

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 613 618**

51 Int. Cl.:

**C21D 1/20** (2006.01)  
**C21D 8/02** (2006.01)  
**C21D 9/46** (2006.01)  
**C22C 38/02** (2006.01)  
**C22C 38/04** (2006.01)  
**C22C 38/06** (2006.01)  
**C22C 38/12** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.05.2012** **PCT/FR2012/000150**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.12.2012** **WO2012168567**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.05.2012** **E 12722751 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.11.2016** **EP 2718469**

54 Título: **Chapa de acero laminada en frío y revestida de cinc o de aleación de cinc, procedimiento de fabricación y utilización de tal chapa**

30 Prioridad:

**07.06.2011 WO PCT/FR2011/000331**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.05.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MBACKE, PAPA AMADOU MACTAR y**  
**MOULIN, ANTOINE**

74 Agente/Representante:

**SALVA FERRER, Joan**

ES 2 613 618 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

Chapa de acero laminada en frío y revestida de cinc o de aleación de cinc, procedimiento de fabricación y utilización de tal chapa.

5

**[0001]** La invención se refiere a la fabricación de chapas revestidas laminadas en frío que presentan un efecto «TRIP» (Transformation Induced Plasticity) para la fabricación de piezas por conformación, más particularmente destinadas a los vehículos terrestres de motor.

10 **[0002]** La reducción de las emisiones de gas de efecto invernadero en el ámbito de los transportes terrestres es hoy un problema que pasa por la reducción del peso de los vehículos a fin de reducir su consumo de carburante. Combinando esto con los requisitos de seguridad de los vehículos de nueva generación, los fabricantes de  
15 automóviles son empujados a utilizar cada vez más aceros de resistencia mecánica mejorada en la carrocería a fin de reducir el espesor de las piezas y, por tanto, el peso de los vehículos. Las piezas de los vehículos de nueva generación tienen sin embargo unas formas complejas que necesitan una ductilidad suficiente por parte de las chapas de acero de las cuales son eventualmente resultantes.

**[0003]** En esta perspectiva, los aceros denominados TRIP han conocido un gran desarrollo ya que combinan una resistencia elevada con una formabilidad elevada. Este buen compromiso entre la resistencia mecánica y la  
20 formabilidad resulta de su estructura compleja que comprende ferrita, que es un constituyente dúctil, los constituyentes más duros que son las islas de Martensita y de Austenita (MA) mayoritariamente austenita residual y, por último, la matriz de ferrita bainítica que tiene una resistencia mecánica y una ductilidad intermedia entre la ferrita y las islas MA. La capacidad de consolidación de los aceros de efecto TRIP es muy grande, lo que permite una buena distribución de las deformaciones en el caso de una colisión incluso durante la conformación de la pieza  
25 automóvil. Se pueden realizar así unas piezas tan complejas como con unos aceros convencionales, pero con unas propiedades mecánicas más elevadas, lo que autoriza una disminución de espesor para tener un pliego de condiciones funcional idéntico en términos de comportamiento mecánico. De esta forma, estos aceros son una respuesta eficaz a las exigencias de aligeramiento y de seguridad de los vehículos. En el ámbito de las chapas laminadas en caliente o laminadas en frío, este tipo de acero encuentra especialmente unas aplicaciones para unas  
30 piezas de estructuras y de seguridad para los vehículos automóviles.

Las exigencias recientes de aligeramiento y de reducción del consumo de energía han conducido a una demanda cierta de aceros TRIP, cuya resistencia mecánica  $R_m$  está comprendida entre 780 y 900 MPa y el alargamiento total es superior al 19% con una probeta de tipo ISO. Además de este nivel de resistencia y de ductilidad, estos aceros deben presentar una buena soldabilidad y una buena capacidad para la galvanización continua al temple. Estos  
35 aceros deben presentar igualmente una buena capacidad para el plegado.

**[0004]** Así, se conoce el documento JP2001254138 que describe unos aceros con la composición química: 0,05-0,3%C, 0,3-2,5% Si, 0,5-3,0% Mn y 0,001-2,0% Al, estando constituido el resto de hierro y de impurezas inevitables. La estructura comprende austenita residual cuya concentración másica en carbono es superior o igual al  
40 1% y la fracción volumétrica está comprendida entre el 3 y el 50% y ferrita cuyo factor de forma está comprendido entre 0,5 y 3 y el volumen comprendido entre el 50 y el 97%. Este documento hace referencia a un acero no revestido y la invención en el marco de esta patente no permite formar una chapa que necesite una resistencia mecánica particular asociada a una fuerte ductilidad para formar una pieza compleja y revestida de estructura automóvil. Se conoce también el documento WO2002101112 que describe por otro lado unos aceros con  
45 composición química: C: 0,0001 - 0,3%, Si: 0,001 - 2,5%, Mn: 0,001 - 3%, Al: 0,0001 - 4%, P: 0,0001 - 0,3%, S: 0,0001 - 0,1%, y opcionalmente uno o varios de los elementos siguientes: Nb, Ti, V, Zr, Hf y Ta en total entre 0,001 al 1%, B: 0,0001 al 0,1%, Mo: 0,001 al 5%, Cr: 0,001 al 25%, Ni: 0,001 al 10%, Cu: 0,001 al 5%, Co: 0,001 al 5%, W: 0,001 al 5%, e Y, REM, Ca, Mg y Ce en total entre el 0,0001 y el 1%, estando constituido el resto de hierro y de impurezas inevitables. La microestructura reivindicada está constituida por el 50 al 97% de ferrita o por el conjunto  
50 ferrita+bainita como estructura principal y por austenita como segunda fase con un contenido comprendido entre el 3 y el 50% en volumen total. La enseñanza de este documento no permite formar una chapa que necesite una resistencia mecánica particular asociada a una fuerte ductilidad para formar una pieza compleja y revestida destinada a una estructura automóvil. Se conoce también el documento US5,470,529 que describe la fabricación de chapa de aceros que presenta una buena combinación de resistencia y de expansión de orificio, de composición que  
55 contiene 0,05-0,3%C, menos del 1,0% de Si, 0,05-4%Mn, 0,1-2%Al con Si+Al=0,5-3%, 0-2,0%Cu, 0-1,0Ni%, con  $Ni \geq Cu/3$ , 0-5,0%Cr, 0-0,01%Ca, 0-0,10%Zr, 0-0,10%Nb, 0-0,10%Ti, 0-0,20%V, conteniendo la estructura al menos el 5% de austenita residual. Este documento no da no obstante información sobre la morfología de los compuestos M-A necesaria en vista de obtener una excelente resistencia a la propagación de las fisuras.

Se conoce también el documento EP1865 085 que describe la fabricación de chapas revestidas de acero que  
60 contienen 0,06-0,6%C, 0,1-2%Si, 0,01-3%Al, con Si+Al comprendido entre 1. y 4%, 1-6%Mn, con Si/Mn<0,4, conteniendo la superficie de chapa más de 10 óxidos compuestos/mm<sup>2</sup> que tienen una relación Mn/Si>0,5 y una dimensión máxima de 0,01 a 5  $\mu m$ , teniendo menos del 10% de tasa de recubrimiento superficial de óxido que contiene mayoritariamente silicio. Según este documento, la austenita residual debe estar presente en forma de

listones, es decir con un factor de alargamiento elevado.

Se conoce igualmente la publicación de A. Wasilkowska et al. «Microstructure and tensile behaviour of cold-rolled TRIP-aided steels», Journal of Materials Processing Technology, 157-158, 2004. Este documento hace referencia no obstante a unas chapas de acero TRIP no revestidas, cuya resistencia mecánica está limitada a 700 MPa.

- 5 La invención tiene como objetivo producir una chapa de acero revestida de Zn o de aleación de Zn con una combinación de los criterios de formabilidad, de revestibilidad y de soldabilidad mejorada. En efecto, una reducida sensibilidad a la fragilización por el Cinc líquido durante la penetración de este en el transcurso de la soldadura mejora el comportamiento en servicio de la pieza revestida y soldada. Esta fragilización se explica por una fusión del revestimiento a base de cinc o de aleación de cinc debida a las fuertes temperaturas impuestas por la soldadura. De
- 10 este modo, el Zn líquido penetra en las juntas de los granos austeníticos de acero y debilita estos últimos conduciendo a una aparición prematura de fisura en las zonas sometidas a fuertes tensiones externas durante la soldadura por punto por ejemplo.

