

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 701 837**

51 Int. Cl.:

C21D 1/19 (2006.01)

C21D 8/02 (2006.01)

C21D 9/46 (2006.01)

C21D 1/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.07.2015 PCT/IB2015/055035**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.01.2016 WO16001891**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2015 E 15750461 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.09.2018 EP 3164512**

54 Título: **Procedimiento para producir una lámina de acero recubierta de alta resistencia con resistencia y ductilidad mejorada y la lámina así obtenida**

30 Prioridad:

03.07.2014 WO PCT/IB2014/003249

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

26.02.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**FAN, DONGWEI;
JUN, HYUN JO y
MOHANTY, RASHMI RANJAN**

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 701 837 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 alta resistencia con resistencia y ductilidad mejorada y la lámina así obtenida

5

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

10 **[0002]** Para fabricar diversos equipos, como piezas de elementos estructurales de carrocería y paneles de carrocería para vehículos automotores, es habitual utilizar láminas galvanizadas o galvano-recocidas hechas de aceros DP (doble fase) o TRIP (plasticidad inducida por transformación).

15 **[0003]** Por ejemplo, tales aceros que incluyen una estructura martensítica y / o algo de austenita retenida y que contienen aproximadamente el 0,2 % de C, aproximadamente el 2 % de Mn, aproximadamente el 1,7 % de Si tienen un límite elástico de aproximadamente 750 MPa, una resistencia a la tracción de aproximadamente 980 MPa, un alargamiento total de más del 8 %. Estas hojas se producen en la línea de recocido continuo mediante el enfriamiento desde una temperatura de recocido más alta que el punto de transformación Ac_3 , hasta una temperatura de sobrealimentación por encima del punto de transformación Ms y el mantenimiento de la lámina a la temperatura durante un tiempo determinado. Luego la lámina se galvaniza o se les aplica galvano-recocido.

25 **[0004]** Para reducir el peso del automóvil con el fin de mejorar su eficiencia de combustible en vista de la conservación ambiental global, es deseable tener láminas que tengan un rendimiento y una resistencia a la tracción mejorados. Pero tales láminas también deben tener una buena ductilidad y una buena formabilidad y, más específicamente, una buena flexibilidad en su capacidad de ser adaptable por bridas. El documento EP 2 524 970 describe una lámina de acero de alta resistencia que puede sumergirse en caliente. A este respecto, es deseable tener láminas que tengan una resistencia de rendimiento YS de al menos 800 MPa, una resistencia a la tracción TS de aproximadamente 1180 MPa, un alargamiento total de al menos 14 % y una relación de expansión de orificios HER según la norma ISO 16630:2009 de más del 25 %. Se debe enfatizar que, debido a las diferencias en los procedimientos de medida, los valores de la relación de expansión del orificio HER según la norma ISO son muy diferentes y no son comparables a los valores de la relación de expansión de orificios λ según el JFS T 1001 (Normas de la Federación del Hierro y del Acero de Japón).

35 **[0005]** Por lo tanto, el propósito de la presente invención dado en el procedimiento de la reivindicación 1 y en la lámina de acero de la reivindicación 8 es proporcionar dicha lámina y un procedimiento para producirla.

40 **[0006]** Para este propósito, la invención se refiere a un procedimiento para producir una lámina de acero recubierta de alta resistencia que tiene una resistencia mejorada y una formabilidad mejorada, teniendo la lámina una resistencia de rendimiento YS de al menos 800 MPa, una resistencia a la tracción TS de al menos 1180 MPa, un alargamiento total de al menos 14 % y una relación de expansión de orificio HER de al menos 30 %, mediante tratamiento térmico y recubrimiento de una lámina de acero cuya composición química del acero contiene en % de peso:

$$0,13 \% \leq C \leq 0,22 \%$$

45

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

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

50

$$0,10 \% \leq Mo \leq 0,20 \%$$

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

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

55

, $Ti < 0.05$, el resto es Fe e impurezas inevitables. El tratamiento térmico y el recubrimiento comprenden los siguientes pasos:

60 - recocer la lámina a una temperatura de recocido TA superior a Ac_3 pero inferior a $1000^\circ C$ durante un tiempo superior a 30 s,

- templar la lámina enfriándola a una temperatura de templado QT entre 325 °C y 375 °C, a una velocidad de enfriamiento suficiente para obtener una estructura que consiste en austenita y al menos el 60 % de martensita, siendo el contenido de austenita tal que la estructura final, es decir, después del tratamiento, el recubrimiento y el enfriamiento a temperatura ambiente, contiene entre un 3 % y un 15 % de austenita residual y entre un 85 % y un 97 % de la suma de martensita y bainita, sin ferrita.
- calentar la lámina hasta una temperatura de partición PT entre 430 °C y 480 °C y mantener la lámina a esta temperatura durante un tiempo de partición Pt entre 10 s y 90 s,
- recubrir por inmersión en caliente la lámina y,
- enfriar la lámina hasta la temperatura ambiente.

