

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 772 298**

51 Int. Cl.:

C21D 8/02	(2006.01)	C22C 38/06	(2006.01)
C21D 9/46	(2006.01)	C22C 38/26	(2006.01)
C21D 8/04	(2006.01)	C22C 38/34	(2006.01)
C21D 1/25	(2006.01)	C22C 38/38	(2006.01)
C22C 38/00	(2006.01)	C21D 1/19	(2006.01)
C22C 38/22	(2006.01)		
C23C 2/28	(2006.01)		
C25D 7/06	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)		
C22C 38/04	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.07.2015 PCT/IB2015/055034**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **07.01.2016 WO16001890**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2015 E 15750460 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2020 EP 3164517**

54 Título: **Procedimiento para producir una lámina de acero recubierta de ultra alta resistencia y una lámina obtenida**

30 Prioridad:
03.07.2014 WO PCT/IB2014/002379

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.07.2020

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

72 Inventor/es:
**GIRINA, OLGA A. y
PANAHI, DAMON**

74 Agente/Representante:
SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 772 298 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 recubierta de ultra alta resistencia y una lámina obtenida

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a la fabricación de láminas de acero de alta resistencia recubiertas o no recubiertas que tienen una resistencia a la tracción mejorada y un alargamiento total mejorado y las láminas obtenidas mediante este procedimiento.
- 10 **[0002]** Para fabricar diversos equipos, tales como piezas de elementos estructurales de la carrocería y paneles de la carrocería para vehículos automovilísticos, en la actualidad resulta habitual utilizar láminas descubiertas, electrogalvanizadas, galvanizadas y recocidas fabricadas de aceros FD (de fase dual), de fase múltiple, de fase compleja o aceros martensíticos.
- 15 **[0003]** Por ejemplo, una fase múltiple de alta resistencia puede incluir una estructura bainítica-martensítica con/sin algo de austenita y contiene aproximadamente un 0,2 % de C, aproximadamente un 2 % de Mn, aproximadamente un 1,5% de Si, lo que daría como resultado una carga de fluencia de aproximadamente 750 MPa, una resistencia a la tracción de aproximadamente 980 MPa y un alargamiento total de aproximadamente un 10 %. Estas láminas se producen en una línea de recocido continuo templando de una temperatura de recocido superior al punto de transformación Ac3 a una temperatura de sobrevejecimiento superior al punto de transformación Ms y
20 manteniendo la lámina a la temperatura durante un tiempo dado. Opcionalmente, la lámina es galvanizada o galvanizada y recocida.
- [0004]** Para reducir el peso de las piezas de 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 mejor
25 equilibrio entre la resistencia y la ductilidad. Pero dichas láminas también deben tener una buena formabilidad.
- [0005]** GUHUI GAO ET AL., "Enhanced ductility and toughness in an ultrahigh-strength Mn-Si-Cr-C steel: The great potential of ultrafine filmy retained austenite", ACTA MATERIALIA, vol. 76, 26 de junio de 2014 (26-06-2014), páginas 425-433, ISSN: 1359-6454, describen rutas de tratamiento térmico, incluyendo temple más partición,
30 aplicadas a un acero aleado de Mn-Si-Cr de carbono medio. El documento EP 2 546 368 A1 describe un procedimiento para fabricar una lámina de acero de alta resistencia. El documento EP 2 325 346 A1 describe una placa de acero de alta resistencia y el procedimiento de fabricación de la misma.
- [0006]** A este respecto, se propuso producir láminas hechas de acero utilizando las llamadas templadas y
35 particionadas que tienen mejores propiedades mecánicas y buena formabilidad. El objetivo es proporcionar láminas recubiertas o no recubiertas (descubiertas) que tienen una resistencia a la tracción RT de aproximadamente 1470 MPa y un alargamiento total de al menos un 19 %. Estas propiedades están dirigidas al menos a cuando la lámina no está recubierta o galvanizada.
- 40 **[0007]** Cuando la lámina se recuece, se enfoca a una resistencia a la tracción TS de al menos 1470 MPa y un alargamiento total de al menos el 15 %, preferentemente al menos el 16 %.
- [0008]** Por lo tanto, el propósito de la presente invención es proporcionar dicha lámina y un procedimiento para
45 producirla.
- [0009]** Para este propósito, la invención se refiere a un procedimiento para producir una lámina de acero laminada en frío según la reivindicación 1.
- [0010]** Preferentemente, durante el temple, la lámina de acero recocido se enfría a dicha temperatura de temple
50 a una velocidad de enfriamiento lo suficientemente rápida como para evitar la formación de ferrita al enfriarse, con el fin de obtener una lámina templada que tiene una estructura que consiste en martensita y austenita.
- [0011]** Preferentemente, la temperatura de recocido TR se encuentra entre 870 y 930 °C.
- 55 **[0012]** La composición del acero es tal que $0,46 \% \leq Cr \leq 0,7 \%$ y/o $0,03 \% \leq Nb \leq 0,05 \%$, y preferentemente tal que $0 \% \leq Mo \leq 0,005 \%$.
- [0013]** La etapa de recubrimiento es una etapa de recocido con una temperatura de aleación GA entre 470 y
60 520 °C, preferentemente entre 480 °C y 500 °C, manteniéndose la lámina a la temperatura de aleación GA durante un tiempo comprendido entre 5 s y 15 s. Preferentemente, la temperatura de temple está entonces entre 200 °C y 230 °C y el tiempo de partición Pt entre 40 s y 120 s.
- [0014]** La invención se refiere también a una lámina de acero recubierta según la reivindicación 5.
- 65 **[0015]** La invención se describirá ahora en detalle, pero sin introducir limitaciones.