- [0005] En este sentido, la invención tiene como objetivo poner a disposición unas chapas de acero de «efecto
- 15 TRIP» que presentan una resistencia mecánica comprendida entre 780 y 900 MPa conjuntamente con un alargamiento de ruptura superior al 19%. Dicha chapa debe poder revestirse con un revestimiento de Zn o de aleación de Zn y ser poco sensible a la penetración del Zn en las juntas de grano austenítico.

- [0006] La invención tiene como objetivo también poner a disposición un procedimiento de fabricación
- 20 económico evitando la adición de elementos de aleación costosos.

- [0007] Se puede fabricar la chapa por cualquier procedimiento de fabricación adaptado. Se prefiere no obstante aplicar un procedimiento de fabricación cuyas reducidas variaciones de los parámetros no conllevan modificaciones importantes de la microestructura o de las propiedades mecánicas.

- 25 [0008] De forma más particularmente preferida, se busca poner a disposición una chapa de acero fácilmente laminable en frío, es decir cuya dureza después de la etapa de laminado en caliente sea limitada de tal modo que los esfuerzos de laminado sigan siendo moderados durante la etapa de laminado en frío.

- 30 [0009] A tal efecto, la invención tiene como objeto una chapa de acero laminada en frío, recocida y revestida de cinc o de aleación de cinc cuya composición comprende, estando los contenidos expresados en peso,

$$0,17\% \leq C \leq 0,25\%$$

35

$$1,5\% \leq Mn \leq 2,0\%$$

$$0,50\% \leq Si \leq 1\%$$

40

$$0,50\% \leq Al \leq 1,2\%$$

$$B \leq 0,001\%$$

$$P \leq 0,030\%$$

45

$$S \leq 0,01\%$$

$$Nb \leq 0,030\%$$

$$Ti \leq 0,020\%$$

50

$$V \leq 0,015\%$$

$$\text{Cu} \leq 0,1\%$$

$$\text{Cr} \leq 0,150\%$$

$$\text{Ni} \leq 0,1\%$$

$$0\% \leq \text{Mo} \leq 0,150\%,$$

entendiéndose que  $\text{Si} + \text{Al} \geq 1,30\%$ ,

estando constituido el resto de la composición de hierro y de impurezas inevitables que resultan de la elaboración, estando constituida la microestructura, estando expresados los contenidos en fracción de superficie, del 65 al 85% de ferrita, estando constituida dicha ferrita por ferrita poligonal y ferrita bainítica, del 15 al 35% de islas de martensita y de austenita residual, comprendiendo dicha ferrita menos del 5% de ferrita no recristalizada, entendiéndose que el contenido total de austenita residual está comprendido entre el 10 y el 25% y que el contenido total de martensita es inferior o igual al 10%, el tamaño medio de dichas islas de martensita y de austenita residual es inferior a 1,3 micrómetros, siendo su factor de forma media inferior a 3, siendo dicho factor de forma el ratio entre la longitud y el ancho máximo de dichas islas de martensita y de austenita residual, la resistencia mecánica  $R_m$  está comprendida entre 780 y 900 MPa incluidos y el alargamiento con ruptura  $A\%$  es superior o igual al 19%.

**[0010]** La chapa según la invención puede presentar además las características siguientes, tomadas aisladamente o en combinación:

- la composición comprende, estando el contenido expresado en peso,

$$0,19\% \leq \text{C} \leq 0,23\%$$

- la composición comprende, estando el contenido expresado en peso,

$$1,6\% \leq \text{Mn} \leq 1,8\%$$

- la composición comprende, estando el contenido expresado en peso,

$$0,7\% \leq \text{Si} \leq 0,9\%$$

- la composición comprende, estando el contenido expresado en peso,

$$0,6\% \leq \text{Al} \leq 0,8\%$$

- la composición comprende, estando el contenido expresado en peso,

$$0\% < \text{B} \leq 0,0005\%$$

- más del 90% en proporción de superficie de las islas de Martensita y de austenita residual tienen un tamaño inferior o igual a dos micrómetros.

**[0011]** La invención tiene igualmente como objeto un procedimiento de fabricación de una chapa laminada en frío, recocida y revestida de cinc o de aleación de cinc que comprende las etapas según las cuales:

- Se suministra un acero de composiciones según la invención, después
- Se cuela dicho acero en forma de semi-producto; después
- Se recalienta dicho semi-producto a una temperatura comprendida entre 1.150 y 1.250 °C, después

- Se lamina en caliente dicho semi-producto recalentado terminando el laminado a una temperatura de fin de laminado  $T_{FL}$  superior o igual a  $Ar_3$  para obtener una chapa, después
- Se enrolla dicha chapa laminada en caliente a una temperatura  $T_{bob}$  comprendida entre 500 y 600 °C después,
- Se refrigera dicha chapa laminada en caliente hasta la temperatura ambiente, después
- 5 - Si es necesario, se decapa dicha chapa laminada en caliente, después
- Se lamina en frío dicha chapa, después
- Se recalienta dicha chapa laminada en frío a una velocidad  $V_c$  comprendida entre 1 y 30 °C/s hasta una temperatura  $T_r$  durante una duración  $t_r$  superior o igual a 15 segundos, seleccionándose dichas temperaturas y duración a fin de obtener una fracción de superficie comprendida entre el 35 y el 70% de austenita, siendo el resto
- 10 ferrita denominada poligonal, después
- Se refrigera dicha chapa laminada en frío hasta una temperatura  $T_{eg}$  comprendida entre 475 y 440 °C a una velocidad  $V_{ref}$  suficientemente rápida para permitir evitar la formación de perlita, después
- Se mantiene a la temperatura de igualación  $T_{eg}$  dicha chapa laminada en frío durante una duración  $t_{eg}$  comprendida entre 20 y 120 segundos, después
- 15 - Se reviste por inmersión al temple en caliente de forma continua dicha chapa laminada en frío en un baño de cinc o de aleación de cinc, después
- Se refrigera dicha chapa laminada en frío y revestida hasta la temperatura ambiente.

**[0012]** El procedimiento según la invención puede presentar además las características siguientes, tomadas  
20 aisladamente o en combinación:

- la temperatura de fin de laminado  $T_{FL}$  es superior a 900 °C.
- la temperatura de fin de laminado  $T_{FL}$  es superior o igual a 920 °C.
- el punto de rocío durante el recocido a  $T_r$  durante  $t_r$  está comprendido entre -20 °C y -15 °C.
- 25 - la temperatura de recocido  $T_r$  está comprendida entre  $Ac_1+50$  °C y  $Ac_3-50$  °C.
- la temperatura de recocido  $T_r$  está comprendida entre  $Ac_1+50$  °C y  $Ac_1+170$  °C.
- la duración  $t_{eg}$  estará comprendida entre 30 y 80 segundos de preferencia.
- la duración  $t_{eg}$  estará comprendida de forma ideal entre 30 y 60 segundos

30 **[0013]** La chapa según la invención es apta para la soldadura por resistencia por punto.

**[0014]** La invención tiene igualmente como objeto la utilización de una chapa laminada en frío recocida y  
35 revestida, según la invención u obtenida por un procedimiento según la invención para la fabricación de piezas de estructuras o de seguridad para los vehículos terrestres de motor.

**[0015]** Otras características y ventajas de la invención se mostrarán en el transcurso de la descripción  
posterior, dada a título de ejemplo y realizada en referencia a las figuras anexas adjuntas según las cuales:

- La figura 1 presenta las dimensiones de la probeta de tracción utilizada para medir las propiedades mecánicas,  
40 estas dimensiones se numeran en la tabla 4.
- La figura 2 presenta un ejemplo de microestructura de una chapa de acero según la invención con en blanco las islas MA y en negro la matriz que comprende ferrita poligonal y bainita.
- La figura 3 presenta un ejemplo de la distribución de los factores de forma de las islas MA de la invención según su longitud máxima respectiva.

45 **[0016]** Así en el marco de la invención, la influencia de la fracción de austenita formada durante el mantenimiento intercrítico y su combinación con la temperatura de igualación sobre el comportamiento mecánico final de la chapa de acero se ha revelado.

