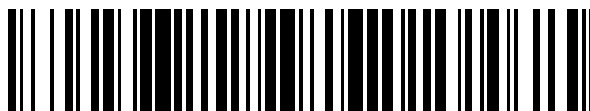


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 799 049**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00	(2006.01) C23C 2/02	(2006.01)
C21D 6/00	(2006.01) C23C 2/06	(2006.01)
C21D 8/02	(2006.01) C23C 2/12	(2006.01)
C21D 8/04	(2006.01) C23C 2/40	(2006.01)
C23C 2/28	(2006.01)	
C21D 9/46	(2006.01)	
C21D 1/26	(2006.01)	
C22C 38/02	(2006.01)	
C22C 38/04	(2006.01)	
C22C 38/38	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.05.2017 PCT/IB2017/000606**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **30.11.2017 WO17203343**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.05.2017 E 17727948 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.05.2020 EP 3464662**

54 Título: **Procedimiento de producción de una lámina de acero TWIP que tiene una microestructura austenítica**

30 Prioridad:
24.05.2016 WO PCT/IB2016/000695

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.12.2020

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

72 Inventor/es:
**IUNG, THIERRY y
PETITGAND, GERARD**

74 Agente/Representante:
SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 799 049 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 de producción de una lámina de acero TWIP que tiene una microestructura austenítica

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento para producir una lámina de acero TWIP que tiene una alta resistencia, una excelente formabilidad y alargamiento. La invención es particularmente adecuada para la fabricación de vehículos automotores.

[0002] Con el fin de ahorrar peso de los vehículos, se sabe que utiliza aceros de alta resistencia para la
10 fabricación de vehículos automotores. Por ejemplo, para la fabricación de piezas estructurales, deben mejorarse las propiedades mecánicas de dichos aceros. Sin embargo, incluso si se mejora la resistencia del acero, el alargamiento y, por lo tanto, la formabilidad de los aceros altos disminuye. Para superar estos problemas, han aparecido aceros de plasticidad inducida por el hermanamiento (aceros TWIP) con buena formabilidad. Incluso si estos productos muestran una muy buena formabilidad, las propiedades mecánicas como la resistencia a la tracción máxima (UTS) y el límite
15 elástico (YS) pueden no ser lo suficientemente altas como para cumplir con la aplicación automotriz.

[0003] Para mejorar la resistencia de estos aceros manteniendo al mismo tiempo una buena viabilidad, se sabe que induce una alta densidad de gemelos por laminación en frío seguido de un tratamiento de recuperación que elimina las dislocaciones, pero mantiene a los gemelos.
20

[0004] La solicitud de patente KR20140013333 describe un procedimiento de fabricación de una lámina de acero de alta resistencia y alto manganeso con una excelente capacidad de flexión y alargamiento, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

25 - procesamiento de homogeneización, calentando a 1050-1300 °C, un lingote de acero o unaplancha de colada continua que comprenda, en % en peso, carbono (C): 0,4-0,7 %, manganeso (Mn): 12-24 %, aluminio (Al): 1,1-3,0 %, silicio (Si): 0,3 % o menos, titanio (Ti): 0,005-0,10 %, boro (B): 0,0005-0,0050 %, fósforo (P): 0,03 % o menos, azufre (S): 0,03 % o menos, nitrógeno(N): 0,04 % o menos, y siendo el resto hierro y otras impurezas inevitables;
- laminar en caliente el lingote de acero procesado por homogeneización o la plancha de colada continua a la
30 temperatura de laminación en caliente final de 850-1000 °C;
- enrollar la lámina de acero laminada en caliente a 400-700 °C;
- laminar en frío la lámina de acero enrollada;
- recocer continuamente la lámina de acero laminada en frío a 400-900 °C;
- opcionalmente, una etapa de recubrimiento por galvanización por inmersión en caliente o electrolgalvanización,
35 - laminar de nuevo la lámina de acero recocido continuamente en la relación de reducción de 10-50 % y
- volver a calentar la lámina de acero laminada de nuevo a 300-650 °C durante 20 segundos a 2 horas.

