

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 787 515**

51 Int. Cl.:

C21D 1/19	(2006.01)	C22C 38/28	(2006.01)
C21D 1/25	(2006.01)	C22C 38/34	(2006.01)
C21D 8/02	(2006.01)	C22C 38/38	(2006.01)
C21D 9/46	(2006.01)		
C21D 9/48	(2006.01)		
C21D 6/00	(2006.01)		
C21D 8/04	(2006.01)		
C22C 38/02	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)		
C22C 38/26	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.07.2015 PCT/IB2015/055042**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **07.01.2016 WO16001898**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2015 E 15750813 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2020 EP 3164520**

54 Título: **Procedimiento para producir una lámina de acero de alta resistencia con una resistencia, ductilidad y conformabilidad mejoradas**

30 Prioridad:
03.07.2014 WO PCT/IB2014/002256

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.10.2020

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

72 Inventor/es:
**MOHANTY, RASHMI RANJAN;
JUN, HYUN JO y
FAN, DONGWEI**

74 Agente/Representante:
SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 787 515 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 de alta resistencia con una resistencia, ductilidad y conformabilidad mejoradas

5

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

10 **[0002]** 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 hechas de aceros DP (fase dual) o aceros TRIP (plasticidad inducida por transformación).

15 **[0003]** Por ejemplo, dichos aceros que incluyen una estructura martensítica y/o alguna austenita retenida y que contienen alrededor del 0,2 % de C, alrededor del 2 % de Mn, alrededor del 1,7 % de Si tienen un límite elástico de alrededor de 750 MPa, una resistencia a la tracción de alrededor de 980 MPa, un alargamiento total de más del 8 %. Estas láminas se producen en una línea de recocido continuo templando de una temperatura de recocido superior al punto de transformación A_{c3} a una temperatura de temple superior al punto de transformaciones M_s , seguido de un calentamiento a una temperatura de sobreenvejecimiento por encima del punto M_s y manteniendo la lámina a la temperatura durante un tiempo dado. A continuación, la lámina se enfría hasta alcanzar la temperatura ambiente.

20

[0004] Debido al deseo de 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. Pero dichas láminas también deben tener una buena ductilidad y una buena conformabilidad y, más específicamente, una buena expansibilidad.

25

[0005] A este respecto, resulta deseable tener láminas con un límite elástico YS de al menos 850 MPa, una resistencia a la tracción TS de alrededor de 1180 MPa, un alargamiento total de al menos el 14 % y una tasa de expansión del orificio HER medida según la norma ISO 16630:2009 de al menos el 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 comparables con los valores de la tasa de expansión del orificio λ según la JFS T 1001 (norma de la Federación Japonesa de Hierro y Acero).

30

[0006] El documento de los EE. UU. 2006/0011274 A1 describe un procedimiento para producir una aleación de acero con austenita retenida. El documento de los EE. UU. 2008/0251161 A1 describe una lámina de acero laminada en frío de alta resistencia y una lámina de acero estañado. El documento de los EE. UU. 2010/0221138 A1 describe una lámina de acero compuesto de alta resistencia. El documento japonés 2007197819 A describe una lámina de acero fina de ultra alta resistencia. El documento EP2524970 A1 describe un producto plano de acero de alta resistencia y el procedimiento para producirlo.

35

40 **[0007]** Por lo tanto, el propósito de la presente invención es proporcionar dicha lámina y un procedimiento para producirla.

[0008] Para este fin, la invención se refiere a un procedimiento según la reivindicación 1.

45 **[0009]** En una realización particular, la composición química del acero es tal que $Al \leq 0,05 \%$.

[0010] Preferentemente, la velocidad de enfriamiento durante el temple es de al menos 20 °C/s, incluso preferentemente de al menos 30 °C/s.

50 **[0011]** Preferentemente, el procedimiento comprende, además, 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 particionado PT, una etapa de retener la lámina a la temperatura de temple QT durante un tiempo de retención comprendido entre 2 y 8 s, preferentemente entre 3 y 7 s.