50 **[0017]** El carbono desempeña un papel importante en la formación de la microestructura y en las propiedades mecánicas en términos de ductilidad y de resistencia a través del efecto TRIP: por debajo del 0,17% en peso, la resistencia mecánica se vuelve insuficiente. Más allá del 0,25%, la soldabilidad se vuelve cada vez más reducida mientras que el efecto TRIP se mejorará. De manera preferencial, el contenido en carbono se encontrará entre el 0,19 y el 0,23% incluidos.

55 **[0018]** El manganeso es un elemento endurecedor por solución sólida de sustitución que aumenta la templabilidad y ralentiza la precipitación de carburos. Un contenido mínimo del 1,5% en peso es necesario para obtener las propiedades mecánicas deseadas. No obstante, más allá del 2%, su carácter gammágeno conduce a la formación de una estructura en bandas demasiado marcada que puede perjudicar a las propiedades de  
60 conformación de la pieza de estructura automóvil, además la revestibilidad se reducirá. De manera preferencial, el contenido en manganeso estará comprendido entre el 1,6 y el 1,8% incluidos.

**[0019]** La estabilización de la austenita residual se vuelve posible por la adición de silicio y de aluminio que

ralentizan considerablemente la precipitación de los carburos durante el ciclo de recocido y, más particularmente, durante la transformación bainítica. Esto va a permitir el enriquecimiento de la austenita en carbono, llevando a su estabilización a la temperatura ambiente sobre la chapa de acero recocida. Posteriormente, la aplicación de una tensión exterior, de conformación por ejemplo, va a conducir a la transformación de esta austenita en martensita.

5 Esta transformación está en el origen del buen compromiso entre la resistencia mecánica y la ductilidad de los aceros TRIP.

**[0020]** El silicio es un elemento que se endurece en solución sólida de sustitución. Este elemento desempeña además un papel importante en la formación de la microestructura ralentizando la precipitación de los carburos durante el palier de igualación después de la refrigeración primaria, esto permite concentrar el Carbono en la austenita residual para su estabilización. El silicio desempeña un papel efectivo combinado con el del aluminio cuyo mejor resultado se obtiene, con respecto a las propiedades contempladas, más allá del 0,50%. No obstante, una adición de silicio en cantidad superior al 1% corre el riesgo de perjudicar la capacidad de revestimiento al temple favoreciendo la formación de óxidos adherentes a la superficie de los productos: su contenido debe estar limitado al 15 1% en peso para facilitar la revestibilidad al temple. Preferencialmente, el contenido en silicio estará comprendido entre el 0,7 y el 0,9% incluidos. Además, el silicio disminuye la soldabilidad: un contenido inferior o igual al 1% permite garantizar simultáneamente una capacidad muy buena de soldadura así como una buena revestibilidad.

**[0021]** El aluminio desempeña un papel importante en la invención ralentizando fuertemente la precipitación de los carburos, su efecto se combina con el del silicio, entendiéndose que los contenidos ponderales de silicio y de aluminio son tales que:  $Si+Al \geq 1,30\%$  a fin de retardar suficientemente la precipitación de los carburos y estabilizar la austenita residual. Este efecto se obtiene cuando el contenido de aluminio es superior al 0,50% y cuando este es inferior al 1,2%. Preferentemente, este será inferior o igual al 0,8% y superior o igual al 0,6%. Se considera en efecto habitualmente que unos contenidos elevados en Al incrementan la erosión de los refractarios y el riesgo de taponado de las buzas durante la colada del acero antes del laminado. Además el aluminio segrega negativamente y puede conducir a unas macro-segregaciones. En cantidad excesiva, el aluminio disminuye la ductilidad en caliente y aumenta el riesgo de aparición de defectos en colada continua. Sin un control exhaustivo de las condiciones de colada, los defectos de tipo micro y macro segregaciones dan, in fine, una segregación central sobre la chapa de acero recocida. Esta banda central será más dura que su matriz circundante y perjudica a la formabilidad del material.

**[0022]** Más allá de un contenido en azufre del 0,01%, la ductilidad se reduce debido a la presencia excesiva de sulfuros tales como MnS (sulfuros de manganeso) que disminuyen la capacidad de deformación, es en efecto una fuente de iniciación de fisuras. Además, es un elemento residual del que se desea limitar el contenido.

**[0023]** El fósforo es un elemento que se endurece en solución pero que disminuye considerablemente la soldabilidad por puntos y la ductilidad en caliente, particularmente debido su capacidad de segregación en las juntas de granos o su tendencia a la co-segregación con el manganeso. Por estas razones, su contenido debe estar limitado al 0,03% a fin de obtener una buena capacidad de soldadura por puntos y una buena ductilidad en caliente. Además, es un elemento residual del que se desea limitar el contenido.

**[0024]** El molibdeno desempeña un papel eficaz en la templabilidad, la dureza y retrasa la aparición de la bainita. No obstante, su adición aumenta excesivamente el coste de las adiciones de elementos de aleación, así por razones económicas, su contenido se limita al 0,150% incluso al 0,100%.

**[0025]** El cromo, por su papel en la templabilidad, contribuye igualmente a retrasar la formación de ferrita proeutectoide. Además, este elemento es un endurecedor por solución sólida en sustitución, no obstante, por razones económicas, su contenido está limitado al 0,150% incluso al 0,100% ya que es un elemento de aleación costoso.

50 **[0026]** El níquel, que es un potente estabilizador de austenita, va a promocionar la estabilización de esta última. No obstante, más allá del 0,1%, el coste de la adición de elementos de aleación es financieramente poco viable. El contenido en níquel está limitado por tanto al 0,1%, por razones económicas.

**[0027]** El cobre, que es también un estabilizador de austenita, va a promover la estabilización de esta última. No obstante, más allá del 0,1%, el coste de la adición de elementos de aleación se vuelve financieramente prohibitivo. El contenido en cobre está limitado por tanto al 0,1% por razones económicas.

**[0028]** El boro actúa fuertemente sobre la templabilidad del acero. Limita la actividad del carbono y limita las transformaciones de fase difusivas (transformación ferrítica o bainítica durante la refrigeración), impulsando así a la formación de fases endurecedoras tales como la martensita. Este efecto no es deseable en la invención ya que se desea promover la transformación bainítica a fin de estabilizar la austenita y evitar la formación de una proporción de superficie demasiado fuerte de Martensita. Así, el contenido en boro está limitado al 0,001%.

**[0029]** Los elementos de microaleación tales como el niobio, el titanio y el vanadio están limitados respectivamente a los contenidos máximos de 0,030%, 0,020% y 0,015% ya que estos elementos tienen la particularidad de formar unos precipitados endurecedores con el carbono y/o el nitrógeno que tienden también a reducir la ductilidad del producto. Además, retrasan la recrystalización durante la etapa de calentamiento y mantiene el recocido y afinan por tanto la microestructura, lo que endurece también el material.

**[0030]** El resto de la composición está constituido de hierro y de impurezas inevitables que resultan de la elaboración.

**[0031]** Los aceros de efecto denominado TRIP tienen una microestructura que comprende unas islas de austenita residual y de martensita denominadas «islas MA» así como de ferrita. Esta ferrita que puede disociarse en dos categorías: la ferrita denominada intercrítica que es la ferrita poligonal, formada durante el mantenimiento después del calentamiento durante el recocido a  $T_r$  y la ferrita denominada bainítica, exenta de carburos, formada, después del mantenimiento, durante la refrigeración primaria y durante el palier de igualación durante el recocido. El término «ferrita» englobará estas dos subcategorías en lo sucesivo. La martensita, presente en la microestructura, no es deseada pero su presencia es difícilmente evitable.

**[0032]** Las propiedades ventajosas de la chapa según la invención se obtienen gracias a la combinación de una microestructura que comprende ferrita poligonal, ferrita bainítica y unas islas de austenita residual y martensita con una composición química particular y definida en las reivindicaciones.

