

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 737 601**

51 Int. Cl.:

C21D 8/02	(2006.01)	C22C 38/26	(2006.01)
C21D 8/04	(2006.01)	C22C 38/34	(2006.01)
C21D 9/46	(2006.01)	C22C 38/38	(2006.01)
C21D 1/18	(2006.01)	B32B 15/01	(2006.01)
C21D 1/25	(2006.01)	C23C 2/28	(2006.01)
C22C 38/00	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)		
C22C 38/04	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)		
C22C 38/22	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.07.2014 PCT/IB2014/002379**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **07.01.2016 WO16001707**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2014 E 14809104 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2019 EP 3164516**

54 Título: **Procedimiento para producir una lámina de acero recubierta o no recubierta de ultra alta resistencia y la lámina obtenida**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.01.2020

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 2 737 601 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 o no recubierta de ultra alta resistencia y la 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 sobreenviejamiento superior al punto de transformación Ms y manteniendo la lámina a la temperatura durante un tiempo dado. Opcionalmente, la lámina es galvanizada o galvanizada y recocida.

20 **[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 equilibrio entre la resistencia y la ductilidad. Pero dichas láminas también deben tener una buena formabilidad.

[0005] A este respecto, se propuso producir láminas hechas de acero utilizando las llamadas templadas y particionadas que tienen mejores propiedades mecánicas y buena formabilidad.

30

[0006] Este procedimiento se describe, por ejemplo, en el documento EP 2 325 346 A1.

[0007] Otros procedimientos para fabricar un acero con una estructura bainítica-martensítica con/sin algo de austenita retenida, como temple y revenido bainítico (BQT, por sus siglas en inglés), transformación bainítica (BAT, por sus siglas en inglés), temple y revenido bainíticos (BQ&P, por sus siglas en inglés) y el temple-partición-revenido son conocidos del artículo «Enhanced ductility and toughness in an ultrahigh-strength Mn-Si-Cr-C steel: the great potential of ultrafine filmy retained austenite», Gao y col., Acta Materialia, volumen 76, 1 de septiembre de 2014, págs. 425-433, y el artículo «A carbide-free bainite/martensite/austenite triplex steel with enhanced mechanical properties treated by a novel quenching-partitioning-tempering process», Gao y col., Materials Science and Engineering: A, volumen 559, 1 de enero de 2013, págs. 165-169.

[0008] 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 %.

45 **[0009]** Por lo tanto, el propósito de la presente invención es proporcionar dicha lámina y un procedimiento para producirla.

[0010] Para este propósito, la invención se refiere a un procedimiento para producir una lámina de acero no recubierta según la reivindicación 1.

50

[0011] Preferentemente, la temperatura de recocido TR se encuentra entre 870 y 930 °C.

[0012] Preferentemente, el acero laminado en frío descubierto es luego electrogalvanizado.

55 **[0013]** La invención se refiere también a un procedimiento para producir una lámina de acero recubierta según la reivindicación 3.

[0014] La invención también se refiere a una lámina de acero no recubierta hecha de acero cuya composición química comprende en % en peso:

60

ES 2 737 601 T3

$$0.34 \% \leq C \leq 0.40 \%$$

$$1.50 \% \leq Mn \leq 2.30 \%$$

$$1.50 \leq Si \leq 2.40\%$$

$$0.35 \% < Cr \leq 0.45\%$$

$$0.07 \% < Mo \leq 0.20 \%$$

$$0.01 \% \leq Al \leq 0.08 \%$$

siendo el resto Fe e impurezas inevitables, comprendiendo la estructura al menos un 60 % de martensita y entre un 12 % y un 15 % de austenita residual, la carga de fluencia es superior a 880 MPa, la resistencia a la tracción es superior a 1520 MPa y el alargamiento total es superior al 20 %.

[0015] La invención también se refiere a una lámina de acero recubierta hecha de acero cuya composición química comprende en % en peso:

$$0.34 \% \leq C \leq 0.40 \%$$

$$1.50 \% \leq Mn \leq 2.30 \%$$

$$1.50 \leq Si \leq 2.40 \%$$

$$0.35 \% \leq Cr \leq 0.45 \%$$

$$0.07 \% \leq Mo \leq 0.20 \%$$

$$0.01 \% \leq Al \leq 0.08 \%$$

10

siendo el resto Fe e impurezas inevitables, comprendiendo la estructura al menos un 60 % de martensita y entre un 12 % y un 15 % de austenita residual, donde la lámina de acero es galvanizada, la resistencia a la tracción es superior a 1510 MPa y el alargamiento total es superior al 20 %.

