

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 990 993**

51 Int. Cl.:

C21D 1/19	(2006.01)	C23C 2/02	(2006.01)
B32B 15/01	(2006.01)	C23C 2/06	(2006.01)
C22C 38/14	(2006.01)	C23C 2/28	(2006.01)
C22C 38/12	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)		
C22C 38/04	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)		
C21D 9/48	(2006.01)		
C21D 8/04	(2006.01)		
C21D 1/26	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2015** **E 20177321 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2024** **EP 3722445**

54 Título: **Lámina de acero recubierta de alta resistencia que tiene resistencia y conformabilidad mejoradas**

30 Prioridad:
03.07.2014 WO PCT/IB2014/002392

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.12.2024

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

72 Inventor/es:
FAN, DONGWEI;
JUN, HYUN JO;
MOHANTY, RASHMI RANJAN y
VENKATASURYA, PAVAN K. C.

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

ES 2 990 993 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 recubierta de alta resistencia que tiene resistencia y conformabilidad mejoradas

5 **[0001]** La invención se refiere a una lámina de acero recubierta y la presente descripción también describe un procedimiento para producir una lámina de acero recubierta de alta resistencia que tiene resistencia, ductilidad y conformabilidad mejoradas, no siendo el procedimiento parte de la invención reivindicada.

10 **[0002]** Los documentos EP 2 325 346 A1, US 2011/186189 A1, EP 1 676 932 A1, WO 2014/020640 A1, EP 2 524 970 A1, WO 2004/022794 A1, JP 2007 231311 A y WO 2013/146148 A1 describen respectivamente ejemplos de procedimientos para producir lámina de acero.

15 **[0003]** Para fabricar diversos equipos, tales como piezas de elementos estructurales de la carrocería y paneles de la carrocería para vehículos automóviles, es habitual usar láminas galvanizadas o galvanorecocidas hechas de aceros DP (fase dual) o aceros TRIP (plasticidad inducida por transformación).

20 **[0004]** Por ejemplo, dichos aceros que tienen incluyen una estructura martensítica y/o austenita retenida y que contiene aproximadamente un 0,2 % de C, aproximadamente un 2 % de Mn, aproximadamente un 1,7 % de Si tienen un límite elástico de aproximadamente 750 MPa, una resistencia a la tracción de aproximadamente 980 MPa, un alargamiento total de más del 8 %. Estas láminas se producen en una línea de recocido continuo templando desde una temperatura de recocido superior al punto de transformación A_{c3} hasta un sobreenviejamiento superior al punto de transformación M_s y manteniendo la lámina a la temperatura durante un tiempo dado. A continuación, la lámina es galvanizada o galvanorecocida.

25 **[0005]** Para reducir el peso de los automóviles con el fin de mejorar su eficiencia en consumo de combustible, en vista de la conservación global del medio ambiente, es deseable tener láminas que tengan un límite elástico y una resistencia a la tracción mejorados. Sin embargo, dichas láminas también deben tener una buena ductilidad y una buena conformabilidad y, más específicamente, una buena expandibilidad.

30 **[0006]** A este respecto, es deseable tener láminas que tengan un límite elástico YS de al menos 800 MPa, una resistencia a la tracción TS de aproximadamente 1180 MPa, una elongación total de al menos el 14 % y una relación de expansión del orificio HER según la norma ISO 16630:2009 de más del 25 %, e incluso de más del 30 %. Debe enfatizarse que, debido a las diferencias en los procedimientos de medición, los valores de la relación de expansión del orificio HER según la norma ISO son muy diferentes y no son comparables con los valores de la relación de expansión del orificio X según la JFS T 1001 (norma de la Federación Japonesa de Hierro y Acero).

[0007] Por lo tanto, el objeto de la presente invención es proporcionar dicha lámina.