**[0033]** Se evitará, en el marco de la invención, formar más del 5% de ferrita no recrystalizada. Esta proporción de ferrita no recrystalizada se evalúa de la siguiente forma: después de haber identificado la fase ferrítica en el seno de la microestructura, se cuantifica el porcentaje de superficie de ferrita no recrystalizada relacionada con la totalidad de la fase ferrítica. Esta ferrita no recrystalizada presenta muy poca ductilidad, es fuente de iniciación de fisura durante la conformación final y no permite obtener las características contempladas por la invención.

**[0034]** Según la invención, la microestructura está constituida, estando los contenidos expresados en fracción de superficie, por un 65 a 85% de ferrita, 15 a 35% de islas de martensita y de austenita residual, entendiéndose que el contenido total de austenita residual está comprendido entre el 10 y el 25% y que el contenido total de martensita es inferior o igual al 10% en proporción de superficie.

**[0035]** Una cantidad de islas MA inferior al 15% no permite aumentar de forma significativa la resistencia al deterioro. Así, el alargamiento total del 19% no se conseguiría. Además, siendo duras las islas MA, si su contenido es inferior al 15%, se corre el riesgo de no lograr los 780 MPa pretendidos. Más allá del 35%, sería necesario un contenido en carbono elevado para estabilizarlo suficientemente y esto perjudicaría a la soldabilidad del acero. Preferentemente, el contenido másico de carbono de la austenita residual es superior al 0,8% a fin de obtener islas MA suficientes estables a temperatura ambiente. La ferrita permite en el marco de la invención mejorar la ductilidad, la presencia de esta estructura dúctil es necesaria a fin de alcanzar el 19% de alargamiento total pretendido. La ferrita bainítica permite estabilizar la austenita residual.

**[0036]** La figura 2 ilustra una microestructura según la invención con una imagen resultante de un microscopio óptico. Las islas MA aparecen en blanco y la ferrita está en negro. No se distingue en esta fase la ferrita poligonal de la ferrita bainítica ya que el aumento es demasiado reducido y en los dos casos, se tiene una estructura cúbica centrada desde el punto de vista cristalográfico. Siendo la principal diferencia que la ferrita bainítica tiene una densidad de separación y un contenido en carbono superior a la ferrita inter-crítica poligonal.

**[0037]** Por ejemplo, el procedimiento según la invención puede constar de las etapas sucesivas siguientes:

Se suministra un acero de composición según la invención, después se procede a la colada de un semi-producto a partir de este acero. Esta colada se puede realizar en lingotes o de forma continua en forma de desbastes

Los semi-productos son llevados en primer lugar a una temperatura  $T_{rech}$  superior a 1.150 °C e inferior a 1.250 °C para alcanzar en cualquier punto una temperatura favorable a las deformaciones elevadas que va a sufrir el acero durante el laminado. Este intervalo de temperatura permite estar en el ámbito austenítico.

**[0038]** No obstante, si la temperatura  $T_{rech}$  es superior a 1.275 °C, los granos austeníticos crecen de forma no deseada y llevarán a una estructura final más gruesa.

- Se lamina en caliente el semi-producto en un ámbito de temperatura donde la estructura del acero es por tanto totalmente austenítica: si la temperatura de fin de laminado  $T_{FL}$  es inferior a la temperatura de inicio de transformación de la austenita en ferrita en la refrigeración  $Ar_3$ , los granos de ferrita son martilleados por el laminado y la ductilidad se reduce considerablemente. Preferentemente, se escogerá una temperatura de fin de laminado  $T_{FL}$

superior a 900 °C. De manera incluso preferente, la temperatura de fin de laminado  $T_{FL}$  será superior o igual a 920 °C.

- A continuación, se enrolla el producto laminado en caliente a una temperatura  $T_{bob}$  comprendida entre 500 y 600 °C. Esta gama de temperatura permite obtener una transformación bainítica completa durante el mantenimiento casi isoterma asociado al enrollado seguido de una refrigeración lenta. Una temperatura de enrollado superior a 600 °C conduce a la formación de óxidos no deseados. Cuando la temperatura de enrollado es demasiado baja, la dureza del producto aumenta, lo que aumenta los esfuerzos necesarios durante el laminado en frío posterior.

- A continuación, si es necesario, se puede decapar el producto laminado en caliente según un procedimiento conocido en sí mismo, después se efectúa un laminado en frío con una tasa de reducción comprendida preferentemente entre el 30 y el 80%.

- Se calienta a continuación el producto laminado en frío, preferentemente en el seno de una instalación de recocido continuo, con una velocidad media de calentamiento  $V_c$  comprendida entre 1 y 30 °C/s. En relación con la temperatura de recocido  $T_r$  a continuación, esta gama de velocidad de calentamiento permite obtener una fracción de ferrita no recrystalizada inferior al 5%.

**[0039]** El calentamiento se efectúa hasta una temperatura de recocido  $T_r$ , comprendida de preferencia entre la temperatura  $Ac_1$  (temperatura de inicio de transformación alotrópica al calentamiento) + 50 °C y  $Ac_3$  (temperatura de fin de transformación alotrópica al calentamiento) – 50 °C y durante un tiempo  $t_r$  escogidos de tal modo que se obtiene entre el 35 y el 70% de austenita inter-crítica. Esto podrá obtenerse especialmente escogiendo, por razón de economía de energía, la temperatura  $T_r$  entre  $Ac_1+50$  °C y  $Ac_1+170$  °C. Cuando la  $T_r$  es inferior a ( $Ac_1+50$  °C), la estructura puede constar incluso de las zonas de ferrita no recrystalizada cuya fracción de superficie puede alcanzar el 5%. Una temperatura de recocido  $T_r$  según la invención permite obtener una cantidad de austenita inter-crítica suficiente para formar posteriormente a la refrigeración de la ferrita en cantidad tal que la austenita residual estará suficientemente estabilizada y se alcanzarán las características mecánicas deseadas.

**[0040]** Cuando la fracción de austenita inter-crítica es superior al 70%, en la temperatura  $T_r$ , Su concentración en carbono es reducida, esto conduce a una transformación posterior demasiado rápida y demasiado abundante en ferrita poligonal y bainítica respectivamente durante la refrigeración y del palier de igualación entre 440 y 475 °C. Siendo la ferrita una fase poco dura, su presencia en cantidad demasiado grande no permitirá alcanzar el objetivo de 780 MPa y tener un alargamiento total  $\geq 19\%$ .

**[0041]** La duración de mantenimiento  $t_{rec}$  está comprendida entre 15 y 300 s. Una duración de mantenimiento mínima  $t_r$  superior o igual a 15 segundos a la temperatura  $T_r$  permite la disolución de los carburos y, sobre todo, una transformación suficiente en austenita. El efecto se satura más allá de una duración de 300 s. Un tiempo de mantenimiento superior a 300 s es igualmente difícilmente compatible con las exigencias de productividad de las instalaciones de recocido continuo, en particular la velocidad de desplazamiento de la bobina.

**[0042]** Al final del mantenimiento de recocido, se refrigera la chapa hasta alcanzar una temperatura próxima a la temperatura  $T_{eg}$ , siendo la velocidad de refrigeración  $V_{ref}$  suficientemente rápida para evitar toda transformación en la refrigeración y, particularmente, la formación de perlita ávida de carbono. A tal efecto, la velocidad de refrigeración  $V_{ref}$  es preferentemente superior a 5 °C/s. Una transformación parcial de la austenita en ferrita interviene en esta fase. Esta permite, durante la expulsión del C hacia la austenita, siendo este poco soluble en la ferrita, estabilizar esta última para promover el efecto TRIP.

**[0043]** El mantenimiento en la gama de temperatura de 440 °C a 475 °C debe ser superior a 20 segundos a fin de permitir la estabilización de la austenita por enriquecimiento en carbono de dicha austenita e inferior a 120 s de forma que se limite la proporción de superficie de ferrita y se limite al máximo la precipitación de carburos. En efecto, más allá de 120 segundos, la cementita  $Fe_3C$  precipita y reduce por lo tanto el contenido en carbono disponible para el efecto TRIP a partir de la austenita residual. Así, se obtiene, a la vez una reducida resistencia mecánica debido a una austenita que se descompone y se aligera en carbono y un reducido alargamiento debido a un efecto TRIP con una austenita menos estable ya que es menos rica en carbono. Esta austenita presentará unas islas que se transformarán en martensita de manera prematura durante una carga mecánica. Siendo la martensita poco dúctil, el alargamiento total del acero se va a reducir.