10

[0007] Preferentemente, la temperatura de enfriamiento QT está entre 350 °C y 375 °C.

[0008] Preferentemente, la temperatura de partición PT está entre 435 °C y 465 °C.

15 **[0009]** La composición química del acero puede satisfacer al menos una de las siguientes condiciones:

$$0,16 \% \leq C \leq 0,20 \%$$

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

20

$$Y$$

$$1,9 \% \leq Mn \leq 2,1 \%$$

25 **[0010]** La etapa de recubrimiento por inmersión en caliente puede ser una etapa de galvanización.

[0011] La etapa de recubrimiento por inmersión en caliente puede ser una etapa de pulido con una temperatura de aleación TGA entre 480 °C y 510 °C. En este caso, el tiempo de partición PT está preferentemente entre 50 s y 70 s. Después de que la lámina se enfríe a la temperatura de enfriamiento QT y antes de que la lámina se caliente a la temperatura de partición PT, la lámina se mantiene a la temperatura de enfriamiento QT durante un tiempo de mantenimiento comprendido entre 2 s y 8 s, preferentemente entre 3 s y 7 s.

30

[0012] La invención también se refiere a una lámina de acero recubierta cuya composición química del acero contiene en % de peso:

35

$$0,13 \% \leq C \leq 0,22 \%$$

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

40

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

$$0,10 \% \leq Mo \leq 0,20 \%$$

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

45

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

[0013] $Ti \leq 0,05 \%$ siendo el resto Fe e impurezas inevitables. La estructura del acero consiste en 3 % a 15 % de austenita residual y 85 % a 97 % de martensita y bainita, sin ferrita. Al menos una cara de la lámina comprende un recubrimiento metálico. La lámina tiene un límite elástico de al menos 800 MPa, una resistencia a la tracción de al menos 1180 MPa, un alargamiento total de al menos 14 % y una relación de expansión de orificio HER de al menos 30 %.

50

[0014] Opcionalmente, la composición química del acero puede satisfacer al menos una de las siguientes condiciones:

55

$$0,16 \% \leq C \leq 0,20 \%$$

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

60

y

$$1,9 \% \leq \text{Mn} \leq 2,1 \%$$

5 **[0015]** La al menos una cara recubierta está, por ejemplo, galvanizada.

[0016] La al menos una cara recubierta está, por ejemplo, galvano-recocida.

[0017] La invención se describirá ahora en detalle pero sin introducir limitaciones e ilustrada por la figura que
10 es una micrografía de un ejemplo de la invención.

[0018] Según la invención, la lámina se obtiene mediante laminación en caliente y opcionalmente laminación en frío de un semiproducto cuya composición química contiene, en % de peso:

15 - 0,13 % a 0,22 %, y preferentemente más de 0,16 %, preferentemente menos de 0,20 % de carbono para asegurar una resistencia satisfactoria y mejorar la estabilidad de la austenita retenida que es necesaria 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.

20 - 1,2 % a 1,8 %, preferentemente más de 1,3 % y menos de 1,6 % de silicio para estabilizar la austenita, para proporcionar un fortalecimiento de la solución sólida y retrasar la formación de carburos durante el sobreenviejamiento sin formación de óxidos de silicio en la superficie de la lámina que es perjudicial para la capacidad de recubrimiento.

25 - 1,8 % a 2,2 % y preferentemente más del 1,9 % y preferentemente menos del 2,1 % de manganeso para tener una capacidad de endurecimiento suficiente para obtener una estructura que contenga al menos el 65 % de martensita, una resistencia a la tracción de más de 1150 MPa y evitar tener problemas de segregación que son perjudiciales para la ductilidad.

- 0,10 % a 0,20 % de molibdeno para aumentar la capacidad de endurecimiento y estabilizar el austenítico retenido con el fin de reducir fuertemente la descomposición de la austenita durante el sobreenviejamiento.

