

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 978 141**

51 Int. Cl.:

C21D 8/02	(2006.01)
C21D 9/46	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01)
C22C 38/22	(2006.01)
C22C 38/26	(2006.01)
C22C 38/28	(2006.01)
C22C 38/32	(2006.01)
C22C 38/38	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.02.2021 PCT/IB2021/050994**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **10.09.2021 WO21176285**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.02.2021 E 21703775 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2024 EP 4114994**

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

30 Prioridad:
02.03.2020 WO PCT/IB2020/051750

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.09.2024

73 Titular/es:
**ARCELORMITTAL (100.0%)
24-26 Boulevard d'Avranches
1160 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:
**INACIO DA ROSA, GREGORY;
ZHAO, LIJIA;
FAN, DONGWEI y
DRILLET, JOSÉE**

74 Agente/Representante:
PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 978 141 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 galvano-recocida de alta resistencia y procedimiento de fabricación de la misma

5 **[0001]** La presente invención se refiere a una lámina de acero laminada en frío y recocida galvanizada de alta resistencia y a un procedimiento para obtener dicha lámina de acero.

[0002] Disminuir el peso de los vehículos para reducir las emisiones de CO2 es un desafío importante en la industria automotriz. Este ahorro de peso debe ir acompañado de requisitos de seguridad. Para cumplir con estos
10 requisitos, una mayor demanda de aceros de muy alta resistencia con una resistencia a la tracción superior a 1450 MPa ha llevado a la industria siderúrgica a desarrollar continuamente nuevos grados.

[0003] Estos aceros generalmente están recubiertos con un recubrimiento metálico que mejora las propiedades, como la resistencia a la corrosión. Los recubrimientos metálicos se pueden depositar mediante
15 galvanización por inmersión en caliente después del recocido de las láminas de acero. Para obtener una soldabilidad por puntos mejorada, el recubrimiento por inmersión en caliente puede ir seguido de un tratamiento de aleación para obtener una lámina de acero galvano-recocido, de modo que el hierro de la lámina de acero se difunda hacia el recubrimiento de zinc para obtener una aleación de zinc-hierro en la lámina de acero.

20 **[0004]** La publicación WO2019188190 se refiere a una lámina de acero galvanizado o galvano-recocido de alta resistencia, que tiene una resistencia a la tracción superior a 1470 MPa. Para obtener dicho nivel de resistencia a la tracción, el contenido de carbono de la lámina de acero está comprendido entre 0,200 % en peso y 0,280 % en peso, lo que puede reducir la soldabilidad de la lámina de acero. Además, se evita la formación de ferrita y bainita, cuya cantidad total de la suma de las dos con perlita es inferior al 2 %, para garantizar un buen nivel de resistencia a la
25 tracción. Para ello, la etapa de remojo después del laminado en frío debe realizarse a una temperatura superior a Ac3.

[0005] La publicación WO2016199922 se refiere a una lámina de acero galvano-recocido de alta resistencia con una resistencia a la tracción superior a 1470 MPa. La alta cantidad de carbono entre 0,25 % y 0,70 % permite obtener este alto nivel de resistencia a la tracción. Pero la soldabilidad de la lámina de acero puede verse reducida.
30 Después de la etapa de aleación, la lámina de acero debe enfriarse de manera controlada, para obtener al final del enfriamiento, más del 10 % de austenita retenida. Después de esta etapa de enfriamiento, la lámina de acero galvano-recocido se somete a una etapa de templado para obtener martensita templada, para promover la transformación de bainita y para hacer que el carbono se concentre en austenita retenida, con el fin de obtener la microestructura final deseada: entre el 10 % y el 60 % de austenita retenida, menos del 5 % de martensita templada a alta temperatura,
35 menos del 5 % de martensita templada a baja temperatura, menos del 10 % de martensita fresca, menos del 15 % de ferrita, menos del 10 % de perlita, siendo el resto bainita.

[0006] Estas etapas controladas de enfriamiento y templado complican el procedimiento de fabricación. El documento US 2016/319385 A1 describe una lámina de acero galvanizado de alta resistencia excelente en términos
40 de soldabilidad por puntos, propiedad antirrotura y conformabilidad por flexión que se puede usar preferentemente como una lámina de acero para automóviles.