[0005] Sin embargo, dado que el recubrimiento se deposita antes del segundo laminado en frío, existe un gran riesgo de que el recubrimiento metálico se dañe mecánicamente. Además, dado que la etapa de recalentamiento se
40 realiza después de la deposición de recubrimiento, la interdifusión del acero y el recubrimiento aparecerá dando como resultado una modificación significativa del recubrimiento y, por lo tanto, de las propiedades deseadas de recubrimiento de tal manera que la resistencia a la corrosión. Adicionalmente, la etapa de recalentamiento se puede realizar en un amplio intervalo de temperatura y tiempo y ninguno de estos elementos se ha especificado más en la memoria descriptiva, incluso en los ejemplos. Finalmente, al implementar este procedimiento, existe el riesgo de que la
45 productividad disminuya y los costes aumenten ya que se realizan muchas etapas para obtener el acero TWIP.

[0006] Por lo tanto, el objeto de la invención es proporcionar un procedimiento mejorado para la fabricación de un acero TWIP que tiene una alta resistencia, una excelente formabilidad y alargamiento. Su objetivo es poner a
50 disposición, en particular, un procedimiento fácil de implementar para obtener un acero recubierto TWIP que se está recuperando, siendo tal método un ahorro de costes y que tiene un aumento en la productividad.

[0007] Este objeto se logra proporcionando un procedimiento para la fabricación de una lámina de acero TWIP laminada en frío y recuperada recubierta con un recubrimiento metálico según la reivindicación 1. El procedimiento
55 también puede comprender las características de las reivindicaciones 2 a 19.

[0008] Otro objeto se logra proporcionando una lámina de acero TWIP laminada en frío, recuperada y recubierta según la reivindicación 20.

[0009] Otras características y ventajas de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción
60 detallada de la invención.

[0010] La invención se refiere también a un procedimiento para producir una lámina de acero TWIP que comprende las siguientes etapas:

65 A. La alimentación de una plancha que tiene la siguiente composición:

5 0,1 < C < 1,2 %,
 13,0 ≤ Mn ≤ 25,0 %,
 S ≤ 0,030 %,
 P ≤ 0,080 %,
 N ≤ 0,1 %,
 Si ≤ 3,0%,

y sobre una base puramente opcional, uno o más elementos tales como

10 Nb ≤ 0,5 %,
 B ≤ 0,005 %,
 Cr ≤ 1,0 %,
 Mo ≤ 0,40 %,

15 Ni ≤ 1,0 %,

 Cu ≤ 5,0%,

 Ti ≤ 0,5 %,

 V ≤ 2,5 %,

 Al ≤ 4,0 %,

20 0,06 ≤ Sn ≤ 0,2 %,

constituyendo el resto de la composición hierro e impurezas inevitables resultantes del desarrollo,

25 B. Recalentamiento de dicha plancha y laminación en caliente,
 C. Una etapa de bobinado,
 D. Un primer laminado en frío,
 E. Un recocido de recristalización,
 F. Un segundo laminado en frío y
 G. Un tratamiento térmico de recuperación realizado por recubrimiento por inmersión en caliente.

30 **[0011]** En cuanto a la composición química del acero, el C juega un papel muy importante en la formación de la microestructura y las propiedades mecánicas. Aumenta la energía de falla de apilamiento y promueve la estabilidad de la fase austenítica. Cuando se combina con un contenido de Mn que varía del 13,0 al 25,0 % en peso, esta estabilidad se logra para un contenido de carbono del 0,1 % o más. Sin embargo, para un contenido de C superior al 1,2 %, existe el riesgo de que la ductilidad disminuya. Preferentemente, el contenido de carbono está entre 0,20 y
 35 1,2 %, más preferentemente entre 0,5 y 1,0 % en peso para obtener una resistencia suficiente.

[0012] El Mn es también un elemento esencial para aumentar la resistencia, para aumentar la energía de falla de apilamiento y para estabilizar la fase austenítica. Si su contenido es inferior al 13,0 %, existe el riesgo de que se formen fases martensíticas, lo que reduce en gran medida la deformabilidad. Además, cuando el contenido de
 40 manganeso es mayor que 25,0 %, se suprime la formación de gemelos y, en consecuencia, aunque la resistencia aumenta, la ductilidad a temperatura ambiente se degrada. Preferentemente, el contenido de manganeso está entre el 15,0 y el 24,0 % para optimizar la energía de falla de apilamiento y evitar la formación de martensita bajo el efecto de una deformación. Además, cuando el contenido de Mn es superior al 24,0 %, el modo de deformación por
 45 hermanamiento es menos favorecido que el modo de deformación por deslizamiento de dislocación perfecta.