55 **[0012]** Preferentemente, la temperatura de recocido es superior a $A_{c3} + 15 \text{ °C}$, en particular, más alta que 850 °C.

[0013] La invención se refiere también a una lámina de acero según la reivindicación 6.

60 **[0014]** En una realización particular, la composición química del acero es tal que $Al \leq 0,05 \%$.

[0015] Preferentemente, la cantidad de carbono en la austenita retenida es de al menos el 0,9 %, preferentemente al menos del 1,0 %.

65 **[0016]** Preferentemente, el tamaño de grano austenítico promedio es de un máximo de 5 mm.

[0017] Ahora, la invención se describirá en detalle, pero sin introducir limitaciones, y se ilustrará con la única figura que es una micrografía por barrido electrónico correspondiente al ejemplo 10.

5 **[0018]** Según la invención, la lámina se obtiene mediante laminado en caliente y opcionalmente laminado en frío de un semiproducto cuya composición química contiene, en % en peso:

10 - del 0,15 al 0,25 %, y preferentemente más del 0,17 % y preferentemente menos del 0,21 % de carbono para asegurar una fuerza 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.

- del 1,2 al 1,8 % preferentemente más del 1,3 % y menos del 1,6 % de silicio a fin de estabilizar la austenita, para proporcionar el fortalecimiento de una solución sólida y retrasar la formación de carburos durante el sobre-envejecimiento.

15 - del 2 % al 2,4 % y preferentemente más del 2,1 % y preferentemente menos del 2,3 % de manganeso para tener una capacidad de endurecimiento suficiente para obtener una estructura que contenga al menos un 65 % de martensita, una resistencia a la tracción de más de 1180 MPa y para evitar problemas de segregación que son perjudiciales para la ductilidad.

20 - del 0,1 al 0,25 % de cromo para aumentar la templabilidad y para estabilizar la austenita retenida para retrasar la formación de bainita durante el sobre-envejecimiento.

- hasta un 0,5 % de aluminio, que habitualmente se adiciona al acero líquido para fines de desoxidación, si el contenido de Al está por encima del 0,5 %, la temperatura de recocido será muy alta de alcanzar y el acero se volverá industrialmente difícil de procesar. Preferentemente, el contenido de Al se limita a niveles de impurezas, es decir, a un máximo del 0,05 %.

25 - El contenido de Nb se limita al 0,05 % porque arriba de dicho valor se formarán grandes precipitados y disminuirá la conformabilidad, haciendo que el 14 % del alargamiento total sea más difícil de alcanzar.

- El contenido de Ti se limita al 0,05 % porque arriba de dicho valor se formarán grandes precipitados y disminuirá la conformabilidad, haciendo que el 14 % del alargamiento total sea más difícil de alcanzar.

30 **[0019]** El remanente es hierro y elementos residuales resultantes de la fabricación del acero. A este respecto, Ni, 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 % de Ni, 0,02 % de Mo, 0,03 % de Cu, 0,007 % de V, 0,0010 % de B, 0,007 % de S, 0,02 % de P y 0,010 % de N.

35 **[0020]** La lámina se prepara mediante laminado en caliente y, opcionalmente, laminado en frío según los procedimientos conocidos por los expertos en la materia.

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

40 **[0022]** El tratamiento térmico que se realiza preferentemente en una línea combinada de recocido continuo comprende las etapas de:

45 - recocer la lámina a una temperatura de recocido TA superior al punto de transformación Ac₃ del acero y, preferentemente superior al Ac₃ + 15 °C, es decir, superior a 850 °C para el acero según la invención, a fin de asegurar que la estructura sea completamente austenítica, pero que sea inferior a 1000 °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 °C y TA + 10 °C, durante un tiempo suficiente para homogeneizar la composición química. Este tiempo es preferentemente de más de 30 s, pero no necesita ser de más de 300 s.