**[0044]** De manera preferencial, la duración de mantenimiento  $t_{eg}$  a la temperatura  $T_{eg}$  estará comprendida entre 30 y 80 segundos. De manera ideal, estará comprendida entre 30 y 60 segundos para tener un efecto óptimo sobre la microestructura y las propiedades mecánicas.

**[0045]** A continuación se efectúa la galvanización al temple por inmersión en un baño de cinc o de aleación de cinc cuya temperatura  $T_{Zn}$  puede estar comprendida entre 440 y 475 °C.

**[0046]** Por ejemplo, la composición del baño de cinc o de aleación de Zn puede ser tal que:

$Al(\%) + Fe(\%) + 10 (Pb+Cd) < 0,55\%$ , estando constituido el complemento al 100% de Zn.

**[0047]** Se refrigera a continuación el producto galvanizado a una velocidad  $V_{ref2}$  superior a 2 °C/s hasta la temperatura ambiente. Se obtiene de este modo una chapa de acero laminada en frío, recocida y galvanizada que  
5 comprende en proporción de superficie del 65 al 85% de ferrita y del 15 al 35% de islas de Martensita y de austenita residual, entendiéndose que el contenido en austenita residual está comprendido entre el 10 y el 25%.

**[0048]** A fin de promover el fenómeno de oxidación interno de los elementos fácilmente oxidables tales como el manganeso, el aluminio y el silicio y facilitar así el depósito del revestimiento a base de cinc sobre la chapa, el  
10 recocido en el horno después del laminado en frío se efectúa con un punto de rocío elevado, es decir con un aumento del flujo de oxígeno en el metal.

**[0049]** En efecto, cuando el recocido se efectúa en una atmósfera que tiene un punto de rocío de -40 °C o menos, el producto presenta una humectabilidad redhibitoria y el cinc depositado no cubre al cien por cien la  
15 superficie de la chapa. Además, una mala adherencia del revestimiento a base de cinc se ha podido poner en evidencia con este punto de rocío a -40 °C.

**[0050]** En cambio, con un punto de rocío comprendido entre -20 °C y -15 °C, la humectabilidad y la adherencia del revestimiento a base de cinc se mejorarán considerablemente.

20 **[0051]** Los procedimientos de revestimiento por electro-cincado o el depósito por PVD para «Physical Vapor Deposition» también es conveniente.

**[0052]** La presente invención se va a ilustrar ahora a partir de los ejemplos siguientes dados a título no  
25 limitativo:

Se han elaborado unos aceros cuya composición figura en la tabla posterior, expresada en porcentaje ponderal. Habiendo servido los aceros IX1, IX2, IX3 e IX4 para la fabricación de chapas según la invención, se ha indicado, a título de comparación la composición de los aceros R1 a R6 que han servido para la fabricación de chapas de  
30 referencia.

Tabla 1 Composiciones de aceros (% peso). Ri = Referencias n°i

| Acero                                            | C (%) | Mn (%) | Si (%) | Al (%) | Si+Al (%) | B (%)   | P (%)  | S (%)  | Nb (%) | Ti (%) | Cu (%) | Cr (%) | Ni (%) | Mo (%) | N (%)   |
|--------------------------------------------------|-------|--------|--------|--------|-----------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| IX1                                              | 0,215 | 1,670  | 0,805  | 0,695  | 1,500     | 0,0004  | 0,0086 | 0,0018 | 0,0006 | 0,0051 | 0,020  | 0,038  | 0,0174 | 0,0020 | 0,0045  |
| LX2                                              | 0,170 | 1,750  | 0,775  | 0,605  | 1,360     | 0,0002  | 0,023  | 0,0024 | 0,001  | 0,002  | 0,006  | 0,012  | 0,020  | 0,015  | 0,0007  |
| IX3                                              | 0,205 | 1,780  | 0,775  | 0,705  | 1,460     | 0,0003  | 0,025  | 0,0023 | 0,001  | 0,002  | 0,005  | 0,012  | 0,016  | 0,003  | 0,0007  |
| IX4                                              | 0,170 | 1,622  | 0,727  | 0,840  | 1,667     | 0,0002  | 0,016  | 0,0021 | 0,030  | 0,0045 | 0,024  | 0,025  | 0,021  | 0,002  | 0,0004  |
| R1                                               | 0,175 | 1,615  | 0,326  | 1,225  | 1,551     | 0,00035 | 0,08   | 0,0020 | 0,0003 | 0,0120 | 0,017  | 0,020  | 0,021  | 0,0019 | 0,0042  |
| R2                                               | 0,200 | 1,647  | 1,599  | 0,035  | 1,634     | 0,0003  | 0,010  | 0,004  | 0,001  | 0,0020 | 0,008  | 0,015  | 0,019  | 0,0020 | 0,0043  |
| R3                                               | 0,160 | 1,720  | 0,775  | 0,605  | 1,360     | 0,0002  | 0,025  | 0,0021 | 0,003  | 0,002  | 0,006  | 0,012  | 0,018  | 0,015  | 0,0004  |
| R4                                               | 0,155 | 1,611  | 0,793  | 0,797  | 1,580     | 0,0003  | 0,019  | 0,0011 | 0,001  | 0,012  | 0,001  | 0,003  | 0,001  | 0,001  | 0,00011 |
| R5                                               | 0,159 | 1,593  | 0,806  | 0,765  | 1,591     | 0,0001  | 0,023  | 0,0015 | 0,003  | 0,044  | 0,001  | 0,009  | 0,001  | 0,009  | 0,0003  |
| R6                                               | 0,166 | 1,605  | 0,722  | 0,835  | 1,557     | 0,0004  | 0,017  | 0,001  | 0,041  | 0,0045 | 0,024  | 0,025  | 0,020  | 0,005  | 0,0004  |
| Valores destacados: no conformes a la invención. |       |        |        |        |           |         |        |        |        |        |        |        |        |        |         |

**[0053]** Unos semi-productos colados correspondientes a las composiciones anteriores han sido colados, recalentados a 1.230 °C después laminados en caliente en un ámbito donde la estructura es completamente austenítica. Las condiciones de fabricación de estos productos laminados en caliente (temperatura de fin de laminado  $T_{FL}$  y temperatura de enrollado  $T_{bob}$ ) son idénticas a la tabla 2.

Tabla 2: condiciones de fabricación de los productos laminados en caliente

| Acero | $T_{FL}$ (°C) | Ar3 (°C) | $T_{bob}$ (°C) |
|-------|---------------|----------|----------------|
| IX1   | 920           | 713      | 580            |
| IX2   | >920          | 716      | 550            |
| IX3   | >920          | 702      | 550            |
| IX4   | >920          | 726      | 535            |
| R1    | 910           | 726      | 550            |
| R2    | 915           | 715      | 540            |
| R3    | 922           | 721      | 560            |
| R4    | >920          | 774      | 540            |
| R5    | >920          | 690      | 540            |
| R6    | >920          | 687      | 540            |

10 **[0054]** Los productos laminados en caliente han sido decapados todos a continuación, laminados después en frío con una tasa de reducción comprendida entre el 30 y el 80%. A partir de una misma composición, ciertos aceros han sido objeto de diferentes condiciones de fabricación.

15 **[0055]** La tabla 3 indica las condiciones de fabricación de las chapas recocidas después del laminado en frío:

- Velocidad de calentamiento  $V_c$
- Contenido en austenita inicial al final del mantenimiento (intercrítico)  $V_{init}$
- Temperatura de recocido  $T_r$
- Tiempo de mantenimiento al recocido  $t_r$
- 20 - Velocidad de refrigeración después del recocido  $V_{ref}$
- Velocidad de refrigeración después de la galvanización  $V'_{ref}$
- Temperatura de igualación  $T_{eg}$
- Duración sobre el palier de igualación  $t_{eg}$

25 **[0056]** Las temperaturas de transformación  $Ac_1$  y  $Ac_3$  se han llevado igualmente a la tabla 3.

**[0057]** Se ha determinado igualmente la microestructura de los aceros TRIP con cuantificación del contenido en austenita residual. Las fracciones de superficie de islas MA se han cuantificado después del ataque de tipo metabisulfito, Klemm o Lepera seguidas por un análisis de imagen gracias al software Aphelion<sup>TM</sup>.