[0013] El Al es un elemento particularmente efectivo para la desoxidación del acero. Al igual que el C, aumenta la energía de falla de apilamiento reduciendo el riesgo de formar martensita de deformación, mejorando así la ductilidad y la resistencia retardada a la fractura. Preferentemente, el contenido de Al es menor o igual al 2 %. Cuando el
 50 contenido de Al es mayor que 4,0 %, existe el riesgo de que la formación de gemelos se suprima disminuyendo la ductilidad.

[0014] El silicio también es un elemento eficaz para desoxidar el acero y para el endurecimiento en fase sólida. Sin embargo, por encima de un contenido del 3 %, reduce el alargamiento y tiende a formar óxidos indeseables durante ciertos procedimientos de ensamblaje y, por lo tanto, debe mantenerse por debajo de este límite. Preferentemente, el
 55 contenido de silicio es menor o igual que 0,6 %.

[0015] El azufre y el fósforo son impurezas que fragilizan los límites del grano. Sus respectivos contenidos no deben exceder el 0,030 y 0,080 % para mantener suficiente ductilidad en caliente.

60 **[0016]** Se puede añadir algo de boro, hasta 0,005 %, preferentemente hasta 0,001 %. Este elemento se segrega en los límites del grano y aumenta su cohesión para evitar grietas en los límites del grano. Sin pretender limitarse a una teoría, se cree que esto conduce a una reducción en las tensiones residuales después del moldeado mediante presión, y a una mejor resistencia a la corrosión bajo tensión de las partes moldeadas de este modo.

65 **[0017]** El níquel se puede usar opcionalmente para aumentar la resistencia del acero mediante el

endurecimiento de la disolución. Sin embargo, es deseable, entre otras por razones de coste, limitar el contenido de níquel a un contenido máximo del 1,0 % o menos y preferentemente por debajo del 0,3 %.

[0018] Del mismo modo, opcionalmente, una adición de cobre con un contenido no superior al 5 % es un medio para endurecer el acero por precipitación de metal de cobre y mejorar la resistencia a la fractura retardada. Sin embargo, por encima de este contenido, el cobre es responsable de la aparición de defectos superficiales en láminas laminadas en caliente. Preferentemente, la cantidad de cobre es inferior al 2,0 %.

[0019] El titanio, vanadio y niobio también son elementos que pueden utilizarse opcionalmente para lograr el endurecimiento y el fortalecimiento mediante la formación de precipitados. Sin embargo, cuando el contenido de Nb o Ti es superior al 0,50 %, existe el riesgo de que una precipitación excesiva pueda causar una reducción de la dureza, que debe evitarse. Preferentemente, la cantidad de Ti está entre 0,040 y 0,50 % en peso o entre 0,030 % y 0,130 % en peso. Preferentemente, el contenido de titanio está entre 0,060 % y 0,40 %, y, por ejemplo, entre 0,060 % y 0,110 % en peso. Preferentemente, la cantidad de Nb está entre 0,070 % y 0,50 % en peso o 0,040 % y 0,220 % en peso. Preferentemente, el contenido de niobio está entre 0,090 % y 0,40 %, y ventajosamente entre 0,090 % y 0,200 % en peso. Preferentemente, la cantidad de vanadio está entre 0,1 % y 2,5 % y más preferentemente entre 0,1 y 1,0 %.

[0020] El cromo y el molibdeno se puede usar como elemento opcional para aumentar la resistencia del acero mediante el endurecimiento de la solución. Sin embargo, dado que el cromo reduce la energía de falla de apilamiento, su contenido no debe exceder el 1,0 % y preferentemente entre 0,070 % y 0,6 %. Preferentemente, el contenido de cromo está entre 0,20 y 0,5 %. El molibdeno se puede añadir en una cantidad de 0,40 % o menos, preferentemente en una cantidad entre 0,14 y 0,40 %.