30 - hasta el 0,5 % de aluminio que generalmente se agrega al acero líquido para fines de desoxidación, preferentemente, el contenido de Al está limitado al 0,05 %. Si el contenido de Al es superior al 0,5 %, la temperatura de austenización será demasiado alta para alcanzarla fácilmente y el acero será industrialmente difícil de procesar.

- El contenido de Nb y el contenido de Ti están limitados a 0,05 % cada uno porque, por encima de estos valores, se formarán numerosos precipitados y la formabilidad disminuirá, lo que hace que sea más difícil alcanzar el 14 % del alargamiento total.

35 **[0019]** El resto es hierro y elementos residuales resultantes de la fabricación de acero. A este respecto, Ni, Cr, Cu, V, B, S, P y N al menos se consideran como elementos residuales que son impurezas inevitables. Por lo tanto, en general, sus contenidos son menores que 0,05 % para Ni, 0,10 % para Cr, 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.

40 **[0020]** La lámina se prepara mediante laminación en caliente y, opcionalmente, laminación en frío según los procedimientos conocidos por los expertos en la técnica.

45 **[0021]** Después del laminado, las láminas se decapan o se limpian, a continuación se tratan con calor y se recubren por inmersión.

[0022] El tratamiento térmico que se realiza preferentemente en una línea combinada de recocido continuo y recubrimiento por inmersión en caliente comprende los pasos de:

50 - recocer la lámina a una temperatura de recocido TA superior al punto de transformación Ac₃ del acero, y preferentemente superior a Ac₃ + 15 °C, para asegurarse de que la estructura es completamente austenítica, pero inferior a 1000 °C para que los granos austeníticos no se vuelvan ásperos. En general, una temperatura superior a 865 °C es suficiente para el acero según la invención. 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.

55 Preferentemente, el tiempo es de más de 30 s, pero no necesita ser de más de 300 s.

60 - templar la lámina enfriándola a una temperatura de templado QT más baja que el punto de transformación Ms a una velocidad de enfriamiento suficiente para evitar la formación de ferrita y bainita. La temperatura de templado está entre 325 °C y 375 °C y preferentemente entre 350 °C y 375 °C para tener, justo después del enfriamiento, una estructura que consiste en austenita y al menos 60 % de martensita, siendo el contenido de austenita tal que la estructura final, es decir, después del tratamiento, el recubrimiento y el enfriamiento a temperatura ambiente, puede

contener entre el 3 % y el 15 % de austenita residual y entre el 85 y el 97 % de la suma de martensita y bainita, sin ferrita. Una velocidad de enfriamiento superior a 30 °C/s es suficiente,

- recalentar la lámina hasta una temperatura de partición PT entre 430 °C y 480 °C y preferentemente entre 435 °C y 465 °C. Por ejemplo, la temperatura de partición puede ser igual a la temperatura a la que se debe calentar la lámina para ser recubierta por inmersión en caliente, es decir, entre 455 °C y 465 °C. La velocidad de recalentamiento puede ser alta cuando el recalentamiento se realiza mediante un calentador de inducción, pero esa velocidad de recalentamiento no tuvo un efecto aparente en las propiedades finales de la lámina. Entre el paso de templado y el paso de recalentar la lámina a la temperatura de partición PT, la lámina se mantiene a la temperatura de templado durante un tiempo de mantenimiento comprendido entre 2 s y 8 s, preferentemente entre 3 s y 7 s.
- 10 - mantener la lámina a la temperatura de partición PT durante un tiempo de partición Pt entre 10 s y 90 s. Mantener la lámina a la temperatura de partición significa que durante la partición, la temperatura de la lámina permanece entre PT - 20 °C y PT + 20 °C.
 - opcionalmente, ajustar la temperatura de la lámina enfriando o calentando para que sea igual a la temperatura a la que se tiene que calentar la lámina para recubrirla por inmersión en caliente.
- 15 - recubrir por inmersión en caliente la lámina, siendo el recubrimiento por inmersión en caliente, por ejemplo, galvanizado o galvano-recocido, pero es posible todo tipo de recubrimiento por inmersión en caliente metálico siempre que las temperaturas a las que se lleva la lámina durante el recubrimiento permanezcan a menos de 650 °C. Cuando la lámina se galvaniza, se realiza con las condiciones habituales. Cuando la lámina es galvano-recocida, la temperatura de la aleación TGA no debe ser demasiado alta para obtener buenas propiedades mecánicas finales.
- 20 Esta temperatura está preferentemente entre 480 °C y 510 °C. Además, en este caso, el tiempo de partición es preferentemente entre 50 s y 70 s.
 - en general, después del recubrimiento, la lámina se procesa según la técnica conocida. En particular, la lámina se enfría a temperatura ambiente.