30 **[0058]** Todas las chapas se han revestido de Zn.

**[0059]** Las temperaturas de fin de laminado se han estimado en ciertos casos pero estas siguen estando comprendidas entre 900 y 1.000 °C cuando se menciona que son superiores a 920 °C.

35 **[0060]** La inscripción «n.e» significa «no evaluado».

Tabla 3: condiciones de fabricaciones de las chapas laminadas en frío y recocidas

| Ensayo | Composición de acero | $V_c$ (°C/s) | $A_{c1}-A_{c3}$ (°C) | $T_r$ (°C) | $t_r$ (s) | $Y_{init}$ (%) | $V_{ref}$ (°C/s) | $T_{eg}$ (°C) | $t_{eg}$ (s) | $V'_{ref}$ (°C/s) |
|--------|----------------------|--------------|----------------------|------------|-----------|----------------|------------------|---------------|--------------|-------------------|
| 1      | IX1                  | 4            | 729-920              | 815        | 45        | 37             | 35               | 460           | 45           | 5                 |
| 2      | IX1                  | 4            | 729-920              | 850        | 45        | 62             | 35               | 460           | 45           | 5                 |
| 3      | IX1                  | 5            | 729-920              | 770        | 45        | 25             | 35               | 460           | 45           | 5                 |

# ES 2 613 618 T3

|                                                 |     |     |          |     |     |         |      |     |     |     |
|-------------------------------------------------|-----|-----|----------|-----|-----|---------|------|-----|-----|-----|
| 4                                               | IX1 | 4,4 | 729-920  | 840 | 55  | 60      | 55,5 | 430 | 180 | 8,7 |
| 5                                               | IX2 | 4,4 | 721-1059 | 800 | 67  | 30      | 34   | 460 | 43  | 5   |
| 6                                               | IX2 | 4,4 | 721-1059 | 830 | 67  | 35      | 34   | 480 | 43  | 5   |
| 7                                               | IX3 | 4,4 | 729-1090 | 800 | 67  | 35      | 34   | 460 | 43  | 6   |
| 8                                               | IX3 | 4,4 | 729-1090 | 830 | 67  | 40      | 34   | 460 | 43  | 5   |
| 9                                               | IX4 | 4,4 | 727-1154 | 780 | 67  | 30      | 34   | 460 | 43  | 5   |
| 10                                              | IX4 | 4,4 | 727-1154 | 820 | 67  | 35      | 34   | 460 | 43  | 5   |
| 11                                              | IX4 | 4,4 | 727-1154 | 850 | 67  | 40      | 34   | 460 | 43  | 5   |
| 12                                              | IX4 | 3   | 727-1154 | 800 | 128 | 32      | 21   | 460 | 314 | 6   |
| 13                                              | R1  | 6   | 729-1115 | 850 | 39  | 40      | 47   | 460 | 33  | 7   |
| 14                                              | R1  | 6   | 720-1115 | 770 | 39  | 24      | 44   | 460 | 33  | 6   |
| 15                                              | R2  | 4   | 752-875  | 830 | 46  | 50 a 65 | 32   | 460 | 45  | 4,4 |
| 16                                              | R2  | 3   | 752-875  | 830 | 118 | 50 a 65 | 37   | 400 | 270 | 87  |
| 17                                              | R3  | 5,5 | 726-1050 | 830 | 37  | 40 a 55 | 40   | 460 | 36  | 6   |
| 18                                              | R3  | 4,4 | 726-1050 | 830 | 37  | 40 a 55 | 56   | 420 | 180 | 6   |
| Valores destacados: no conformes a la invención |     |     |          |     |     |         |      |     |     |     |

Tabla 3 (continuación): condiciones de fabricaciones de las chapas laminadas en frío y recocidas

| Ensayo                                          | Composición de acero | Vc (°C/s) | $\gamma_{init}$ (%) | Tr  | $A_{c1}-A_{c3}$ (°C) | $t_r$ (s) | $V_{ref}$ (°C/s) | $T_{eg}$ (°C) | $t_{eg}$ (s) | $V'_{ref}$ (°C/s) |
|-------------------------------------------------|----------------------|-----------|---------------------|-----|----------------------|-----------|------------------|---------------|--------------|-------------------|
| 19                                              | R4                   | 5,5       | 20                  | 780 | 729-1149             | 36        | 43               | 460           | 34           | 5,5               |
| 20                                              | R4                   | 5,5       | 25                  | 850 | 729-1149             | 36        | 43               | 460           | 34           | 5,5               |
| 21                                              | R5                   | 5,5       | 20                  | 780 | 717-1138             | 36        | 43               | 460           | 34           | 5,5               |
| 22                                              | R5                   | 5,5       | 25                  | 850 | 717-1138             | 36        | 43               | 460           | 34           | 5,5               |
| 23                                              | R6                   | 5,5       | 20                  | 780 | 714-1147             | 36        | 43               | 460           | 34           | 5,5               |
| 24                                              | R6                   | 5,5       | 25                  | 850 | 714-1147             | 36        | 43               | 460           | 34           | 5,5               |
| Valores destacados: no conformes a la invención |                      |           |                     |     |                      |           |                  |               |              |                   |

**[0061]** Las propiedades mecánicas de tracción obtenidas (límite de elasticidad  $R_e$ , resistencia  $R_m$ , alargamiento de ruptura  $A$  se han llevado a la tabla 5 a continuación. Estas se obtienen utilizando una probeta de tipo ISO 20x80 con las dimensiones de la tabla 4 ilustradas en la figura 1. Las tracciones uni-axiales que permiten obtener estas propiedades mecánicas se realizan en el sentido perpendicular al del laminado en frío.

Tabla 4: dimensiones de las probetas de tracción, estando expresadas las unidades en mm (la figura 1 ilustra las longitudes mencionadas)

| Tipo      | b  | Lo | Lc  | R  | T  | Lt  | Dimensiones desbaste |
|-----------|----|----|-----|----|----|-----|----------------------|
| ISO 20x80 | 20 | 80 | 100 | 20 | 30 | 260 | 260 x 32             |

**[0062]** La capacidad para la revestibilidad se ha cuantificado de la siguiente forma: una chapa se pliega en bloque a 180°, después, sobre la superficie exterior plegada se aplica un scotch, durante la retirada del scotch, si el revestimiento es adherente, el revestimiento no se retira. Si el revestimiento no es adherente, el revestimiento se retira con el scotch.

**[0063]** Del mismo modo, la sensibilidad a la fragilización por penetración de Zn líquido es evaluada por una prueba de soldadura sobre pieza revestida de Zn. Consistiendo la prueba en observar al microscopio las fisuras y su profundidad según el material y el procedimiento utilizado, la clasificación se hace a continuación en relativo.

**[0064]** Para estas dos pruebas, la evaluación se expresa de 1 (mala revestibilidad/ sensible al Zn líquido) a 5 (muy buena capacidad para la revestibilidad/ poco sensible al Zn líquido). Unos resultados calificados 1-2 se consideran como no satisfactorios.