[0021] Opcionalmente, el estaño (Sn) se agrega en una cantidad entre 0,06 y 0,2 % en peso. Sin querer limitarse a ninguna teoría, se cree que, dado que el estaño es un elemento noble y no forma una película de óxido delgado a altas temperaturas por sí solo, Sn se precipita en una superficie de una matriz en un recocido antes de una galvanización por inmersión en caliente para evitar que un elemento prooxidante tal como Al, Si, Mn o similares se difunda en la superficie y forme un óxido, mejorando así la galvanizabilidad. Sin embargo, cuando la cantidad añadida de Sn es menor que 0,06 %, el efecto no es distinto y un aumento en la cantidad añadida de Sn suprime la formación de óxido selectivo, mientras que cuando la cantidad añadida de Sn excede el 0,2 %, el Sn añadido hace que la falta de calor deteriore la viabilidad en caliente. Por lo tanto, el límite superior de Sn está limitado a 0,2 % o menos.

[0022] El acero también puede comprender impurezas inevitables resultantes del desarrollo. Por ejemplo, las impurezas inevitables pueden incluir, sin limitación alguna: O, H, Pb, Co, As, Ge, Ga, Zn y W. Por ejemplo, el contenido en peso de cada impureza es inferior al 0,1 % en peso.

[0023] Según la presente invención, el procedimiento comprende la etapa de alimentación A) de un semiproducto, tal como planchas, planchas delgadas o tiras de acero que tienen la composición descrita anteriormente, dicha plancha se funde. Preferentemente, el material de entrada fundido se calienta a una temperatura superior a 1000 °C, más preferentemente superior a 1050 °C y ventajosamente entre 1100 y 1300 °C o se utiliza directamente a dicha temperatura después de la fundición, sin enfriamiento intermedio.

[0024] El laminado en caliente se realiza a continuación a una temperatura preferentemente superior a 890 °C, o más preferentemente superior a 1000 °C para obtener, por ejemplo, una tira laminada en caliente que generalmente tiene un espesor de 2 a 5 mm, o incluso de 1 a 5 mm. Para evitar cualquier problema de agrietamiento debido a la falta de ductilidad, la temperatura final de laminado es preferentemente superior o igual a 850 °C.

[0025] Después del laminado en caliente, la tira tiene que enrollarse a una temperatura tal que no se produzca una precipitación significativa de carburos (esencialmente cementita (Fe,Mn)₃C), algo que resultaría en una reducción de ciertas propiedades mecánicas. La etapa de bobinado C) se realiza a una temperatura inferior o igual a 580 °C, preferentemente inferior o igual a 400 °C.

[0026] Se lleva a cabo una posterior operación de laminación en frío seguida de un recocido por recristalización. Estas etapas adicionales dan como resultado un tamaño de grano menor que el obtenido en una tira laminada en caliente y, por lo tanto, da como resultado propiedades de mayor resistencia. Por supuesto, debe llevarse a cabo si se desea obtener productos de menor espesor, que varían, por ejemplo, de 0,2 mm a unos pocos mm de espesor y preferentemente de 0,4 a 4 mm.

[0027] Un producto laminado en caliente obtenido por el procedimiento descrito anteriormente se lamina en frío después de que se haya realizado una posible operación previa de decapado de la manera habitual.

[0028] La primera etapa de laminación en frío D) se realiza con una tasa de reducción entre 30 y 70 %, preferentemente entre 40 y 60 %.

[0029] Después de esta etapa de laminación, los granos están altamente endurecidos y es necesario llevar a

cabo una operación de recocido de recristalización. Este tratamiento tiene el efecto de restaurar la ductilidad y reducir simultáneamente la resistencia. Preferentemente, este recocido se lleva a cabo de forma continua. Ventajosamente, el recocido de recristalización E) se realiza entre 700 y 900 °C, preferentemente entre 750 y 850 °C, por ejemplo, durante 10 a 500 segundos, preferentemente entre 60 y 180 segundos.

5 **[0030]** A continuación, se realiza una segunda etapa de laminación en frío F) con una tasa de reducción entre 1 y 50 %, preferentemente entre 10 y 40 % y más preferentemente entre 20 % y 40 %. Permite la reducción del espesor del acero. Además, la lámina de acero fabricada según el procedimiento mencionado anteriormente, puede tener mayor resistencia a través del endurecimiento por tensión al someterse a una etapa de laminación. Adicionalmente, esta etapa induce una alta densidad de gemelos mejorando así las propiedades mecánicas de la lámina de acero.

