestimiento por inmersión en caliente se realiza usando un baño de Al o Al aleado.
10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 para producir una lámina de acero revestida, comprendiendo el procedimiento, después de que la lámina se enfría a la temperatura ambiente, una etapa de revestimiento de la lámina mediante electrogalvanizado o revestimiento al vacío.
11. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, donde la suma de martensita y bainita es de al menos un 65 %.
12. Lámina de acero, donde la composición química del acero contiene en % en peso:

## ES 2 710 293 T3

$$0,15 \% \leq C \leq 0,25 \%$$

$$1,2 \% \leq Si \leq 1,8 \%$$

5

$$2 \% \leq Mn \leq 2,4 \%$$

$$0,1 \leq Cr \leq 0,25 \%$$

$$Al \leq 0,5 \%,$$

10

siendo el resto Fe e impurezas inevitables, donde la microestructura comprende entre un 5 % y 25 % de ferrita intercrítica, al menos un 50 % de martensita particionada, al menos un 10 % de austenita residual, menos de un 10 % de martensita fresca, y bainita, siendo la suma de martensita particionada y bainita de al menos un 60 %;

15

siendo la lámina de acero preparada mediante laminado en caliente y laminado en frío, y teniendo un límite elástico de al menos 550 MPa, una resistencia a la tracción de al menos 980 MPa, un alargamiento uniforme de al menos un 12 %, un alargamiento total de al menos un 18 % y una relación de expansión de agujero de al menos un 30 %.

20

13. Lámina de acero según la reivindicación 12, donde  $0,17 \% \leq C \leq 0,21 \%$ .

14. Lámina de acero según la reivindicación 12 o la reivindicación 13, donde:  $1,3 \% \leq Si \leq 1,6 \%$

15. Lámina de acero según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, donde:  $2,1 \% \leq Mn \leq 2,3 \%$

25

16. Lámina de acero según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 15 donde el acero está revestido con Zn o una aleación de Zn.

30

17. Lámina de acero según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 15 donde el acero está revestido con Al o una aleación de Al.

18. Lámina de acero según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 17, donde la suma de martensita y bainita es de al menos un 65 %.

35

19. Uso de una lámina de acero según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 18 o producida según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 para fabricar piezas para la carrocería de automóviles en blanco.