- 25 **[0023]** Con dicho tratamiento, las láminas recubiertas tienen límite elástico YS de al menos 800 MPa, una resistencia a la tracción de al menos 1180 MPa, un alargamiento total de al menos 14 % y se puede obtener una relación de expansión de orificios HER según la norma ISO 16630:2009 de al menos el 30 %.

[0024] Como ejemplo, una lámina de 1,2 mm de grosor que tiene la siguiente composición:

- 30 C = 0,18 %, Si = 1,5 %, Mn = 2,0 %, Nb = 0,02 %, Mo = 0,15 %, el resto es Fe e impurezas, se fabricó por laminación en caliente y en frío. El punto de transformación teórico Ms de este acero es 386 °C y el punto Ac₃ es 849 °C.

[0025] Las muestras de la lámina se trataron con calor mediante recocido, templado y partición, a continuación se galvanizaron o se les aplicó galvano-recocido, y se midieron las propiedades mecánicas.

- 35 **[0026]** Las condiciones de tratamiento y las propiedades obtenidas se informan en la tabla I para las muestras que se galvanizaron y en la tabla II para las muestras que se les aplicó galvano-recocido.

Tabla I

Muestra	TA °C	QT °C	PT °C	Pt s	YS MPa	TS MPa	UE %	TE %	HER %
1	900	300	460	60	1116	1207	7	12	
2	900	350	460	30	952	1215	9	14	
3	900	350	460	60	926	1199	8	14	31
4	900	350	460	90	909	1207	9	14	
5	900	400	460	60	709	1187	10	15	
6	900	460	460	60	685	1178	9	14	

40

Tabla II

Muestra	TA °C	QT °C	PT °C	Pt s	TGA °C	YS MPa	TS MPa	UE %	TE %	HER %
7	900	350	460	60	500	838	1185	9	14	34
8	900	350	460	60	520	854	1215	9	12	
9	900	350	460	60	520 -20 s-	869	1167	8	12	
10	900	350	460	60	570	898	1106	7	13	

[0027] En estas tablas, TA es la temperatura de recocido, QT la temperatura de templado, PT la temperatura de partición, Pt el tiempo de mantenimiento a la temperatura de partición, TGA la temperatura de la aleación para las láminas que fueron galvano-recocidas, YS el límite elástico, TS la resistencia a la tracción, UE el alargamiento uniforme, TE el alargamiento total y HER la relación de expansión del orificio medida según la norma ISO 16630:2009.

- 45

[0028] Para el ejemplo 9, «520-20» (TGA) significa que el acero ha estado a una temperatura GA de 520 °C durante 20 segundos, en los otros ejemplos (7,8 y 10) una vez que se alcanza la temperatura GA, la temperatura disminuye lentamente antes del enfriamiento final.

5

[0029] Los ejemplos 1 a 4 muestran que con una temperatura de templado igual o inferior a 350 °C, una partición a una temperatura de 460 °C con un tiempo de partición de 30 s a 90 s, las láminas galvanizadas tienen una resistencia de rendimiento superior a 800 MPa, una resistencia a la tracción superior a 1180 MPa, un alargamiento total mayor o igual al 12 % y una relación de expansión de orificio medida según la norma ISO 16630:2009 mayor a 30 %.

10

[0030] Los ejemplos para los cuales la temperatura de templado es mayor que Ms son ejemplos comparativos y / o según la técnica anterior. La estructura contiene ferrita o bainita y austenita y el límite elástico es significativamente menor que 800 MPa.

15

[0031] Los ejemplos 7 a 10 muestran que, cuando la lámina es galvano-recocida, la temperatura de la aleación debe ser lo más baja posible para obtener un alargamiento total del 14 % y una relación de expansión de orificio HER de más del 30 %. El ejemplo 7, cuya micrografía se muestra en la figura, contiene un 7 % de austenita retenida y un 96 % de la suma de martensita y bainita.