[0016] Según la invención, la lámina se obtiene mediante el tratamiento térmico de una lámina de acero no tratada laminada en caliente o preferentemente en frío hecha de acero cuya composición química contiene, en % en peso:

5

- de 0,34 % a 0,40 % de carbono para garantizar una resistencia satisfactoria y mejorar la estabilidad de la austenita retenida. Esto es necesario para obtener un alargamiento suficiente. 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.

10

- de 1,50 % a 2,40 % de silicio con el fin de estabilizar la austenita, para proporcionar una fortificación de la solución sólida y retrasar la formación de carburos durante la división con procedimientos adecuados para prevenir la formación de óxidos de silicio en la superficie de la lámina, lo cual es perjudicial para la capacidad de recubrimiento.

- de 1,50 % a 2,30 % de manganeso para tener una capacidad de endurecimiento suficiente para obtener una estructura que contenga al menos un 60 % de martensita, una resistencia a la tracción de más de 1470 MPa y para evitar problemas de segregación que son perjudiciales para la ductilidad.

15

- de 0% a 0,3 % de molibdeno y de 0,46% a 0,7 % de cromo para aumentar la capacidad de endurecimiento y estabilizar la austenita retenida para reducir considerablemente la descomposición de la austenita durante la partición. El valor cero absoluto se excluye debido a cantidades residuales. En la lámina de acero de la invención recubierta por recocido, el contenido de molibdeno es como máximo del 0,005 %. Un contenido de molibdeno inferior al 0,005 % corresponde a la presencia de molibdeno solo como impureza o residual.

20

- de 0,01 % a 0,08 % de aluminio, que normalmente se añade al acero líquido preferentemente con fines de desoxidación.

[0017] El resto es hierro y elementos residuales o impurezas inevitables resultantes de la fabricación del acero. A este respecto, al menos Ni, Cu, V, Ti, B, S, P y N se consideran elementos residuales que son impurezas inevitables. Por lo tanto, generalmente, su contenido es menor del 0,05 % de Ni, 0,05 de Cu, 0,007 % de V, 0,001 % de B, 0,005 % de S, 0,02 % de P y 0,010 % de N.

25

[0018] Se utiliza la adición de elementos de microaleaciones tales como Nb del 0 al 0,05 % para obtener la microestructura deseada y una combinación óptima de propiedades del producto.