15

[0016] La invención se describirá ahora en detalle pero sin introducir limitaciones.

[0017] 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:

20

- 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. En el procedimiento según la invención, el contenido de C está comprendido entre el 0,34 % y el 0,37 %.

25

- 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.

5 - de 0,07 % a 0,20 % de molibdeno y de 0,35 % a 0,45 % de cromo para aumentar la capacidad de endurecimiento y estabilizar la austenita retenida para reducir considerablemente la descomposición de la austenita durante la partición. - de 0,01 % a 0,08 % de aluminio, que normalmente se añade al acero líquido preferentemente con fines de desoxidación.

[0018] El resto es hierro y elementos residuales o impurezas inevitables resultantes de la fabricación del acero.

10 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, en general, su contenido es inferior al 0,05 % para Ni, 0,05 % para Cu, 0,007 % para V, 0,001 % para B, 0,005 % para S, 0,02 % para P y 0,010 % para N. Podría utilizarse la adición de elementos de microaleación tales como Nb de 0 a 0,05 % y/o Ti de 0 a 0,1 % para obtener la microestructura deseada y una combinación óptima de propiedades del producto.

15

[0019] La lámina de acero no tratada es una lámina laminada en frío preparada según los procedimientos conocidos por los expertos en la técnica.

[0020] Después del laminado, las láminas se decapan o limpian y, a continuación, se tratan térmicamente y,

20 opcionalmente, se recubren por inmersión en caliente.

[0021] El tratamiento térmico 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:

25

- 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. En general, una temperatura superior a 870 °C es suficiente para el acero según la invención y esta temperatura no necesita ser superior a 930 °C. Luego, la lámina de acero se mantiene a esta temperatura, es decir,

30 se mantiene entre una TR de - 5 °C y una TR de + 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,

35 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.

30

- templar la lámina recocida enfriando a una temperatura de temple TT inferior al punto de transformación Ms entre 200 °C y 230 °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 martensita y entre el 12 % y el 15 % de austenita.

40

- 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.

45

- mantener la lámina a la temperatura de partición TP durante un tiempo de partición Tp. 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.

50

- Opcionalmente, enfriar la lámina a la temperatura ambiente si no se desea un recubrimiento o calentar la lámina a una temperatura de recubrimiento, recubrir por inmersión en caliente la lámina y enfriarla a la temperatura ambiente si se desea un recubrimiento. El recubrimiento por inmersión en caliente es, por ejemplo, el galvanizado, y la temperatura de recubrimiento es de aproximadamente 460 °C como se conoce en la técnica.

[0022] El calentamiento a la temperatura de recubrimiento se realiza preferentemente a una velocidad de calentamiento de al menos 30°/s y el recubrimiento tarda entre 2 y 10 s.

55

[0023] Independientemente de si se aplica o no un recubrimiento, la velocidad de enfriamiento a la temperatura ambiente está preferentemente entre 3 y 20 °C/s.

[0024] Cuando la lámina no está recubierta, el tiempo de partición es de entre 15 segundos y 120 segundos.

60 Con dicho tratamiento es posible obtener láminas con una carga de fluencia de más de 880 MPa, una resistencia a la tracción de más de 1520 MPa y un alargamiento total de más del 20 %.

[0025] Cuando se recubre la lámina, el tiempo de partición Tp está entre 25 segundos y 55 segundos. En estas condiciones, incluso es posible obtener una lámina de acero recubierta que tenga una resistencia a la tracción superior

65 a 1510 MPa y un alargamiento total de al menos el 20 %.

ES 2 737 601 T3

[0026] 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.

5 **[0027]** 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.

10 **[0028]** 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.

15 **[0029]** 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.

[0030] 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.