Tabla 5 Resultados obtenidos sobre las chapas laminadas en frío y recocidas

| Chapa de acero                                  | Fracción (MA %) | Re (MPa) | Re (MPa) | A (%) | Sensibilidad al Zn líquido | Revestibilidad al Zn líquido | Longitud media de las islas MA (µm) |
|-------------------------------------------------|-----------------|----------|----------|-------|----------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| 1                                               | 19              | 444      | 796      | 27    | 3                          | 5                            | 1,06                                |
| 2                                               | 22              | 445      | 787      | 27    | 3                          | 5                            | 1,06                                |
| 3                                               | ≤15             | 425      | 735      | 28    | 3                          | 5                            | n.e                                 |
| 4                                               | ≤15             | 460      | 730      | 32    | 3                          | 5                            | n.e                                 |
| 5                                               | 16<X<21         | 376      | 802      | 22    | 4                          | 5                            | <1,3                                |
| 6                                               | 15<X<21         | 380      | 805      | 22    | 4                          | 5                            | <1,3                                |
| 7                                               | 15<X<21         | 389      | 844,5    | 19    | 3                          | 5                            | 1,04                                |
| 8                                               | 15<X<21         | 386      | 829      | 20    | 3                          | 5                            | 1,04                                |
| 9                                               | 15<X<21         | 560      | 889      | 20    | 4                          | 5                            | <1,1                                |
| 10                                              | 15<X<21         | 568      | 860      | 19    | 4                          | 5                            | <1,1                                |
| 11                                              | 15<X<21         | 557      | 861      | 19    | 4                          | 5                            | <1,1                                |
| 12                                              | 15<X<21         | 577      | 857      | 15,3  | 4                          | 5                            | <1,1                                |
| 13                                              | 15              | 475      | 735      | 27    | 4                          | 5                            | n.e                                 |
| 14                                              | 13              | 429      | 684      | 29    | 4                          | 5                            | n.e                                 |
| 15                                              | >22             | 437      | 933      | 21,6  | 2                          | 2                            | 1,6                                 |
| 16                                              | 20              | 540      | 820      | 31    | 2                          | 2                            | 1,74                                |
| 17                                              | ≤15             | 474      | 735      | 24    | 3                          | 5                            | n.e                                 |
| 18                                              | ≤15             | 450      | 705      | 25,4  | 3                          | 5                            | n.e                                 |
| 19                                              | ≤15             | 411      | 737      | 27    | 4                          | 5                            | n.e                                 |
| 20                                              | ≤15             | 426      | 729      | 28    | 4                          | 5                            | n.e                                 |
| 21                                              | ≤15             | 700      | 963      | 15    | 4                          | 5                            | n.e                                 |
| 22                                              | ≤15             | 640      | 875      | 17    | 4                          | 5                            | n.e                                 |
| 23                                              | ≤15             | 555      | 869      | 14    | 4                          | 5                            | n.e                                 |
| 24                                              | ≤15             | 557      | 880      | 18    | 4                          | 5                            | n.e                                 |
| Valores destacados: no conformes a la invención |                 |          |          |       |                            |                              |                                     |

**[0065]** Las chapas de aceros según la invención presentan un conjunto de características microestructurales y mecánicas que permiten la fabricación ventajosa de piezas, especialmente para unas aplicaciones de piezas de estructura: resistencia comprendida entre 780 y 900 MPa, alargamiento de ruptura superior al 19% con una probeta de tipo ISO 20x80 tal como se ha descrito por la tabla 4, buena capacidad para la revestibilidad y poco sensible a la fragilización por la penetración del Cinc líquido.

La figura 2 ilustra la morfología de la chapa de acero 1 con las islas MA en blanco.

**[0066]** Las chapas IX1, IX2, IX3 e IX4 son conformes a la invención desde el punto de vista de la composición química. Los ensayos asociados a estas composiciones que van de 1 a 12 permiten mostrar la estabilidad de las propiedades obtenidas y demostrar los límites del procedimiento de fabricación para obtener la chapa de la invención.

**[0067]** Las composiciones químicas IX1, IX2, IX3 e IX4 asociadas a los ensayos según la invención (1,2 y 5 a 11 incluidos) son poco sensibles a la penetración del cinc líquido, especialmente durante la soldadura por resistencia por puntos. Estos presentan una buena revestibilidad y unas islas MA que tienen, de manera sorprendente, una media de 1,06 micrómetros, por tanto unos granos finos. Además, su resistencia mecánica está comprendida entre 780 y 900 MPa y su alargamiento total es ampliamente superior al 19%. La figura 2 ilustra la microestructura de la chapa del ensayo 1. Cada isla de Martensita/Austenita denominada «isla MA» se caracteriza por su longitud máxima y su anchura máxima. Sobre la base de una muestra representativa de más de 100 islas caracterizadas, la media de la longitud de las islas es increíblemente baja e igual a 1,06 micrómetros. El intervalo de confianza es del 95% para tener una media situada entre 0,97 y 1,15 micrómetros. La isla más pequeña se ha medido a 0,38 micrómetros y la más larga a 3,32 micrómetros. El primer cuartil, ya sea la isla de mayor tamaño del 25% de las islas más pequeñas, se ha medido a 0,72 micrómetros; mientras que el tercer cuartil, ya sea la más pequeña del 25% de las islas más largas, se ha medido a 1,29 micrómetros. La mediana se calcula a 0,94 micrómetros. La proximidad entre la mediana y la media es un buen indicador de que los datos presentan una distribución centrada sobre una longitud de 1 micrómetro dentro de 0,1  $\mu\text{m}$ . Las islas MA están caracterizadas también por su factor de forma, es decir el ratio

$$\frac{L_{\max}}{L_{\min}}$$

entre su longitud y su anchura máxima  $L_{\min}$ . Las islas MA del ensayo 1 tienen una distribución de factor de forma representada por la figura 3. La media de los factores de forma es de 2,15. El intervalo de confianza es del 95% para tener una media de factor de forma situada entre 1,95 y 2,34.

**[0068]** El ensayo 3 asociado a la composición química IX1 tiene un contenido en austenita al final de mantenimiento  $\gamma_{\text{init}}$  demasiado bajo ya que la temperatura de mantenimiento está por debajo de  $\text{Ac1}+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , en consecuencia, la fracción de superficie de islas MA final es demasiado reducida y esta característica microestructural está asociada a una disminución de la resistencia mecánica en el marco de la invención. El ensayo 4 asociado a la composición química IX1 ha visto un recocido a una temperatura que permite obtener el 60% de  $\gamma_{\text{init}}$  y se encuentra por tanto en el intervalo reivindicado por la invención. No obstante, la temperatura de galvanización  $T_{\text{eg}}$  es de  $430\text{ }^{\circ}\text{C}$ , es por tanto demasiado baja y el tiempo de igualación  $t_{\text{eg}}$  es de 180 segundos, lo que es demasiado largo. Así, la fracción de superficie de dichas islas es demasiado reducida y la consecuencia es una resistencia mecánica inferior a 780 MPa.

**[0069]** El ensayo 12, asociado a la composición química IX4, ha visto un palier de igualación  $t_{\text{eg}}$  de 314 segundos, lo que está por encima de la especificación en el marco de la invención que es de 120 segundos, así el alargamiento total es demasiado reducido al 15,3%.

**[0070]** R1 presenta una composición química que se sale del objetivo de la invención. En efecto R1 presenta un contenido en Si demasiado reducido es un contenido en fósforo demasiado elevado. Así, los ensayos 13 y 14 presentan una propiedades de resistencia mecánicas no satisfactorias con respecto a los objetivos de la invención ya que por debajo de 780 MPa a pesar de un respeto de las condiciones de fabricación para el ensayo 13. El ensayo 14 presenta también una temperatura de recocido  $T_r$  inferior a  $\text{Ac1}+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**[0071]** Las composiciones químicas R3 y R4 no son conformes a la invención ya que los contenidos máxicos en carbono son inferiores al 0,17%. Los ensayos 17, 18, 19 y 20 asociados a R3 (17 y 18) y R4 (19 y 20) no permiten alcanzar 780 MPa. Las fracciones de islas MA obtenidas al final de dicho recocido son demasiado reducidas ya que no hay bastante carbono para estabilizar la austenita y formar suficientes islas MA. El contenido de estas últimas es por tanto demasiado reducido y, por consiguiente, la resistencia mecánica es inferior a 780 MPa para estos ensayos.

**[0072]** La composición química R2 no es conforme a la invención ya que el contenido en Si es superior al 1% y la de aluminio inferior al 0,5%. Dos ensayos son resultantes de esta composición química, los ensayos 15 y 16. El ensayo 15 no corresponde a la invención a pesar de un ciclo de recocido correspondiente a la reivindicación. La fracción de islas MA al final de dicho recocido es demasiado elevada debido al doble efecto endurecedor del silicio y de su poder ferritizante inferior al del Aluminio. En efecto, la ferrita es una estructura blanda comparada con las islas

MA y la utilización de los elementos ferritizantes pule la chapa de acero, el aluminio habría servido aquí para reequilibrar las durezas para obtener una chapa cuya resistencia mecánica es inferior a 900 MPa. Así, la resistencia mecánica de la chapa de acero 15 es superior a 900 MPa y el tamaño medio de las islas MA es netamente superior a 1,3 micrómetros. Igual tamaño de grano va a facilitar la conectividad entre los granos y acelerar la propagación de una fisura ya formada. Además, la sensibilidad a la penetración del Cinc (2/5) líquido de esta referencia es inferior al mínimo contemplado para la invención (3/5).