30

[0019] En particular, Nb está comprendido entre el 0,03 y el 0,05 %, estando la lámina está recubierta por recocido. Un contenido de Nb del 0,03 al 0,05 % permite obtener una resistencia a la tracción y un alargamiento satisfactorios, en particular una resistencia a la tracción de al menos 1470 MPa y un alargamiento de al menos el 16 %, cuando la lámina está recubierta por recocido.

35

[0020] Por lo tanto, cuando la lámina se recubre por recocido, la composición puede comprender Nb en una cantidad entre 0,03 % y 0,05 %, Cr en una cantidad entre 0,46 % y 0,7 %, y sin adición de Mo.

[0021] La lámina de acero no tratada es una lámina laminada en frío preparada según los procedimientos conocidos por los expertos en la técnica.

40

[0022] Después del laminado, las láminas se decapan o limpian y, a continuación, se tratan térmicamente y, opcionalmente, se recubren por inmersión en caliente.

45

[0023] El tratamiento térmico según la presente descripción que se realiza preferentemente en un recocido continuo cuando la lámina no está recubierta y en una línea de recubrimiento por inmersión en caliente cuando la lámina de acero está recubierta, comprende las siguientes etapas sucesivas:

- recocer la lámina laminada en frío a una temperatura de recocido TR igual o superior al punto de transformación Ac3 del acero, y preferentemente superior a + 15 °C de Ac3, para obtener una lámina de acero recocida que tenga una estructura completamente austenítica, pero inferior a 1000 °C para no engrosar demasiado los granos austeníticos. Generalmente, una temperatura superior a 870 °C es suficiente para el acero según la invención y esta temperatura no necesita ser superior a 930 °C. A continuación, la lámina de acero se mantiene a esta temperatura, es decir, se mantiene entre TR - 5 °C y TR + 10 °C, durante un tiempo suficiente para homogeneizar la temperatura en el acero. Preferentemente, este tiempo es de más de 30 segundos, pero no necesita ser de más de 300 segundos. Para calentarse a la temperatura de recocido, la lámina de acero laminada en frío se calienta, por ejemplo, primero a una temperatura de aproximadamente 600 °C a una velocidad típicamente inferior a 20 °C/s, luego se calienta nuevamente a una temperatura de aproximadamente 800 °C a una velocidad típicamente inferior a 10 °C/s y finalmente se calienta a la temperatura de recocido a una velocidad de calentamiento inferior a 5 °C/s. En este caso, la lámina se mantiene a la temperatura de recocido durante un tiempo entre 40 y 150 segundos.

50

55

60

- templar la lámina recocida enfriando a una temperatura de temple TT inferior al punto de transformación Ms entre 150 °C y 250 °C a una velocidad de enfriamiento lo suficientemente rápida como para evitar la formación de ferrita en el enfriamiento y, preferentemente, de más de 35 °C/segundo, para obtener una lámina templada que tenga una estructura que consista en martensita y austenita y luego, la estructura final contiene al menos un 60 % de

65

ES 2 772 298 T3

martensita y entre el 12 % y el 15 % de austenita. Cuando la composición del acero es tal que $0,46 \% \leq Cr \leq 0,7 \%$ y $0 \% \leq Mo \leq 0,005 \%$, la temperatura de enfriamiento está entre 200 °C y 230 °C.

- recalentar la lámina templada hasta una temperatura de partición TP entre 350 °C y 450 °C. La velocidad de calentamiento es preferentemente de al menos 30 °C/s.

5 - mantener la lámina a la temperatura de partición TP durante un tiempo de partición Tp entre 15 s y 250 s, por ejemplo, entre 15 s y 150 s. Durante la etapa de partición, el carbono se separa, es decir, se difunde desde la martensita a la austenita que, de este modo, se enriquece.

- calentar la lámina a una temperatura de recubrimiento, sumergirla en caliente y enfriarla a temperatura ambiente si se desea un recubrimiento.