[0007] Por lo tanto, el objeto de la invención es resolver el problema mencionado anteriormente y proporcionar una lámina de acero galvano-recocido que tenga una resistencia a la tracción superior o igual a 1450 MPa y que pueda
45 procesarse fácilmente en una ruta de procedimiento convencional.

[0008] En una realización preferida de la invención, el límite elástico YS es superior o igual a 1050 MPa.

[0009] El objeto de la presente invención se logra proporcionando una lámina de acero según la reivindicación
50 1. La lámina de acero también puede comprender las características de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5. Otro objeto se logra proporcionando el procedimiento según la reivindicación 6. El procedimiento también puede comprender las características según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 8.

[0010] Ahora, la invención se describirá en detalle y se ilustrará mediante ejemplos sin introducir limitaciones.
55

[0011] En lo sucesivo, Ac3 designa la temperatura por encima de la cual la microestructura es completamente austenítica, Ac1 designa la temperatura por encima de la cual comienza a formarse la austenita.

[0012] A continuación se describirá la composición del acero según la invención, expresándose el contenido
60 en porcentaje en peso.

[0013] El contenido de carbono está comprendido entre 0,15 % y 0,25 % para garantizar una resistencia satisfactoria. Si el contenido de carbono es muy alto, la soldabilidad de la lámina de acero es insuficiente. Un nivel de contenido de carbono inferior al 0,15 % no permite lograr una resistencia a la tracción suficiente.
65

5 **[0014]** El contenido de manganeso está comprendido entre el 2,4 % y el 3,5 % para garantizar una resistencia satisfactoria y limitar la transformación bainítica. Por encima del 3,5 % de adición, el riesgo de segregación central aumenta en detrimento de la ductilidad. Es obligatoria una cantidad de al menos un 2,4 % de manganeso para proporcionar resistencia y templabilidad a la chapa de acero, así como para estabilizar la austenita. Preferentemente, el contenido de manganeso está comprendido entre 2,5 % y 3,2 %.

10 **[0015]** Según la invención, el contenido de silicio está comprendido entre 0,30 % y 0,90 %. El silicio es un elemento que participa en el endurecimiento en solución sólida. Una adición de silicio de al menos un 0,30 % permite obtener un endurecimiento suficiente de la ferrita y la bainita. Por encima del 0,90 % se forman óxidos de silicio en la superficie, lo que perjudica la capacidad de recubrimiento del acero. Además, el silicio puede perjudicar la soldabilidad. En una realización preferida de la invención, el contenido de silicio está comprendido entre 0,30 % y 0,70 %. En otra realización preferida de la invención, el contenido de silicio está comprendido entre 0,30 % y 0,50 %.

15 **[0016]** Según la invención, el contenido de cromo está comprendido entre 0,30 % y 0,70 %. El cromo es un elemento que participa en el endurecimiento en solución sólida. Un nivel de contenido de cromo inferior al 0,30 % no permite lograr una resistencia a la tracción suficiente. El contenido de cromo debe ser inferior o igual al 0,70 % para obtener un alargamiento de rotura satisfactorio y limitar los costes. Según la invención, el contenido de molibdeno está comprendido entre 0,05 % y 0,35 %. Una adición de molibdeno de al menos 0,05 % mejora la templabilidad del acero y limita la transformación bainítica antes y durante el recubrimiento por inmersión en caliente. Por encima del 0,35%,
20 la adición de molibdeno es costosa e ineficaz en vista de las propiedades que se buscan. Preferentemente, el contenido de molibdeno está comprendido entre el 0,05 % y el 0,20 %.

25 **[0017]** Según la invención, el contenido de aluminio está comprendido entre 0,001 % y 0,09 %, dado que es un elemento muy efectivo para desoxidar el acero en la fase líquida durante su elaboración. El contenido de aluminio es inferior al 0,09 % para evitar problemas de oxidación y formación de ferrita durante el enfriamiento después del remojo intercrítico. Preferentemente, el contenido de aluminio está entre 0,001 % y 0,06 %.

30 **[0018]** Se añade titanio en una cantidad entre 0,01 % y 0,06 % para proporcionar un fortalecimiento de la precipitación y para proteger el boro contra la formación de BN. Según la invención, el contenido de boro está comprendido entre 0,0010% y 0,0040%. Como el molibdeno, el boro mejora la endurecibilidad del acero. El contenido de boro es inferior al 0,0040 % para evitar el riesgo de rotura de la losa durante la colada continua. Se añade niobio entre un 0,01 % y un 0,05 % para refinar los granos de austenita durante el laminado en caliente y para proporcionar refuerzo por precipitación.