20

[0032] Las condiciones de tratamiento y las propiedades obtenidas se informan en la tabla I para las muestras que se galvanizaron y en la tabla II para las muestras que se les aplicó galvano-recocido.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de fabricación de una lámina de acero recubierta de alta resistencia que tiene una resistencia mejorada y una formabilidad mejorada, teniendo la lámina un límite elástico YS de al menos 800 MPa, una resistencia a la tracción TS de al menos 1180 MPa, un alargamiento total de al menos el 14 % y una relación de expansión del orificio HER de al menos el 30 %, mediante tratamiento térmico y recubrimiento de una lámina de acero en la que la composición química del acero contiene en % de peso:

10	$0,13 \% \leq C \leq 0,22 \%$
	$1,2 \% \leq Si \leq 1,8 \%$
	$1,8 \% \leq Mn \leq 2,2 \%$
15	$0,10 \% \leq Mo \leq 0,20 \%$
	$Nb \leq 0,05 \%$
20	$Al \leq 0,5 \%$
	$Ti \leq 0,05 \%$

el resto es Fe e impurezas inevitables, y en el que el tratamiento térmico y el recubrimiento comprenden los siguientes pasos:

- 25 - recocer la lámina a una temperatura de recocido TA superior a Ac₃ pero inferior a 1000 °C durante un tiempo superior a 30 s,
 - templar la lámina enfriándola a una temperatura de templado QT entre 325 °C y 375 °C, a una velocidad de enfriamiento suficiente para obtener una estructura que consiste en austenita y al menos el 60 % de martensita, siendo el contenido de austenita tal que la estructura final, es decir, después del tratamiento, el recubrimiento y el
 30 enfriamiento a temperatura ambiente, contiene entre un 3 % y un 15 % de austenita residual y entre un 85 y un 97 % de la suma de martensita y bainita, sin ferrita, con una velocidad de enfriamiento superior a 30 °C/s ,
 - mantener la lámina a la temperatura de enfriamiento rápido QT durante un tiempo de mantenimiento comprendido entre 2 s y 8 s, preferentemente entre 3 s y 7 s,
 - calentar la lámina hasta una temperatura de partición PT entre 430 °C y 480 °C y mantener la lámina a esta
 35 temperatura durante un tiempo de partición Pt entre 10 s y 90 s,
 - recubrir por inmersión en caliente de la lámina y,
 - enfriar la lámina hasta la temperatura ambiente.

2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la temperatura de templado QT está entre 350 °C y 375 °C.

3. El procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que la temperatura de partición QT está entre 435 °C y 465 °C.

- 45 4. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la composición química del acero satisface al menos una de las siguientes condiciones:

	$0,16 \% \leq C \leq 0,20 \%$
50	$1,3 \% \leq Si \leq 1,6 \%$
y	
55	$1,9 \% \leq Mn \leq 2,1 \%$

5. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la etapa de recubrimiento por inmersión en caliente es una etapa de galvanización.

6. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la etapa de recubrimiento por inmersión en caliente es una etapa de galvano-recocido con una temperatura de aleación TGA entre 480 °C y

510 °C.

7. El procedimiento según la reivindicación 6, en el que el tiempo de partición PT está entre 50 s y 70 s.

5 8. Una lámina de acero recubierta en la que la composición química del acero contiene en % de peso:

$$0,13 \% \leq C \leq 0,22 \%$$

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

10

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

$$0,10 \% \leq Mo \leq 0,20 \%$$

15

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

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

$$Ti \leq 0,05 \%$$

20

- el resto es Fe e impurezas inevitables, en el que la estructura consiste en 3 % a 15 % de austenita residual y 85 % a 97 % de martensita y bainita, sin ferrita, y en el que al menos una cara de la lámina comprende un recubrimiento metálico, la lámina tiene un límite elástico de al menos 800 MPa, una resistencia a la tracción de al menos 1180 MPa, un alargamiento total de al menos 14 % y una relación de expansión de orificio HER de al menos 30 %.

25

9. La lámina de acero recubierta según la reivindicación 8, en la que la composición química del acero satisface al menos una de las siguientes condiciones:

$$0,16 \% \leq C \leq 0,20 \%$$

30

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

y

35

$$1,9 \% \leq Mn \leq 2,1 \%$$

10. La lámina recubierta según la reivindicación 8 o 9, en la que al menos una cara recubierta está galvanizada.

40 11. La lámina recubierta según la reivindicación 8 o 9, en la que al menos una cara recubierta está galvano-recocida.