50 - templar la lámina mediante el enfriamiento a una temperatura de temple QT inferior al punto de transformación Ms, a una velocidad de enfriamiento suficiente para evitar la formación de ferrita y bainita. La temperatura de temple se ubica entre 275 y 325 °C a fin de obtener, justo después del temple, una estructura que consista en austenita y al menos el 50 % de martensita, con el contenido de austenita siendo tal que la estructura final, es decir, después del tratamiento y el enfriamiento a temperatura ambiente, pueda 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. La velocidad de enfriamiento es de al menos 20 °C/s, preferentemente de al menos 30 °C/s. A fin de evitar la formación de ferrita durante el enfriamiento desde la temperatura de recocido, se requiere una velocidad de enfriamiento de al menos 30 °C/s.

55 - el recalentamiento de la lámina hasta una temperatura de particionado PT entre 420 y 470 °C. La velocidad de recalentamiento puede ser alta cuando el recalentamiento se hace mediante un calentador de inducción, pero esa velocidad de recalentamiento entre 5 y 20 °C/s no tuvo efecto aparente sobre las propiedades finales de la lámina. Por consiguiente, la velocidad de recalentamiento está comprendida preferentemente entre 5 y 20 °C/s. Preferentemente, entre la etapa de temple y la etapa de recalentamiento de la lámina a la temperatura de particionado PT, la lámina es retenida a la temperatura de temple QT durante un tiempo de retención comprendido entre 2 y 8 s, preferentemente entre 3 y 7 s.

60 - mantener la lámina a la temperatura de particionado PT durante un tiempo entre 50 y 150 s. Mantener la lámina a la temperatura de particionado significa que, durante el particionado, la temperatura de la lámina permanece

ES 2 787 515 T3

entre PT -10 °C y PT +10 °C.

- enfriar la lámina hasta la temperatura ambiente con una velocidad de enfriamiento preferentemente de más de 1 °C/s a fin de no formar ferrita o bainita. Preferentemente, la velocidad de enfriamiento está entre 2 y 4 °C/s.

5 **[0023]** Con dicho tratamiento, las láminas tienen una estructura que consiste en un 3 a un 15 % de austenita retenida y del 85 al 97 % de martensita y bainita, sin ferrita. En efecto, debido al temple bajo este punto Ms, la estructura contiene martensita y al menos el 50 %. Pero para tales aceros, la martensita y la bainita son muy difíciles de distinguir. Por eso, solo se considera la suma de los contenidos de martensita y bainita. Con dicha estructura, se puede obtener la lámina que tiene un límite elástico YS de al menos 850 MPa, una resistencia a la tracción de al menos 1180 MPa,
10 un alargamiento total de al menos el 14 % y una tasa de expansión del orificio (HER) según la norma ISO 16630:2009 de al menos el 30 %.

[0024] Por ejemplo, una lámina de 1,2 mm de espesor que tiene la composición siguiente: C = 0,19 %, Si = 1,5 %, Mn = 2,2 %, Cr = 0,2 %, siendo el remanente Fe e impurezas, se fabricó mediante laminado en caliente y en
15 frío. El punto de transformación Ms teórico de este acero es 375 °C y el punto Ac₃ calculado es 835 °C.

[0025] Las muestras del acero se trataron con calor mediante recocido, temple y particionado, es decir, calentando a una temperatura de particionado y manteniendo esta temperatura, y las propiedades mecánicas se midieron. Las láminas se mantuvieron a la temperatura de temple durante alrededor de 3 s.
20

[0026] Las condiciones del tratamiento y las propiedades obtenidas se informaron en la tabla I, donde la columna del tipo de recocido (tipo de recoc.) especifica si el recocido es intercrítico (IA) o totalmente austenítico (y total).