35 **[0019]** El resto de la composición del acero es hierro e impurezas resultantes de la fundición. A este respecto, P, S y N al menos se consideran elementos residuales que son impurezas inevitables. Su contenido es inferior al 0,010 % para S, inferior al 0,020 % para P e inferior al 0,008 % para N.

40 **[0020]** A continuación se describirá la microestructura de la lámina de acero recocida y laminada en caliente según la invención.

45 **[0021]** Después de la laminación en frío, la lámina de acero laminada en frío se calienta a una temperatura de remojo T_{remojo} y se mantiene a dicha temperatura durante un tiempo de mantenimiento t_{remojo} , ambos elegidos para obtener, al final de este remojo intercrítico, una lámina de acero con una microestructura que consiste entre el 85 % y el 95 % de austenita y entre el 5 % y el 15 % de ferrita.

[0022] Una parte de la austenita se transforma en bainita después del enfriamiento después del remojo intercrítico, durante el recubrimiento por inmersión en caliente.

50 **[0023]** Durante la etapa de enfriamiento a temperatura ambiente después de la etapa de galvano-recocido, la austenita se transforma en martensita. La lámina de acero laminada en frío y galvano-recocida tiene una microestructura final que consiste en, en fracción superficial, entre el 80 % y el 90 % de martensita, siendo el resto ferrita y bainita.

55 **[0024]** Estos 80 % a 90 % de martensita garantizan un buen nivel de resistencia a la tracción.

[0025] Esta martensita comprende martensita autotemplada y martensita fresca. La suma de ferrita y bainita está entre el 10 % y el 20 % para garantizar que la etapa de galvano-recocido sea exitosa.

60 **[0026]** En una realización preferida de la invención, la ferrita está por encima o es igual al 5 %. En otra realización preferida de la invención, la bainita está por encima o es igual al 5 %.

65 **[0027]** La lámina de acero laminada en frío y galvano-recocida según la invención tiene una resistencia a la tracción TS superior o igual a 1450 MPa. En una realización preferida de la invención, el límite elástico YS es superior o igual a 1050 MPa. TS e YS se miden según la norma ISO, ISO 6892-1.

[0028] La lámina de acero según la invención se puede producir mediante cualquier procedimiento de fabricación adecuado y el experto en la materia puede definir uno. Sin embargo, se prefiere usar el procedimiento según la invención, que comprende las etapas siguientes:

5 Un semiproducto que puede ser laminado en caliente adicionalmente se proporciona con la composición de acero descrita anteriormente. El semiproducto se calienta a una temperatura comprendida entre 1150 °C y 1300 °C, para facilitar el laminado en caliente, con una temperatura final de laminado en caliente FRT comprendida entre 850 °C y 950 °C.

10 **[0029]** A continuación, el acero laminado en caliente se enfría y bobina a una temperatura T_{bobina} comprendida entre 250 °C y 650 °C.

[0030] Después del bobinado, la lámina se puede decapar para eliminar la oxidación.

15 **[0031]** La lámina de acero se recuece a una temperatura de recocido T_A comprendida entre 500 °C y 650 °C y se mantiene a dicha temperatura T_A durante un tiempo de mantenimiento t_A para mejorar la capacidad de laminación en frío.

[0032] Después del recocido, la lámina se puede decapar para eliminar la oxidación.

20

[0033] A continuación, la chapa de acero se lamina en frío con una tasa de reducción de entre el 20% y el 80%, 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 de 0,8 mm a 2 mm. La relación de reducción por laminación en frío está comprendida entre el 20% y el 80%. Por debajo del 20 %, no se favorece la recristalización durante el tratamiento

25 térmico posterior, lo que puede perjudicar la ductilidad de la lámina de acero laminada en frío y galvano-recocida. Por encima del 80 %, la fuerza requerida para deformarse durante el laminado en frío sería demasiado alta.

[0034] A continuación, la lámina de acero laminada en frío se recalienta a una temperatura de remojo T_{remojo} comprendida entre Ac_1 y Ac_3 y se mantiene a dicha temperatura T_{remojo} durante un tiempo de mantenimiento t_{remojo} comprendido entre 30 s y 200 s para obtener, al final de este remojo intercrítico, una microestructura que comprende entre el 85 % y el 95 % de austenita y entre el 5 % y el 15 % de ferrita.