[0031] Después del segundo laminado en frío, se realiza una etapa de recuperación G) para asegurar adicionalmente un alto alargamiento y capacidad de flexión de la lámina de acero laminada de nuevo. La recuperación se caracteriza por la eliminación o reorganización de dislocaciones mientras se mantienen gemelos en la microestructura de acero, introduciéndose defectos de dislocación por la deformación plástica del material.

[0032] Según la presente invención, el tratamiento térmico de recuperación se realiza mediante recubrimiento por inmersión en caliente, es decir, mediante la preparación de la superficie de la lámina de acero para la deposición del recubrimiento en un recocido continuo seguido de la inmersión en un baño metálico fundido. Por lo tanto, la etapa de recuperación y el recubrimiento por inmersión en caliente se realizan al mismo tiempo permitiendo el ahorro de costes y un aumento en la productividad en contra de la solicitud de patente KR201413333, donde el chapado por inmersión en caliente se realiza después del recocido por recristalización.

[0033] Sin querer limitarse a ninguna teoría, parece que el procedimiento de recuperación en la microestructura de acero comienza durante la preparación de la superficie de acero en un recocido continuo y se logra durante la inmersión en un baño fundido.

[0034] La preparación de la superficie de acero se realiza preferentemente calentando la lámina de acero desde la temperatura ambiente hasta la temperatura del baño fundido, es decir, entre 410 y 700 °C. En realizaciones preferidas de la invención, el ciclo térmico puede comprender al menos una etapa de calentamiento donde el acero se calienta a una temperatura por encima de la temperatura del baño fundido. Por ejemplo, la preparación de la superficie de la lámina de acero se puede realizar a 650 °C durante unos segundos seguido de la inmersión en un baño de zinc durante 5 segundos, estando la temperatura del baño a una temperatura de 450 °C.

[0035] Preferentemente, la temperatura del baño fundido está entre 410 y 700 °C dependiendo de la naturaleza del baño fundido.

[0036] Ventajosamente, la lámina de acero se sumerge en un baño a base de aluminio o un baño a base de zinc.

[0037] En una realización preferida de la invención, el baño a base de aluminio comprende menos del 15 % de Si, menos del 5,0 % de Fe, opcionalmente del 0,1 al 8,0 % de Mg y opcionalmente del 0,1 al 30,0 % de Zn, siendo el resto Al. Preferentemente, la temperatura de este baño está entre 550 y 700 °C, preferentemente entre 600 y 680 °C.

[0038] En otra realización preferida de la invención, el baño a base de zinc comprende 0,01-8,0 % de Al, opcionalmente 0,2-8,0 % de Mg, siendo el resto Zn. Preferentemente, la temperatura de este baño está entre 410 y 550 °C, preferentemente entre 410 y 460 °C.

[0039] El baño fundido también puede comprender impurezas y elementos residuales inevitables de los lingotes de alimentación o del paso de la lámina de acero en el baño fundido. Por ejemplo, las impurezas opcionales se eligen entre Sr, Sb, Pb, Ti, Ca, Mn, Sn, La, Ce, Cr, Zr o Bi, siendo el contenido en peso de cada elemento adicional inferior al 0,3 % en peso. Los elementos residuales de los lingotes de alimentación o del paso de la lámina de acero en el baño fundido pueden ser de hierro con un contenido de hasta el 5,0 %, preferentemente hasta el 3,0 % en peso.

[0040] Ventajosamente, la etapa de recuperación G) se realiza durante 1 segundo y 30 minutos, preferentemente entre 30 segundos y 10 minutos. Preferentemente, la inmersión en un baño fundido se realiza durante 1 a 60 segundos, más preferentemente entre 1 y 20 segundos y ventajosamente, entre 1 y 10 segundos.

[0041] Por ejemplo, se puede realizar una etapa de recocido después de la deposición de recubrimiento para obtener una lámina de acero galvanorrecocida.

[0042] Por lo tanto, se puede obtener una lámina de acero TWIP que tiene una matriz austenítica a partir del procedimiento según la invención.

[0043] Con el procedimiento según la presente invención, una lámina de acero TWIP que tiene una alta

resistencia, una excelente formabilidad y alargamiento se logra induciendo un alto número de gemelos gracias a las dos etapas de laminación en frío seguidas por una etapa de recuperación durante la cual se eliminan las dislocaciones, pero los gemelos se mantienen.