Tabla I

Muestra	°C de TA	Tipo de recoc.	°C de QT	°C de PT	Pts	YS MPa	TS MPa	% de UE	% de TE	% de HER	% de Y	Tamaño de grano y en µm	% de C en % de Y	% de F	M + B %
1	825	IA	250	400	99	990	1200	7	11,7	24					
2	825	IA	250	450	99	980	1180	9	14						
3	825	IA	300	400	99	865	1180	8,2	13,2	-					
4	825	IA	300	450	99	740	1171	10,2	15,4	13	12,6	≤ 5	1,0	30	57,4
5	825	IA	350	400	99	780	1190	10,1	15,4						
6	825	IA	350	450	99	650	1215	11	15,5	8					
7	875	Y total	250	400	99	1190	1320	3,5	8						
8	875	Y total	250	450	99	1170	1250	6,1	10,5						
9	875	Y total	300	400	99	1066	1243	7,2	12,8	31	12,3	≤ 5	0,98	0	87,7
10	875	Y total	300	450	99	1073	1205	9,3	14,4	37	12				
11	875	Y total	350	400	99	840	1245	7,5	11						
12	875	Y total	350	450	99	760	1220	9,5	13,2	9					
13	825	IA	400	400	99	756	1232		15,2	13					
14	825	IA	450	450	99	669	1285		13,5	-					
15	875	Y total	400	400	99	870	1301		11,7	24					
16	875	Y total	450	450	99	784	1345		10,7	-					
17	840	Y total	300	500	99	923	1170	7	9						

En esta tabla, TA es la temperatura de recocido, QT la temperatura de temple, PT la temperatura de particionado, Pt el tiempo de particionado, YS el límite elástico, TS la resistencia a la tracción, UE el alargamiento uniforme, TE el alargamiento total, HER la tasa de expansión del orificio según la norma ISO, γ es la proporción de austenita retenida en la estructura, tamaño de grano γ es el tamaño de grano austenítico promedio, C % en γ es la cantidad de carbono en la austenita retenida, F es la cantidad de ferrita en la estructura y M+B es la cantidad de la suma de martensita y bainita en la estructura.

5
10 **[0027]** En la tabla I, el ejemplo 10 es según la invención y todas las propiedades son mejores que las propiedades requeridas mínimas. Como se muestra en la figura, su estructura contiene el 11,2 % de austenita retenida y el 88,8 % de la suma de martensita y bainita.

15 **[0028]** Los ejemplos 1 a 6, que están relacionados con las muestras recocidas a una temperatura intercrítica muestran que, incluso si el alargamiento total es superior al 14 %, lo cual es el caso solo para las muestras 4, 5 y 6, la tasa de expansión del orificio es demasiado baja.

20 **[0029]** Los ejemplos 13 a 16, que están relacionados con la técnica anterior, es decir, con láminas que no se templaban bajo este punto Ms (QT por encima del punto Ms y PT igual a la QT), muestran que con dicho tratamiento de calor, incluso si la resistencia a la tracción es muy buena (por encima de 1220 MPa), el límite elástico no es muy alto (debajo de 780) cuando el recocido es intercrítico y la conformabilidad (tasa de expansión del orificio) no es suficiente (debajo del 30 %) en todos los casos.