20

Tabla I

Ref. acero	% en C	% en Mn	% en Si	% en Cr	% en Mo	% en 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
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	1658	9,4	9,4
8	S80	900	220	400	30	-	929	1603	15,1	20,5
9	S80	900	220	400	50	-	897	1554	16,1	21,1
10	S80	900	220	400	100	-	948	1542	18,1	21,4
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
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	-	704	1518	6,6	6,8
31	S81	900	240	400	460	30	-	951	1438	8,9	8,9
32	S81	900	240	400	460	50	-	947	1462	13,5	18,5
33	S81	900	240	400	460	100	-	987	1447	15,7	19,6

[0031] Los ejemplos 1 a 14 muestran que con el acero S80, que contiene cromo y molibdeno, es posible alcanzar las propiedades deseadas, es decir, $RT \geq 1470$ MPa y $AT \geq 19$ %. 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.

[0032] 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.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para producir una lámina de acero laminado en frío que tiene una resistencia a la tracción RT de al menos 1470 MPa y un alargamiento total AT de al menos el 19 %, comprendiendo el procedimiento 5 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:

$$0.34 \% \leq C \leq 0.37 \%$$

$$1.50 \% \leq Mn \leq 2.30 \%$$

$$1.50 \leq Si \leq 2.40\%$$

$$0.35 \% \leq Cr \leq 0.45\%$$

$$0.07 \% \leq Mo \leq 0.20 \%$$

10

$$0.01 \% \leq Al \leq 0.08 \%$$

siendo el resto Fe e impurezas inevitables, siendo la temperatura de recocido TR superior al punto de transformación Ac3 del acero,

15

- 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

- 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 15 segundos y 120 segundos,

20

- después de la partición, enfriar la lámina de acero a temperatura ambiente para obtener una lámina de acero no recubierta.

2. El procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la temperatura de recocido TR se encuentra entre 870 °C y 930 °C.

25

3. Un procedimiento para producir una lámina de acero laminado en frío que tiene una resistencia a la tracción RT de al menos 1470 MPa y un alargamiento total AT de al menos el 19 %, comprendiendo el procedimiento las etapas sucesivas de:

30

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

ES 2 737 601 T3

$$0.34 \% \leq C \leq 0.37 \%$$

$$1.50 \% \leq Mn \leq 2.30 \%$$

$$1.50 \leq Si \leq 2.40\%$$

$$0.35 \% \leq Cr \leq 0.45\%$$

$$0.07 \% \leq Mo \leq 0.20 \%$$

$$0.01 \% \leq Al \leq 0.08 \%,$$

siendo el resto Fe e impurezas inevitables, siendo la temperatura de recocido TR superior al punto de transformación Ac3 del acero,

- 5 - 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
- 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 25 segundos y 55 segundos,
- 10 - después de la partición, se galvaniza la lámina de acero y luego se enfría a temperatura ambiente para obtener una lámina de acero recubierta.
4. Una lámina de acero no recubierta hecha de acero cuya composición química comprende en % en peso:

$$0.34 \% \leq C \leq 0.40 \%$$

$$1.50 \% \leq Mn \leq 2.30 \%$$

$$1.50 \leq Si \leq 2.40 \%$$

$$0.35 \% \leq Cr \leq 0.45 \%$$

$$0.07 \% \leq Mo \leq 0.20 \%$$

$$0.01 \% \leq Al \leq 0.08 \%$$

15

siendo el resto Fe e impurezas inevitables, comprendiendo la estructura al menos un 60 % de martensita y entre un 12 % y un 15 % de austenita residual, siendo la carga de fluencia superior a 880 MPa, la resistencia a la tracción superior a 1520 MPa y siendo el alargamiento total de al menos el 20 %.

20

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

$$0.34 \% \leq C \leq 0.40 \%$$

ES 2 737 601 T3

$$1.50 \% \leq \text{Mn} \leq 2.30 \%$$

$$1.50 \leq \text{Si} \leq 2.40 \%$$

$$0.35 \% \leq \text{Cr} \leq 0.45 \%$$

$$0.07 \% \leq \text{Mo} \leq 0.20 \%$$

$$0.01 \% \leq \text{Al} \leq 0.08 \%$$

5 siendo el resto Fe e impurezas inevitables, comprendiendo la estructura al menos un 60 % de martensita y entre un 12 % y un 15 % de austenita residual, donde la lámina de acero es galvanizada, la resistencia a la tracción es superior a 1510 MPa y el alargamiento total es superior al 20 %.