40 **[0008]** Con este fin, la presente descripción se refiere a un procedimiento para producir una lámina de acero recubierta de alta resistencia que tiene una ductilidad mejorada y una conformabilidad mejorada, no siendo el procedimiento parte de la invención reivindicada, 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 medida según la norma ISO de al menos el 30 %, mediante tratamiento térmico y recubrimiento de una lámina de acero donde la composición química del acero contiene:

45

$$0.13\% \leq C \leq 0.22\%$$

$$1.9\% \leq Si \leq 2.3\%$$

$$2.4\% \leq Mn \leq 3\%$$

$$Al \leq 0.5\%$$

$$Ti \leq 0.05 \%$$

$$Nb \leq 0.05 \%$$

siendo el resto Fe e impurezas inevitables,
comprendiendo el tratamiento térmico y el recubrimiento las siguientes etapas:

- recocer la lámina a una temperatura de recocido TA superior a Ac3 pero inferior a 1000 °C durante un tiempo de más de 30 s,
- templar la lámina enfriándola hasta una temperatura de temple QT entre 200 °C y 280 °C, a una velocidad de enfriamiento suficiente para obtener una estructura que consista en austenita y al menos un 50 % de martensita, siendo el contenido de austenita tal que la estructura final, es decir, después del tratamiento, recubrimiento y enfriamiento a la temperatura ambiente, contenga 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 490 °C y mantener la lámina a esta temperatura durante un tiempo de partición Pt entre 10 s y 100 s, siendo esta etapa una etapa de partición,
- recubrir por inmersión en caliente la lámina y
- enfriar la lámina hasta la temperatura ambiente.

[0009] Preferentemente, la temperatura de partición PT puede satisfacer al menos una de las siguientes condiciones: $PT \geq 455 \text{ °C}$ y $PT \leq 485 \text{ °C}$.

[0010] Durante la partición, la temperatura de la lámina puede permanecer entre $PT - 20 \text{ °C}$ y $PT + 20 \text{ °C}$ o disminuir linealmente desde la temperatura de recalentamiento hasta una temperatura entre 455 °C y 465 °C.

[0011] Preferentemente, la composición química del acero puede satisfacer al menos una de las siguientes condiciones: $C \geq 0,16 \text{ %}$, $C \leq 0,20 \text{ %}$, $Si \geq 2,0 \text{ %}$, $Si \leq 2,2 \text{ %}$, $Mn \geq 2,6 \text{ %}$ y $Mn \leq 2,8 \text{ %}$.

[0012] Preferentemente, después de que la lámina se temple a la temperatura de temple QT, y antes de que la lámina se caliente a la temperatura de partición PT, la lámina se mantiene a la temperatura de temple QT durante un tiempo de mantenimiento comprendido entre 2 s y 8 s, preferentemente entre 3 s y 7 s.

[0013] Preferentemente, la temperatura de recocido es superior a $Ac3 + 15 \text{ °C}$, en particular, superior a 875 °C.

[0014] Preferentemente, la etapa de recubrimiento por inmersión en caliente es una etapa de galvanizado o una etapa de galvanorecocado con una temperatura de aleación TGA entre 490 °C y 530 °C o que satisface al menos una de las siguientes condiciones, $TGA > 515 \text{ °C}$ y $TGA < 525 \text{ °C}$.

[0015] Preferentemente, el tiempo de partición Pt está entre 10 y 90 s.

[0016] La invención se refiere a una lámina de acero recubierta según la reivindicación 1.

[0017] Opcionalmente, la composición química del acero puede satisfacer al menos una de las siguientes condiciones:

$$C \geq 0.16 \text{ %}$$

$$C \leq 0.20 \text{ %}$$

$$Mn \geq 2.6 \text{ %}$$

y

$$Mn \leq 2.8 \text{ %}.$$

[0018] Preferentemente, la al menos una cara recubierta está galvanizada o galvanorecocida.

[0019] Preferentemente, el contenido de C en la austenita retenida es de al menos un 0,9 %, aún preferentemente de al menos un 1,0 % y hasta un 1,6 %.

[0020] El tamaño de grano austenítico promedio, es decir, el tamaño de grano promedio de la austenita retenida, es preferentemente de 5 µm o menos.

[0021] El tamaño promedio de los granos o bloques de martensita y bainita es preferentemente de 10 µm o

menos.

[0022] Ahora, la invención se describirá en detalle, pero sin introducir limitaciones, y se ilustrará con la única figura que es ilustrativa del ejemplo 1 según la invención.