25 **[0030]** Los ejemplos 7 a 12, que están todos relacionados con muestras que están recocidas a una temperatura superior al Ac₃, es decir, la estructura era completamente austenítica, muestran que la única manera de alcanzar las propiedades a las que se apunta es una temperatura de temple de 300 °C (+/-10) y una temperatura de particionado de 450 °C (+/-10). Con tales condiciones, es posible obtener un límite elástico superior a 850 MPa e incluso superior a 950 Mpa, una resistencia a la tracción superior a 1180 MPa, un alargamiento total superior al 14 % y una tasa de expansión del orificio superior al 30 %. El ejemplo 17 muestra que una temperatura de particionado superior a 470 °C no permite obtener las propiedades a las que se apunta.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para producir una lámina de acero de alta resistencia que tiene una ductilidad y una conformabilidad mejoradas, teniendo la lámina un límite elástico YS de al menos 850 MPa, una resistencia a la tracción TS de al menos 1180 MPa, un alargamiento total de al menos el 14 % y una tasa de expansión del orificio HER medida según la norma ISO 16630:2009 de al menos el 30 %, mediante un tratamiento con calor de una lámina de acero donde la composición química del acero contiene:
- 10 $0,15 \% \leq C \leq 0,25 \%$
 $1,2 \% \leq Si \leq 1,8 \%$
 $2 \% \leq Mn \leq 2,4 \%$
 $0,1 \% \leq Cr \leq 0,25 \%$
 $Nb \leq 0,05 \%$
 $Ti \leq 0,05 \%$
- 15 $Al \leq 0,50 \%$
- siendo el remanente Fe e impurezas inevitables, incluyendo menos del 0,05 % de Ni, 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 y donde el tratamiento con calor comprende las siguientes etapas:
- 20 - recocer la lámina a una temperatura de recocido TA superior a Ac3 pero inferior a 1000 °C durante un tiempo de no más de 30 s.
 - temprar la lámina enfríandola hasta una temperatura de temple QT entre 275 y 325 °C, a una velocidad de enfriamiento suficiente para obtener, justo después del temple, una estructura que consista en austenita y al menos el 50 % de martensita, siendo el contenido de austenita tal que la estructura final, es decir, después del tratamiento y el enfriamiento a la temperatura ambiente, consista en entre un 3 y un 15 % de austenita residual y entre el 85 y el 97 % de la suma de martensita y bainita, sin ferrita,
- 25 - calentar la lámina hasta una temperatura de particionado PT entre 420 y 470 °C y mantener la lámina a esta temperatura durante un tiempo de particionado Pt de entre 50 y 150 s, donde mantener la lámina a la temperatura de particionado significa que, durante el particionado, la temperatura de la lámina permanece entre PT-10 °C y PT+10 °C.
- 30 - enfriar la lámina hasta la temperatura ambiente.
2. El procedimiento según la reivindicación 1, donde la composición química del acero es tal que Al ≤ 0,05 %.
3. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, donde la velocidad de enfriamiento durante el temple es de al menos 20 °C/s, preferentemente de al menos 30 °C/s.
- 40 4 El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende, además, 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 particionado PT, una etapa de retener la lámina a la temperatura de temple QT durante un tiempo de retención comprendido entre 2 y 8 s, preferentemente entre 3 y 7 s.
- 45 5 El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde la temperatura de recocido TA es superior a 850 °C.
- 6 Una lámina de acero, donde la composición química del acero contiene en % en peso:
- 50 $0,15 \% \leq C \leq 0,21 \%$
 $1,2 \% \leq Si \leq 1,8 \%$
 $2,1 \% \leq Mn \leq Mn \leq 2,3 \%$
 $0,1 \% \leq Cr \leq 0,25 \%$
 $Nb \leq 0,05 \%$
- 55 $Ti \leq 0,05 \%$
 $Al \leq 0,5 \%$
- siendo el remanente Fe e impurezas inevitables, incluyendo menos del 0,05 % de Ni, menos del 0,02 % de Mo, menos del 0,03 % de Cu, menos del 0,007 % de V, menos del 0,0010 % del B, menos del 0,007 % de S, menos del 0,02 % de P y menos del 0,010 % de N, teniendo la lámina un límite elástico de al menos 850 MPa, una resistencia a la tracción de al menos 1180 MPa, un alargamiento total de al menos el 14 % y una tasa de expansión del orificio HER, medida según la norma ISO 16630:2009, de al menos el 30 % y consistiendo la estructura en del 3 al 15 % de austenita retenida y del 85 al 97 % de martensita y bainita sin ferrita, conteniendo la estructura al menos el 50 % de martensita.
- 65 7 La lámina según la reivindicación 6, donde el límite elástico es superior a 950 MPa.

ES 2 787 515 T3

8 La lámina según la reivindicación 6 o 7, donde la composición química del acero es tal que $Al \leq 0,05 \%$.

9 La lámina según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, donde la cantidad de carbono en la austenita retenida es de al menos 0,9%, preferentemente de al menos 1,0%.

5