30

[0035] A continuación, la lámina de acero laminada en frío se enfría a una temperatura comprendida entre 440 °C y 480 °C para que la lámina alcance una temperatura cercana al baño de recubrimiento, antes de recubrirse mediante inmersión continua en un baño de zinc a una temperatura T_{Zn} comprendida entre 450 °C y 480 °C. A continuación, la lámina de acero recubierta por inmersión en caliente se recalienta a una temperatura de galvano-recocido T_{GA} comprendida entre 510 °C y 550 °C, y se mantiene a dicha temperatura T_{GA} durante un tiempo de mantenimiento t_{GA} comprendido entre 10 s y 30 s.

35

40 **[0036]** A continuación, la lámina de acero se enfría a temperatura ambiente para obtener una lámina de acero galvano-recocida y laminada en frío.

[0037] En una realización preferida de la invención, la etapa de recocido de la lámina de acero laminada en caliente se realiza por lotes en una atmósfera inerte, a una temperatura de tratamiento térmico T_A comprendida entre 500 °C y 650 °C y se mantiene a dicha temperatura T_A durante un tiempo de mantenimiento t_A comprendido entre 1800 y 36000 s.

45

[0038] En otra realización preferida de la invención, la etapa de recocido de la lámina de acero laminada en caliente se realiza mediante recocido continuo, a una temperatura de tratamiento térmico T_A comprendida entre 550 °C y 650 °C, y manteniendo dicha temperatura T_A durante un tiempo de mantenimiento t_A comprendido entre 30 s y 100 s.

50

[0039] La invención se ilustrará ahora mediante los siguientes ejemplos, que de ninguna manera son limitativos.

55 Ejemplos

[0040] 2 grados, cuyas composiciones se recogen en la tabla 1, se fundieron en semiproductos y se procesaron en láminas de acero.

60 siguiendo los parámetros del procedimiento recogidos en la tabla 2.

Tabla 1 - Composiciones

Las composiciones analizadas se reúnen en la siguiente tabla, en la que el contenido del elemento se expresa en porcentaje en peso.

Calidad de	C	Mn	Si	Cr	Mo	Al	Ti	B	Nb	P	S	N	Ac1 (°C)	Ac3 (°C)
A	0,18	2,8	0,49	0,41	0,10	0,04	0,03	0,0022	0,02	0,01	0,002	0,004	735	805
<u>B</u>	0,15	2,6	0,45	0,48	<u>0,03</u>	0,01	0,03	0,0020	0,013	0,01	0,002	0,004	715	820

El acero A es según la invención. El acero B fuera de la invención Valores subrayados: no correspondiente a la invención

[0041] Para un acero dado, Ac1 y Ac3 se miden a través de pruebas de dilatometría y análisis de metalografía.

5

Tabla 2 - Parámetros del procedimiento

Los semiproductos de acero, tal como se moldearon, se recalentaron a 1200 °C, se laminaron en caliente con una temperatura de laminado de acabado FRT de 910 °C, se bobinaron a una temperatura T_{bobina} de 550 °C. Algunas láminas de acero se templan primero a una temperatura T_A de 600 °C y se mantienen a dicha temperatura T_A durante un tiempo de mantenimiento t_A antes de decaparse. Las láminas de acero se laminan en frío con una tasa de reducción del 45 %. Las láminas de acero laminadas en frío se recalientan a una temperatura de T_{remojo} y se mantienen a dicha temperatura durante t_{remojo} , y se recubren mediante recubrimiento por inmersión en caliente en un baño de zinc a una T_{Zn} de 460 °C, seguido de galvano-recocido, con una temperatura de galvano-recocido T_{GA} comprendida entre 510 °C y 550 °C y se mantiene a dicha temperatura durante t_{GA} de 20 s. Se aplicaron las siguientes condiciones específicas:

Ensayos	Calidad de	Recocido	Homogeneización		Galvano-recocido
		T_A (°C)	T_{remojo} (°C)	$t_{remojo}^{(s)}$	T_{GA} (°C)
1	A	600	790	180	540
2	A	600	790	138	520
<u>3</u>	A	600	<u>843</u>	138	520
<u>4</u>	A	600	<u>810</u>	138	520
<u>5</u>	<u>B</u>	=	<u>790</u>	180	520

Valores subrayados: no corresponden a la invención

[0042] Las láminas de acero laminadas en frío se analizaron después del remojo y los elementos de microestructura correspondientes se recogieron en la tabla 3.