10

[0024] Según la invención, el recubrimiento por inmersión en caliente es recocido. Según la invención, el tiempo de partición está comprendido entre 40 s y 120 s, por ejemplo, más de o igual a 50 s y/o menor de o igual a 100 s.

15 **[0025]** La lámina se calienta desde la temperatura de partición TP hasta la temperatura de recubrimiento, que en este caso es una temperatura de aleación, y se enfría a temperatura ambiente después del recocido.

[0026] El calentamiento a la temperatura de aleación se realiza preferentemente a una velocidad de calentamiento de al menos 20 °C/s, preferentemente al menos 30 °C/s.

20 **[0027]** La temperatura de aleación es inferior a 520 °C y superior a 470 °C. Aún preferentemente, la temperatura de aleación es inferior o igual a 500 °C y/o superior o igual a 480 °C.

[0028] La lámina se mantiene a la temperatura de aleación durante un tiempo comprendido entre 5 s y 15 s, por ejemplo, entre 8 s y 12 s. De hecho, mantener la lámina a la temperatura de aleación durante más de 20 s, conduce a una reducción de la ductilidad, en particular a una disminución en el alargamiento total de la lámina.

25

[0029] La velocidad de enfriamiento a la temperatura ambiente está preferentemente entre 3 y 20 °C/s.

30 **[0030]** Según la invención, el acero comprende, por lo tanto, entre el 0,46 y el 0,7 % de Cr, preferentemente como máximo el 0,005 % de Mo, y entre el 0,03 y el 0,05 % de Nb.

[0031] El tiempo de partición Tp está entre 40 segundos y 120 segundos, aún preferentemente entre 50 y 100 segundos. La temperatura de aleación está comprendida entre 470 °C y 520 °C, aún preferentemente entre 480 °C y 500 °C.

35

[0032] La lámina se mantiene a la temperatura de aleación durante menos de 15 s y más de 5 s. En estas condiciones, es posible obtener una lámina de acero recocida con una resistencia a la tracción superior a 1470 MPa, incluso superior a 1510 MPa, y un alargamiento total de al menos el 16 %.

40 **[0033]** Como ejemplos y comparación, se fabricaron láminas hechas de aceros cuyas composiciones en peso y temperaturas características tales como Ac3 y Ms se muestran en la tabla I.

[0034] Las láminas se laminaron en frío, se recociéron, se templaron, se separaron y se enfriaron a temperatura ambiente o, se galvanizaron después de la partición antes de enfriarlas a temperatura ambiente.

45

[0035] Las propiedades mecánicas se midieron en la dirección transversal con respecto a la dirección de rodadura. Como es bien sabido en la técnica, el nivel de ductilidad es ligeramente mejor en la dirección de rodadura que en la dirección transversal para dicho acero de alta resistencia. Las propiedades medidas son la relación de expansión de agujero REA medida según la norma ISO 16630: 2009, la carga de fluencia CF, la tensión de tracción Tt, el alargamiento uniforme AU y el alargamiento total AT.

50

[0036] Las condiciones de tratamiento y las propiedades mecánicas se presentan en la Tabla II para las láminas no recubiertas y en la Tabla III para las láminas recubiertas (no según la invención).

55 **[0037]** En estas tablas, TR es la temperatura de recocido, TT la temperatura de temple, TP la temperatura de partición. En la Tabla II, GI es la temperatura de galvanización.

Tabla I

Ref. acero	% de C	% de Mn	% de Si	% en Cr	% en Mo	% de Al	°C de Ac3	de	°C de Ms
S180	0,29	2,02	2,44	0,004	Residual (<0,003)	0,059	920		290
S181	0,39	2,03	1,95	0,003	Residual (<0,003)	0,058	860		240
S80	0,36	1,99	1,95	0,41	0,088	0,045	850		250

ES 2 772 298 T3

(continuación)