5

[0023] La lámina puede obtenerse por laminación en caliente y opcionalmente en frío de un semiproducto de acero TRIP o dual cuya composición química contenga, en % en peso:

- de un 0,13 a un 0,22 %, y preferentemente más de un 0,16 %, preferentemente menos de un 0,20 % de carbono para asegurar una resistencia satisfactoria y mejorar la estabilidad de la austenita retenida que es necesaria para obtener una elongación 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.
- de un 1,9 % a un 2,3 %, preferentemente más de un 2 % y menos de un 2,2 %, de silicio con el fin de estabilizar la austenita, para proporcionar una fortificación de la solución sólida y retrasar la formación de carburos durante el sobrevejecimiento sin formación de óxidos de silicio en la superficie de la lámina, que es perjudicial para la capacidad de recubrimiento. Una mayor cantidad de Si mejora la relación de expansión del orificio y permite alcanzar temperaturas de galvanorecoccido más altas sin ser perjudicial para la microestructura a granel de acero al retrasar la formación de carburos.
- de un 2,4 % a un 3 %, y preferentemente más de un 2,6 % y preferentemente menos de un 2,8 % de manganeso para tener una templabilidad suficiente para obtener una estructura que contenga al menos un 85 % de martensita o martensita y bainita, se prefiere la martensita, pero a menudo es difícil distinguir martensita y bainita por micrografía óptica, una resistencia a la tracción de más de 1150 MPa y para evitar problemas de segregación que son perjudiciales para la ductilidad. Además, entre el 2,4 % y el 3 % de Mn puede estabilizar la austenita durante el galvanorecoccido.
- hasta un 0,5 % de aluminio, que normalmente se añade al acero líquido con fines de desoxidación, preferentemente, el contenido de Al se limita a 0,05. Si el contenido de Al es superior al 0,5 %, la temperatura de austenitización será demasiado elevada como para alcanzarla y el acero se volverá industrialmente difícil de procesar.
- el contenido de Nb se limita al 0,05 % porque por encima de dicho valor se formarán grandes precipitados y disminuirá la conformabilidad, haciendo que el 14 % de la elongación total sea más difícil de alcanzar.
- el contenido de Ti se limita al 0,05 % porque por encima de dicho valor se formarán grandes precipitados y disminuirá la conformabilidad, haciendo que el 14 % de la elongación total sea más difícil de alcanzar.

[0024] El remanente es hierro y elementos residuales resultantes de la fabricación del acero. A este respecto, Ni, Cr, Mo, Cu, V, B, S, P y N al menos se consideran elementos residuales que son impurezas inevitables. Por lo tanto, su contenido es menor al 0,05 % para el Ni, 0,05 % para el Cr, 0,02 % para el Mo, 0,03 % para el Cu, 0,007 % para el V, 0,0010 % para el B, 0,007 % para el S, 0,02 % para el P y 0,010 % para el N.

[0025] La lámina se prepara mediante laminado en caliente y, opcionalmente, laminado en frío según los procedimientos conocidos por los expertos en la materia.

[0026] Después del laminado, las láminas se decapan o limpian, a continuación, se tratan térmicamente y se recubren por inmersión en caliente.

[0027] El tratamiento térmico que se realiza preferentemente en una línea combinada de recocido continuo y recubrimiento por inmersión en caliente comprende las etapas de:

45

- recocer la lámina a una temperatura de recocido TA superior al punto de transformación Ac_3 del acero y, preferentemente superior al $Ac_3 + 15^\circ C$, es decir, superior a $875^\circ C$ para el acero según la invención, a fin de asegurar que la estructura sea completamente austenítica, pero que sea inferior a $1000^\circ C$ a fin de no curtir demasiado los granos austeníticos. La lámina se mantiene a la temperatura de recocido, es decir, se mantiene entre $TA - 5^\circ C$ y $TA + 10^\circ C$, durante un tiempo suficiente para homogeneizar la composición química. Este tiempo es preferentemente de más de 60 s, pero no debe ser de más de 300 s.
- templar la lámina mediante el enfriado hasta una temperatura de temple QT inferior al punto de transformación Ms a una velocidad de enfriamiento suficiente como para evitar la formación de ferrita, es decir, para tener una estructura libre de ferrita. La temperatura de temple está entre $200^\circ C$ y $280^\circ C$ para tener una estructura que contenga entre un 3 % y un 15 % de austenita residual y entre un 85 % y un 97 % de la suma de martensita y bainita. En particular, templar la lámina a una temperatura de temple comprendida entre $200^\circ C$ y $280^\circ C$ es fundamental para obtener una resistencia a la tracción de al menos 1180 MPa, una elongación total de al menos el 14 % y una relación de expansión del orificio HER según la norma ISO 16630:2009 de más del 30 %. Especialmente, los inventores han descubierto que una temperatura de temple de más de $280^\circ C$ conduce a una disminución significativa en la elongación total y la relación de expansión del orificio, por debajo de los valores objetivo. Como se dijo anteriormente, se prefiere la martensita, pero la martensita y la bainita a menudo son difíciles de distinguir. Pero, como la temperatura de temple es inferior a Ms, la estructura contiene necesariamente martensita. Debido a la resistencia a la tracción que se obtiene, la cantidad de martensita en la estructura final puede estimarse en más de un 50 %. Basta con una velocidad de enfriamiento superior a $30^\circ C/s$.
- recalentar la lámina desde la temperatura de temple hasta una temperatura de partición PT entre $430^\circ C$ y $490^\circ C$ y