10

Tabla 3: Microestructura de las láminas de acero laminadas en frío después del remojo

Ensayos	Austenita (%)	Ferrita (%)
1	94	6
2	94	6
<u>3</u>	<u>100</u>	<u>0</u>
<u>4</u>	<u>100</u>	<u>0</u>
<u>5</u>	90	10

Valores subrayados: no corresponden a la invención

[0043] Para cuantificar esta microestructura al final del remojo, las láminas de acero se templan después del remojo para transformar el 100 % de la austenita en martensita, siendo la austenita inestable a temperatura ambiente. Por lo tanto, la cantidad de martensita corresponde a la cantidad de austenita al final del remojo. Las cantidades de martensita y ferrita a continuación se cuantifican a través del análisis de imágenes.

15

[0044] A continuación se analizaron las láminas laminadas en caliente y recocidas y los correspondientes elementos de microestructura y propiedades mecánicas se reunieron respectivamente en las tablas 4 y 5.

Tabla 4: Microestructura de la lámina de acero laminada en frío y recocida

Ensayos	Martensita (%)	Ferrita + Bainita (%)	Ferrita (%)	Bainita (%)
1	85	15	5	10
2	89	11	5	6
<u>3</u>	<u>98</u>	<u>2</u>	0	2
<u>4</u>	<u>92</u>	<u>8</u>	0	8
<u>5</u>	<u>75</u>	<u>25</u>	15	10

Valores subrayados: no corresponden a la invención

[0045] Las fracciones de superficie se determinan mediante el siguiente procedimiento: se corta una muestra de la lámina de acero laminada en frío y galvano-recocida, se pule y se graba con un reactivo (Nital) para revelar la microestructura. La determinación de la fracción superficial de cada constituyente se realiza mediante análisis de imágenes mediante microscopio óptico: La martensita tiene un contraste más oscuro que la ferrita y la bainita. La bainita se cuantifica midiendo la diferencia de las fracciones de martensita de la muestra templada después del remojo y de la muestra enfriada después del galvano-recocido. La bainita se identifica gracias a los carburos dentro de esta bainita.

Tabla 5: Propiedades de las láminas de acero laminadas en frío y galvano-recocidas

Ensayos	TS (MPa)	YS (MPa)	Éxito de GA
1	1522	1095	Sí
2	1634	1055	Sí
<u>3</u>	1519	1163	<u>No</u>
<u>4</u>	1611	1096	<u>No</u>
<u>5</u>	<u>1363</u>	<u>954</u>	Sí

Valores subrayados: TS o YS insuficiente, o fallo de la etapa de galvano-recocido.

[0046] El éxito de la etapa de galvano-recocido se comprueba midiendo la cantidad de hierro en el recubrimiento. El acero se somete a galvano-recocido si el contenido de hierro en el recubrimiento está entre 7 % y 12 %.

[0047] Los ejemplos muestran que la lámina de acero según la invención, concretamente los ejemplos 1 y 2, son las únicas que muestran con éxito todas las propiedades mecánicas buscadas durante el galvano-recocido, gracias a su composición y microestructuras específicas. Las propiedades mecánicas están aseguradas gracias a la martensita entre el 80 % y el 90 %. La etapa de galvano-recocido se garantiza gracias a la presencia de ferrita y bainita en un total comprendido entre el 10 % y el 20 %.

[0048] En los ensayos 3 y 4, el acero A se calienta por encima de una temperatura T_{remojo} asegurando entre 85 % y 95 % de austenita y entre 5 % y 15 % de ferrita al final del remojo, formando así demasiada austenita y no suficiente ferrita. Esto conduce a la formación de menos del 10 % de la suma de ferrita y bainita al final del recubrimiento por inmersión en caliente, lo que dificulta la etapa de recocido después de la galvanización.

[0049] En el Ensayo 5, la ausencia de molibdeno, que es un elemento de endurecimiento que retrasa la transformación bainítica, conduce a la formación del 25 % de la suma de ferrita y bainita al final del recubrimiento por inmersión en caliente. A continuación, la martensita formada durante la última etapa de enfriamiento es inferior al 80 %, lo que conduce a un bajo valor de propiedades mecánicas.