5 Ejemplo

[0044] En este ejemplo, se utilizaron láminas de acero TWIP con la siguiente composición en peso:

Calidad	% de C	% de Si	% de Mn	% de P	% de Cr	% de Al	% de Cu	% de V	% de N	% de S
A	0,595	0,2	18,3	0,034	-	0,785	1,68	0,18	0,01	≤ 0,030
B	0,894	0,513	18,64	0,02	0,109	0,003	0,156	0,002	0,0032	-
C	0,88	0,508	17,96	0,03	0,109	2,11	0,15	0,093	0,0043	-

10

[0045] En primer lugar, las muestras se calentaron y laminaron en caliente a una temperatura de 1200 °C. La temperatura de acabado del laminado en caliente se estableció en 890 °C y el bobinado se realizó a 400 °C después del laminado en caliente. A continuación, se realizó una 1ª laminación en frío con una relación de reducción de laminación en frío del 50 %. Posteriormente, se realizó un recocido de recristalización a 750 °C durante 180 segundos.

15 Posteriormente, la 2ª laminación en frío se realizó con una relación de reducción de laminación en frío del 30 %. Finalmente, para la muestra 1, se realizó una etapa de recuperación de calor durante 40 segundos en total. La lámina de acero se preparó primero mediante calentamiento en un horno hasta 675 °C, siendo el tiempo transcurrido entre 410 y 675 °C de 37 segundos y a continuación se sumergió en un baño fundido que comprende 9 % en peso de silicio, hasta 3 % de hierro, siendo el resto aluminio durante 3 segundos. La temperatura del baño fundido fue de 675 °C.

20

[0046] Para la muestra 2, se realizó una etapa de recuperación de calor durante 65 segundos en total. La lámina de acero se preparó primero mediante calentamiento en un horno hasta 650 °C, siendo el tiempo transcurrido entre 410 y 650 °C de 59 segundos y a continuación se sumergió en un baño fundido que comprende 9 % en peso de silicio, hasta 3 % de hierro, siendo el resto aluminio durante 6 segundos. La temperatura del baño fundido fue de

25 650 °C.

[0047] Para la muestra 3, se realizó un tratamiento térmico de recuperación en un horno durante 60 minutos a una temperatura de 450 °C. A continuación, la lámina de acero se recubrió mediante galvanización por inmersión en caliente con un recubrimiento de zinc, comprendiendo esta etapa una etapa de preparación de la superficie seguida por la inmersión en un baño de zinc durante 5 segundos.

30

Para las muestras 4 y 5, se realizó una etapa de recuperación de calor durante 65 segundos en total. La lámina de acero se preparó primero mediante calentamiento en un horno hasta 625 °C, siendo el tiempo transcurrido entre 410 y 650 °C de 15 segundos y a continuación se sumergió en un baño de zinc durante 30 segundos. La temperatura del baño fundido fue de 460 °C. A continuación, se analizaron microestructuras de todas con una SEM o microscopía electrónica de barrido para confirmar que no se produjo recristalización durante la etapa de recuperación. A continuación, se determinaron las propiedades mecánicas de las muestras. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

35

Muestras	Calidad	Etapas de recuperación realizada por recubrimiento por inmersión en caliente	Recuperación tiempo	Recuperado muestras	UTS (MPa)	Dureza (HV)	TE (%)
1*	A	Sí	40s	Sí	1181	378	-
2*	A	Sí	65s	Sí	1142	365	-
3	A	No	60min	Sí	1128	361	-
4*	B	Sí	45 s	Sí	1463	468	29
5*	C	Sí	45 s	Sí	1415	453	23

* según la presente invención.

40 **[0048]** Los resultados muestran que las muestras 1, 2, 4 y 5 se recuperaron mediante la aplicación del procedimiento según la presente invención. El ensayo 3 también se recuperó mediante la aplicación de un procedimiento que comprende una etapa de recuperación y una etapa de deposición de recubrimiento, ambas realizadas de forma independiente.

45 **[0049]** Las propiedades mecánicas de todas las muestras son altas, en particular para los ensayos 4 y 5.