S81	0,38	1,98	1,93	0,34	0,14	1,047	860	270
-----	------	------	------	------	------	-------	-----	-----

Tabla II

Ejemplo	Acero	TR	TT	TP	Tp	EA	CF	Tt	AU	AT
		°C	°C	°C	s	%	MPa	MPa	%	%
1	S180	920	240	400	10	-	982	1497	11,4	15,9
2	S180	920	240	400	100	17	1073	1354	13,9	19,9
3	S180	920	240	400	500	-	1082	1309	13,2	18,4
4	S181	900	200	400	10	-	1095	1583	12,5	13,8
5	S181	900	200	400	100	21	1238	1493	13,0	19,4
6	S181	900	200	400	500	-	1207	1417	13,1	17,7
7	S80	900	220	400	10	-	925	1518	6,6	6,8
8	S80	900	220	400	30	-	929	1438	8,9	8,9
9	S80	900	220	400	50	-	897	1462	13,5	18,5
10	S80	900	220	400	100	-	948	1447	15,7	19,6
11	S81	900	240	400	10	-	867	1623	8,1	9,3
12	S81	900	240	400	30	-	878	1584	11,4	11,8
13	S81	900	240	400	50	-	833	1520	10,8	12,2
14	S81	900	240	400	100	-	840	1495	15,9	17,3

Tabla III

Ejemplo	Acero	TR	TT	TP	GI	Tp	EA	CF	Tt	AU	AT
		°C	°C	°C	°C	s	%	MPa	MPa	%	%
15	S180	920	240	400	460	100	24	1127	1310	13,7	20,7
16	S181	900	200	400	460	10	-	933,4	1348	14,0	18,0
17	S181	900	200	400	460	30	-	1170	1425	13,8	20,1
18	S181	900	180	400	460	100	-	1353	1507	8,0	14,1
19	S181	900	200	400	460	100	19	1202	1399	13,0	20,2
20	S181	900	220	400	460	100	-	936	1280	14,3	18,0
21	S181	900	200	420	460	10	-	906	1346	11,2	10,6
22	S181	900	200	420	460	30	-	841	1298	14,7	19,3
23	S181	900	200	420	460	100	-	900	1322	14,5	19,1
24	S181	900	200	360	460	10	-	910	1357	14,5	19,0
25	S181	900	200	360	460	30	-	992	1356	14,0	18,9
26	S80	900	220	400	460	10	-	756	1576	10,5	11,1
27	S80	900	220	400	460	30	-	836	1543	18,3	20,3

(continuación)

28	S80	900	220	400	460	50	-	906	1534	18,6	21,6
29	S80	900	220	400	460	100	-	941	1394	8,1	8,58
30	S81	900	240	400	460	10	-	925	1658	9,4	9,39
31	S81	900	240	400	460	30	-	929	1603	15,1	20,5
32	S81	900	240	400	460	50	-	897	1554	16,1	21,1
33	S81	900	240	400	460	100	-	948	1542	18,1	21,4

[0038] Los ejemplos 1 a 14 muestran que solo con el acero S181, que no contiene cromo ni molibdeno, y el acero S80, que contiene tanto cromo como molibdeno, es posible alcanzar las propiedades deseadas, es decir, $RT \geq 1470$ MPa y $AT \geq 19$ %. En la aleación S181, las propiedades deseadas se alcanzan para una temperatura de temple TT de 200 °C y un tiempo de partición de 100 segundos. En este caso, la carga de fluencia es superior a 1150 MPa. En la aleación S80, que contiene cromo y molibdeno, se alcanzan las propiedades deseadas para una temperatura de temple rápido TT de 220 °C y un tiempo de partición entre 30 y 100 segundos (ejemplos 7 a 10). En este caso, la resistencia a la tracción es superior a 1520 MPa y el alargamiento total es más del 20 %. Además, vale la pena mencionar que todos los ejemplos que contienen Cr y Mo (7 a 14) tienen cargas de fluencia significativamente más bajas que los ejemplos 1 a 6, en relación con un acero sin Cr y Mo.