preferentemente entre 455 °C y 485 °C. Por ejemplo, la temperatura de partición puede ser igual a la temperatura a la que la lámina debe calentarse para estar 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 por calentador de inducción, pero esa velocidad de recalentamiento no tuvo ningún efecto aparente en las propiedades finales de la lámina.

- 5 Preferentemente, entre la etapa de temple y la etapa de recalentamiento de la lámina a la temperatura de partición PT, la lámina se mantiene a la temperatura de temple durante un tiempo de mantenimiento comprendido entre 2 s y 8 s, preferentemente entre 3 s y 7 s.
- mantener la lámina a la temperatura de partición PT durante un tiempo entre 10 s y 100 s, por ejemplo 90 s. Mantener la lámina a la temperatura de partición significa que durante la partición la temperatura de la lámina permanece entre
- 10 PT - 20 °C y PT + 20 °C o la temperatura disminuye linealmente desde la temperatura de recalentamiento a una temperatura entre 455 °C y 465 °C.
- opcionalmente, ajustar la temperatura de la lámina enfriando o calentando para que sea igual a la temperatura a la que debe calentarse la lámina para ser recubierta por inmersión en caliente,
 - recubrir la lámina por inmersión en caliente mediante galvanizado o galvanorecocado. Cuando la lámina se galvaniza,
- 15 se hace con las condiciones habituales. Cuando la lámina está galvanorecocida, la temperatura de aleación TGA no debe ser demasiado alta para obtener buenas propiedades mecánicas finales. Esta temperatura está preferentemente entre 490 °C y 530 °C, y preferentemente entre 515 °C y 525 °C.

[0028] Generalmente, después del recubrimiento, la lámina se procesa según la técnica conocida. En particular, la lámina se enfría a la temperatura ambiente, a una velocidad de enfriamiento preferentemente superior a 1 °C/s, actualmente entre 2 °C/s y 4 °C/s.

[0029] Este tratamiento permite obtener una estructura final, es decir, después de particionar, recubrir y enfriar a la temperatura ambiente, que contiene 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.

[0030] Además, este tratamiento permite obtener un mayor contenido de C en la austenita retenida, que es de al menos un 0,9 %, preferentemente incluso de al menos un 1,0 %, y hasta un 1,6%.

30 **[0031]** Además, el tamaño de grano austenítico promedio es preferentemente de 5 µm o menos, y el tamaño promedio de los bloques de bainita o martensita es preferentemente de 10 µm o menos.

[0032] La cantidad de austenita retenida es, por ejemplo, de al menos un 11 %.

35 **[0033]** Con dicho tratamiento, se pueden obtener láminas recubiertas que tienen un límite elástico YS de al menos 800 MPa, una resistencia a la tracción de al menos 1180 MPa, una elongación total de al menos el 14 % y una relación de expansión del orificio HER según la norma ISO 16630:2009 de al menos el 30 %.

40 **[0034]** Como ejemplo, una lámina de 1,2 mm de espesor que tiene la composición siguiente: C = 0,19 %, Si = 2,1 %, Mn = 2,7%, siendo el remanente Fe e impurezas, se fabricó mediante laminado en caliente y en frío. El punto teórico de transformación Ms (según la fórmula de Andrews) de este acero es de 363 °C y el punto Ac₃ medido por procedimientos experimentales es de 856 °C.

45 **[0035]** Las muestras de la lámina se trataron térmicamente mediante recocido a 880 °C, templando hasta temperaturas de temple de 250 °C, 300 °C y 350 °C, y partición mediante calentamiento hasta 480 °C y disminución lineal de la temperatura hasta 460 °C. A continuación, se galvanorecoció con una aleación a 520 °C, 550 °C o 570 °C.

50 **[0036]** Las condiciones de tratamiento térmico y las propiedades obtenidas se informan en la tabla I.