[0050] El procedimiento realizado para manipular la muestra 3 llevó mucho más tiempo que el procedimiento según la invención. De hecho, a escala industrial, para llevar a cabo el procedimiento de la muestra 3, la línea de velocidad tiene que reducirse en gran medida, lo que provoca una pérdida significativa de productividad y un aumento
5 importante de los costes.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de producción de una lámina de acero TWIP laminada en frío, recuperada y recubierta que comprende las siguientes etapas sucesivas:
 - 5 A. alimentación de una plancha que tenga la siguiente composición:

$0,1 < C < 1,2 \%$,
 $13,0 \leq Mn \leq 25,0 \%$,
10 $S \leq 0,030 \%$,
 $P \leq 0,080 \%$,
 $N \leq 0,1 \%$,
 $Si \leq 3,0 \%$,

15 y sobre una base puramente opcional, uno o más elementos tales como

$Nb \leq 0,5 \%$,
 $B \leq 0,005 \%$,
 $Cr \leq 1,0 \%$,
20 $Mo \leq 0,40 \%$,
 $Ni \leq 1,0 \%$,
 $Cu \leq 5,0 \%$,
 $Ti \leq 0,5 \%$,
 $V \leq 2,5 \%$,
25 $Al \leq 4,0 \%$,
 $0,06 \leq Sn \leq 0,2 \%$,
 - estando constituido el resto de la composición de hierro e impurezas inevitables resultantes de la elaboración,
 - B. Recalentamiento de dicha plancha y laminación en caliente,
 - 30 C. Una etapa de bobinado,
 - D. Un primer laminado en frío,
 - E. Un recocido de recristalización,
 - F. Un segundo laminado en frío y
 - G. Un tratamiento térmico de recuperación realizado por recubrimiento por inmersión en caliente.
 - 35
2. Procedimiento según la reivindicación 1, donde el recalentamiento se realiza a una temperatura superior a 1000 °C y la temperatura final de laminación es de al menos 850 °C.
3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, donde la temperatura de bobinado se
40 realiza a una temperatura inferior o igual a 580 °C.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde la primera etapa de laminación en frío C) se realiza con una tasa de reducción entre 30 y 70 %.
- 45 5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde el recocido de recristalización D) se realiza entre 700 y 900 °C.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde la segunda etapa de laminación en frío E) se realiza con una tasa de reducción entre 1 y 50 %.
- 50 7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde la etapa de recubrimiento por inmersión en caliente comprende la preparación de la superficie de acero para la deposición del recubrimiento en un recocido continuo seguido de la inmersión en un baño metálico fundido.
- 55 8. Procedimiento según cualquiera de la reivindicación 7, donde durante la preparación de la superficie de acero, la lámina de acero se calienta desde la temperatura ambiente hasta la temperatura del baño fundido.
9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, donde la temperatura del baño fundido se encuentra entre 410 y 700 °C.
- 60 10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8, la recuperación se realiza sumergiendo la lámina de acero en un baño a base de aluminio o un baño a base de zinc.
11. Procedimiento según la reivindicación 10, donde el baño a base de aluminio comprende menos del 15 %
65 de Si, menos del 5,0 % de Fe, opcionalmente 0,1 a 8,0 % de Mg y opcionalmente 0,1 a 30,0 % de Zn, siendo el resto

Al.

12. Procedimiento según la reivindicación 11, donde la temperatura del baño fundido se encuentra entre 550 y 700 °C.
- 5 13. Procedimiento según la reivindicación 10, donde el baño a base de zinc comprende 0,01-8,0 % de Al, opcionalmente 0,2-8,0 % de Mg, siendo el resto Zn.
- 10 14. Procedimiento según la reivindicación 13, donde la temperatura del baño fundido se encuentra entre 410 y 550 °C.
15. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, donde la etapa de recuperación G) se realiza durante 1 segundo a 30 minutos.
- 15 16. Procedimiento, según la reivindicación 15, donde la etapa de recuperación se realiza durante 30 segundos a 10 minutos.
17. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, donde la inmersión en un baño fundido se realiza durante 1 a 60 segundos.
- 20 18. Procedimiento, según la reivindicación 17, donde la inmersión en un baño fundido se realiza durante 1 y 20 segundos.
19. Procedimiento, según la reivindicación 18, donde la inmersión en un baño fundido se realiza durante 1 a 10 segundos.
- 25 20. Lámina de acero TWIP laminada en frío, recuperada y recubierta que tiene una matriz austenítica que se puede obtener por el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19.