[0039] Los ejemplos 15 a 33 muestran que solo los ejemplos correspondientes a los aceros que contienen Cr y Mo son capaces de alcanzar las propiedades deseadas cuando las láminas están galvanizadas (ejemplos 27 y 28). Para el acero S80, la temperatura de temple debe ser de 220 °C y una partición de 10 segundos es demasiado corta, mientras que un tiempo de partición de 100 segundos es demasiado largo. Cuando el acero no contiene Cr y no contiene Mo, la resistencia a la tracción siempre permanece por debajo de 1470 MPa.

[0040] Otras láminas hechas de una aleación que tiene la composición que se muestra en la Tabla IV se laminaron en frío, se recoció, se templaron, se partieron, se galvanizaron o se galvanizaron y se recoció, y se enfriaron a temperatura ambiente.

Tabla IV

% de C	% de Mn	% de Si	% en Cr	% en Mo	% de Al	Nb	°C de Ac3	°C de Ms
0,38	1,98	1,93	0,51	0,003	0,048	0,039	825	290

[0041] Las propiedades mecánicas de las láminas se midieron en la dirección transversal con respecto a la dirección de laminación. Como es bien sabido en la técnica, el nivel de ductilidad es ligeramente mejor en la dirección de rodadura que en la dirección transversal para dicho acero de alta resistencia. Las propiedades medidas son la relación de expansión de agujero REA medida según la norma ISO 16630: 2009, la carga de fluencia CF, la resistencia a la tracción RT, el alargamiento uniforme AU y el alargamiento total AT.

[0042] Las condiciones de tratamiento y las propiedades mecánicas de las láminas galvanizadas (no según la invención) se presentan en la Tabla V.

[0043] En esta tabla, GI es la temperatura de galvanización.

Tabla V

Ejemplo	TR	TT	TP	Tp	GI	EA	CF	Tt	AU	AT
	°C	°C	°C	s	°C	%	MPa	MPa	%	%
34	900	205	400	30	460	-	1032	1624	14	15,7
35	900	205	400	50	460	-	1102	1606	16,1	19,8
36	900	205	400	150	460	-	1139	1594	15,3	20,9
37	900	205	400	230	460	-	1179	1606	15,2	19,2

[0044] Los ejemplos 35 a 37 muestran que, con un acero que comprende mayores cantidades de cromo y niobio y una menor cantidad de molibdeno, las propiedades deseadas, es decir, $RT \geq 1470$ MPa y $AT \geq 19$ %, se pueden alcanzar con un tiempo de partición de más de 30 s, en particular de al menos 50 s.

ES 2 772 298 T3

[0045] Las condiciones de tratamiento y las propiedades mecánicas de las láminas recocidas se presentan en la Tabla VI.

5 **[0046]** En esta tabla, TGA es la temperatura de aleación y t_{9A} es el tiempo de mantenimiento a esta temperatura de aleación TGA.

Ejemplo	TR	TT	TP	Tp	TGA	t_{GA}	EA	CF	Tt	AU	AT
	°C	°C	°C	s	°C	s	%	MPa	MPa	%	%
38	900	205	400	30	500	20	-	850	1589	9,8	12,8
39	900	205	400	50	500	20	-	858	1563	12,1	12
40	900	205	400	100	500	20	-	881	1534	13,4	15,7
41	900	205	400	50	500	10	-	1062	1548	14,7	16,5
42	900	205	400	100	500	10	-	990	1561	14,3	16,5
43	900	205	400	150	500	10	-	998	1581	12,7	14,3
44	900	205	400	50	480	10	-	1035	1603	14,4	17,9

10 **[0047]** Los ejemplos 38-44 muestran que un tiempo de partición T_p entre 40 segundos y 120 segundos, en particular entre 50 y 100 segundos, permite obtener una lámina de acero galvanizado que tiene una resistencia a la tracción superior a 1510 MPa y un alargamiento total de al menos el 16 %.