REIVINDICACIONES

1. Una lámina de acero laminada en frío y recocida galvanizada que tiene una composición química que comprende, en % en peso:
- 5 C: 0,15-0,25 %
Mn: 2,4-3,5 %
Si: 0,30-0,90 %
Cr: 0,30-0,70 %
10 Mo: 0,05-0,35 %
Al: 0,001-0,09 %
Ti: 0,01-0,06 %
B: 0,0010-0,0040 %
Nb 0.01-0.05 %
15 $P \leq 0,020$ %
 $S \leq 0,010$ %
 $N \leq 0,008$ %
- el resto de la composición siendo hierro e impurezas inevitables resultantes de la fundición, teniendo dicha lámina de acero laminada una microestructura que consiste en, en fracción superficial:
- del 80 % al 90 % de martensita,
 - siendo el resto ferrita y bainita.
- 25 2. Una lámina de acero laminada en frío y galvano-recocida según la reivindicación 1, donde la ferrita es superior o igual al 5 %.
3. Una lámina de acero laminada en frío y galvano-recocida según la reivindicación 1, donde la bainita es superior o igual al 5 %.
- 30 4. Una lámina de acero laminada en frío y galvano-recocida según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde el contenido de silicio está comprendido entre 0,30 % y 0,70 %.
5. Un procedimiento para fabricar una lámina de acero laminada en frío y galvano-recocida que comprende las siguientes y sucesivas etapas:
- fundir un acero para obtener un semiproducto, teniendo dicho semiproducto una composición según la reivindicación 1,
 - recalentar la losa a una temperatura de $T_{\text{recalentamiento}}$ comprendida entre 1150 °C y 1300 °C,
 - 40 - laminar en caliente la losa recalentada con una temperatura de laminación final comprendida entre 850 °C y 950 °C, para obtener una lámina de acero laminada en caliente, a continuación
 - enfriar dicha lámina de acero a una temperatura de bobinado T_{bobina} comprendida entre 250 °C y 650 °C, a continuación
 - enrollar la lámina de acero a dicha temperatura T_{bobina} para obtener una lámina de acero enrollada, a continuación
 - 45 - decapar la lámina de acero
 - recocer la lámina de acero a una temperatura de recocido T_A comprendida entre 500 °C y 650 °C y mantener la lámina de acero a dicha temperatura T_A durante un tiempo de mantenimiento t_A
 - opcionalmente, decapar la lámina de acero
 - laminar en frío la lámina de acero laminada en caliente con una tasa de reducción entre el 20 % y el 80 %, para obtener una lámina de acero laminada en frío,
 - 50 - calentar la lámina de acero laminada en frío a una temperatura $T_{\text{remojó}}$ comprendida entre Ac_1 y Ac_3 y mantener la lámina de acero a dicha temperatura $T_{\text{remojó}}$ durante un tiempo de mantenimiento $t_{\text{remojó}}$ comprendido entre 30 s y 200 s, para obtener entre 85 % y 95 % de austenita y entre 5 % y 15 % de ferrita,
 - enfriar la lámina de acero a una temperatura comprendida entre 440 °C y 480 °C,
 - 55 - recubrir la lámina de acero mediante inmersión continua en un baño de cinc a una temperatura T_{zn} comprendida entre 450 °C y 480 °C,
 - recalentar la lámina de acero a una temperatura de galvano-recocido T_{GA} comprendida entre 510 °C y 550 °C, y mantener la lámina de acero a dicha temperatura T_{GA} durante un tiempo de mantenimiento t_{GA} comprendido entre 10s y 30s
 - 60 - enfriar la lámina de acero recalentada a temperatura ambiente para obtener una lámina de acero laminada en frío y galvano-recocida.
6. Un procedimiento para fabricar una lámina de acero laminada en frío y galvano-recocida según la reivindicación 5,
- 65 donde dicho recocido de la lámina de acero laminada en caliente se realiza por lotes en una atmósfera inerte, a una

ES 2 978 141 T3

temperatura de tratamiento térmico T_A comprendida entre 500 °C y 650 °C, donde la duración t_A a dicha temperatura de recocido está comprendida entre 1800 y 36000 s.

7. Un procedimiento para fabricar una lámina de acero laminada en frío y galvanizada según la reivindicación 5, donde dicho recocido de la lámina de acero laminada en caliente se realiza mediante recocido continuo, a una temperatura de tratamiento térmico T_A comprendida entre 550 °C y 650 °C, donde la duración t_A a dicha temperatura de recocido está comprendida entre 30 s y 100 s.