Tabla I

Ejemplo	AT °C	QT °C	PT °C	Pt s	Recubrimie nto	YS MPa	TS MPa	UE %	TE %	HER (%)	RA %	Tamaño de grano de RA μm	% de C en RA%	Tamaño de grano de BM μm	
1		250		30	GA, 520 °C	940	1210	10	14	50	12,1	≤5	1,1	≤10	
2				30	GA, 550°C	854	1141	7	9						
3				30	GA, 570°C	851	1127	8	11						
4				60		861	1107	6	7						
5	880	300	480-460	30	GA, 570°C	708	1180	10	15						
6				60		691	1171	7	7						
7		350		30	GA, 570°C	934	1403	4	4						
8				60		870	1398	6	6						

[0037] En esta tabla, AT es la temperatura de recocido, QT la temperatura de temple, PT la temperatura de partición, Pt el tiempo de mantenimiento a la temperatura de partición, GA se refiere al galvanorecocado y está asociado con la temperatura de aleación, YS el límite elástico, TS la resistencia a la tracción, UE la elongación uniforme, TE la elongación total y HER la relación de expansión del orificio medida según la norma ISO. RA % es la cantidad de austenita retenida en la microestructura, el tamaño del grano RA es el tamaño promedio del grano de austenita, % de C en RA es el contenido de C en la austenita retenida y el tamaño del grano BM es el tamaño promedio de los granos o bloques de martensita y bainita.

[0038] Todos los ejemplos están relacionados con láminas que fueron galvanorecocidas. Solo el ejemplo 1 satisface las condiciones requeridas para las propiedades. Para los otros (ejemplos 2 a 8), la ductilidad no es suficiente, excepto por el ejemplo 5, que no presenta suficiente límite elástico. Estos resultados muestran que una temperatura de temple de 300 °C o 350 °C no proporciona un resultado satisfactorio. Cuando la temperatura de temple es de 250 °C, si la temperatura de aleación es de 550 °C o 570 °C, los resultados tampoco son satisfactorios.

[0039] Las pruebas realizadas en las láminas de acero según la invención mostraron que la soldabilidad de las láminas es satisfactoria. En particular, las pruebas de soldadura realizadas en láminas soldadas según la invención mostraron una resistencia de sección transversal de aproximadamente 6 kN, que se puede mejorar hasta aproximadamente 12 kN después de realizar un tratamiento térmico posterior a la soldadura. La resistencia al cizallamiento por tracción se midió a aproximadamente 25 kN.

REIVINDICACIONES

1. Una lámina de acero recubierta, donde la composición química del acero contiene en % en peso:

$$0.13\% \leq C \leq 0.22\%$$

$$2.0\% \leq Si \leq 2.2\%$$

$$2.4\% \leq Mn \leq 3\%$$

$$Al \leq 0.5\%$$

$$Ti \leq 0.05 \%$$

$$Nb \leq 0.05 \%$$

siendo el remanente Fe e impurezas inevitables, que incluyen menos del 0,05 % de Ni, menos del 0,05 % de Cr, menos del 0,02 % de Mo, menos del 0,03 % de Cu, menos del 0,007 % de V, menos del 0,0010 % de B, menos del 0,007 % de S, menos del 0,02 % de P y menos del 0,010 % de N,

donde la estructura consiste en de un 3 % a un 15 % de austenita residual y de un 85 % a un 97 % de martensita y bainita, sin ferrita, donde al menos una cara de la lámina comprende un recubrimiento metálico, teniendo la lámina un límite elástico de al menos 800 MPa, una resistencia a la tracción de al menos 1180 MPa, una elongación total de al menos el 14 % y una relación de expansión del orificio HER, medida según la norma ISO 16630:2009, superior al 40 %, y donde la cantidad de martensita en la estructura es superior al 50 %.

2. La lámina recubierta según la reivindicación 1, donde la composición química del acero satisface al menos una de las siguientes condiciones:

$$C \geq 0.16 \%$$

$$C \leq 0.20 \%$$

$$Mn \geq 2.6 \%$$

$$Mn \leq 2.8\%.$$

3. La lámina recubierta según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, donde la al menos una cara de la lámina que comprende un recubrimiento metálico está galvanizada.

4. La lámina recubierta según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, donde la al menos una cara de la lámina que comprende un recubrimiento metálico está recocida galvánicamente.