15 **[0048]** En particular, el ejemplo 44 muestra que una temperatura de aleación de 480 °C y un tiempo de mantenimiento a la temperatura de aleación de 10 s incluso permiten obtener una resistencia a la tracción de más de 1510 MPa y un alargamiento total de más del 16 %, incluso más del 17 %.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para producir una lámina de acero laminada en frío que tiene una resistencia a la tracción RT de al menos 1470 MPa y un alargamiento total AT de al menos el 16 %, midiéndose la resistencia a la tracción y el alargamiento total en la dirección transversal con respecto a la dirección de laminación, comprendiendo el procedimiento las etapas sucesivas de:

- recocer a temperatura de recocido TR una lámina de acero laminada en frío hecha de acero cuya composición química contiene en % en peso:

10
 $0,34 \% \leq C \leq 0,40 \%$
 $1,50 \% \leq Mn \leq 2,30 \%$
 $1,50 \leq Si \leq 2,40 \%$
 $0,46 \% \leq Cr \leq 0,7\%$
 15
 $0 \% \leq Mo \leq 0,3 \%$
 $0,01 \% \leq Al \leq 0,08 \%$,

y

20
 $0,03 \% \leq Nb \leq 0,05 \%$,

siendo el resto Fe e impurezas inevitables, en el que Ni, Cu, V, Ti, B, S, P y N se consideran impurezas inevitables y en el que su contenido es menor del 0,05 % de Ni, 0,05 % de Cu, 0,007 % de V, 0,001 % de B, 0,005 % de S, 0,02 % de P y 0,010 % de N, siendo la temperatura de recocido AT

25 superior al punto de transformación Ac3 del acero,

- templar la lámina de acero recocida enfriándola a una temperatura de temple TT inferior al punto de transformación Ms del acero y entre 200 °C y 230 °C, y

30 - realizar un tratamiento de partición recalentando la lámina de acero templada a una temperatura de partición TP entre 350 °C y 450 °C y manteniendo la lámina de acero a esta temperatura durante un tiempo de partición Tp de entre 40 segundos y 120 segundos,

35 - recubrir la lámina de acero y después enfriar a temperatura ambiente para obtener una lámina de acero recubierta, siendo la etapa de recubrimiento una etapa de recocido con una temperatura de aleación GA entre 470 °C y 520 °C, preferentemente entre 480 °C y 500 °C, manteniéndose la lámina a la temperatura de aleación GA durante un tiempo comprendido entre 5 segundos y 15 segundos.

2. El procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque**, durante el temple, la lámina de acero recocido se enfría a dicha temperatura de temple a una velocidad de enfriamiento lo suficientemente rápida como para evitar la formación de ferrita al enfriarse, con el fin de obtener una lámina de acero templado que tiene una estructura que consiste en martensita y austenita.

3. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** la temperatura de recocido TR está entre 870 °C y 930 °C.

4. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** la composición del acero es tal que $0 \% \leq Mo \leq 0,005 \%$.

5. Una lámina de acero recubierta hecha de acero cuya composición química comprende en % en peso:

50
 $0,34 \% \leq C \leq 0,40 \%$
 $1,50 \% \leq Mn \leq 2,30 \%$
 $1,50 \leq Si \leq 2,40 \%$
 $0,46 \% \leq Cr \leq 0,7 \%$
 55
 $0\% \leq Mo \leq 0,005 \%$
 $0,01 \%\leq Al \leq 0,08 \%$

y

60
 $0,03 \% \leq Nb \leq 0,05 \%$,

siendo el resto Fe e impurezas inevitables, en el que Ni, Cu, V, Ti, B, S, P y N se consideran impurezas inevitables, y en el que su contenido es menor del 0,05 % de Ni, 0,05 % de Cu, 0,007 % de V, 0,001 % de B, 0,005 % de S, 0,02 % de P y 0,010 % de N, comprendiendo la estructura al menos el 60 % de martensita y entre el 12 % y el 15 % de austenita residual, siendo la resistencia a la tracción de al menos 1470 MPa y el alargamiento total al menos el 16 %, 65

mediéndose la resistencia a la tracción y el alargamiento total en dirección transversal con respecto a la dirección de laminado, recociéndose al menos una cara de la lámina.