**[0073]** El ensayo 16 no corresponde a la invención, el tamaño medio de las islas MA está ampliamente por encima de 1,3 micrómetros. Además, el contenido en silicio va a llevar a la formación de óxidos de silicio en superficie durante el recocido antes de la galvanización al temple. Así, la revestibilidad de este producto será inferior a la nota mínima contemplada de 3 sobre 5. Su sensibilidad a la penetración del cinc líquido es también inferior a 3 sobre 5.

**[0074]** La composición química R5 no corresponde a la invención. El contenido en carbono es inferior al 0,17% y el contenido en Ti es superior al 0,020%. Se obtiene, como se muestra por los ensayos 21 y 22, que no se logra el objetivo de alargamiento del 19%.

**[0075]** La composición química R6 no corresponde a la invención ya que el contenido en niobio es superior al 0,030%. Los ejemplos 23 y 24 muestran que no se logra el objetivo de alargamiento del 19%.

**[0076]** Las chapas de aceros según la invención se utilizarán con beneficio para la fabricación de piezas de estructuras o de seguridad en los vehículos terrestres de motor. Los ejemplos siguientes se dan a título no limitativo: travesaños, largueros, montante.

# REIVINDICACIONES

1. Chapa de acero laminada en frío revestida de cinc o de aleación de cinc cuya composición comprende, estando expresados los contenidos en peso,

5

$$0,17\% \leq C \leq 0,25\%$$

$$1,5\% \leq Mn \leq 2,0\%$$

10

$$0,50\% \leq Si \leq 1\%$$

$$0,50\% \leq Al \leq 1,2\%$$

15

$$B \leq 0,001\%$$

$$P \leq 0,030\%$$

$$S \leq 0,01\%$$

20

$$Nb \leq 0,030\%$$

$$Ti \leq 0,020\%$$

25

$$V \leq 0,015\%$$

$$Cu \leq 0,1\%$$

$$Cr \leq 0,150\%$$

30

$$Ni \leq 0,1\%$$

$$0\% \leq Mo \leq 0,150\%,$$

entendiéndose que  $Si + Al \geq 1,30\%$ .

35

estando constituido el resto de la composición de hierro y de impurezas inevitables que resultan de la elaboración, la microestructura se constituye, estando expresados los contenidos en fracción de superficie:

- del 65 al 85% de ferrita, estando constituida dicha ferrita por ferrita poligonal y por ferrita bainítica y

40 - del 15 al 35% de islas de martensita y de austenita residual,

comprendiendo dicha ferrita menos del 5% de ferrita no recristalizada, entendiéndose que el contenido total en austenita residual está comprendido entre el 10 y el 25% y que el contenido total en martensita es inferior o igual al 10%, el tamaño medio de dichas islas de martensita y de austenita residual es inferior a 1,3 micrómetros, siendo su

factor de forma medio inferior a 3, siendo dicho factor de forma el ratio entre la longitud y el ancho máximo de dichas islas de martensita y de austenita residual, la resistencia mecánica Rm de la chapa está comprendida entre 780 y 900 MPa incluidos y el alargamiento de ruptura A% es superior o igual al 19%,

- 5 2. Chapa de acero según la reivindicación 1, cuya composición comprende, estando expresado el contenido en peso,

$$0,19\% \leq C \leq 0,23\%$$

- 10 3. Chapa de acero según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, cuya composición comprende, estando expresado el contenido en peso,

$$1,6\% \leq Mn \leq 1,8\%.$$

- 15 4. Chapa de acero según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 3, cuya composición comprende, estando expresado el contenido en peso,

$$0,7\% \leq Si \leq 0,9\%$$

- 20 5. Chapa de acero según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 4, cuya composición comprende, estando expresado el contenido en peso,

$$0,6\% \leq Al \leq 0,8\%$$

- 25 6. Chapa de acero según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 5, cuya composición comprende, estando expresado el contenido en peso,

$$0\% < B \leq 0,0005\%$$

- 30 7. Chapa de acero según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 6, de la cual, más del 90% en proporción de superficie de dichas islas de Martensita y de austenita residual tienen un tamaño inferior o igual a dos micrómetros.

- 35 8. Procedimiento de fabricación de una chapa laminada en frío y revestida de cinc o de aleación de cinc que comprende las etapas según las cuales:

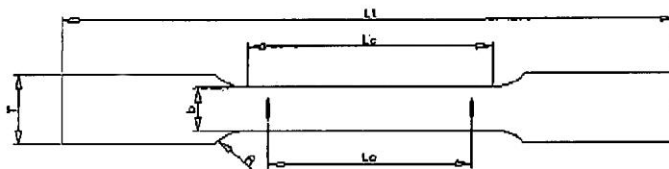
- Se suministra un acero de composición según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 7, después
- Se cuela dicho acero en forma de semi-producto; después
- 40 - Se recalienta dicho semi-producto a una temperatura comprendida entre 1.150 y 1.250 °C, después
- Se lamina en caliente dicho semi-producto recalentado terminando el laminado a una temperatura de fin de laminado T<sub>FL</sub> superior o igual a Ar3 para obtener una chapa, después
- Se enrolla dicha chapa laminada en caliente a una temperatura T<sub>bob</sub> comprendida entre 500 y 600 °C después,
- Se refrigera dicha chapa laminada en caliente hasta la temperatura ambiente, después
- 45 - Si es necesario, se decapa dicha chapa laminada en caliente, después
- Se lamina en frío dicha chapa, después
- Se recalienta dicha chapa laminada en frío a una velocidad V<sub>c</sub> comprendida entre 1 y 30 °C/s hasta una temperatura T<sub>r</sub> durante una duración t<sub>r</sub> superior o igual a 15 segundos, seleccionándose dichas temperaturas y duraciones a fin de obtener una fracción de superficie comprendida entre el 35 y el 70% de austenita, después
- 50 - Se refrigera dicha chapa laminada en frío hasta una temperatura T<sub>eg</sub> comprendida entre 475 y 440 °C a una velocidad V<sub>ref</sub> suficientemente rápida para permitir evitar la formación de perlita, después
- Se mantiene a la temperatura de igualación T<sub>eg</sub> dicha chapa laminada en frío durante una duración t<sub>eg</sub> comprendida entre 20 y 120 segundos, después
- Se reviste por inmersión al temple en caliente de forma continua dicha chapa laminada en frío en un baño de cinc o

de aleación de cinc, después

- Se refrigera dicha chapa laminada en frío y revestida hasta la temperatura ambiente.

9. Procedimiento de fabricación de una chapa según la reivindicación 8, para el cual dicha temperatura  $T_{FL}$  será superior a 900 °C.
10. Procedimiento de fabricación de una chapa según la reivindicación 8, para el cual dicha temperatura  $T_{FL}$  será superior o igual a 920 °C.
- 10 11. Procedimiento de fabricación de una chapa según cualquiera de las reivindicaciones de 8 a 10, para el cual el punto de rocío durante el recocido a la temperatura  $T_r$  durante la duración  $t_r$  está comprendido entre -20 °C y -15 °C.
12. Procedimiento de fabricación de una chapa según cualquiera de las reivindicaciones de 8 a 11, para el  
15 cual dicha temperatura  $T_r$  está comprendida entre  $Ac1+50$  °C y  $Ac3-50$  °C.
13. Procedimiento de fabricación de una chapa según cualquiera de las reivindicaciones de 8 a 11, para el cual dicha temperatura  $T_r$  está comprendida entre  $Ac1+50$  °C y  $Ac1+170$  °C.
- 20 14. Procedimiento de fabricación de una chapa según cualquiera de las reivindicaciones de 8 a 13, para el cual dicha duración  $t_{eg}$  está comprendida entre 30 y 80 segundos.
15. Procedimiento de fabricación de una chapa según cualquiera de las reivindicaciones de 8 a 13, para el cual dicha duración  $t_{eg}$  está comprendida entre 30 y 60 segundos.
- 25 16. Procedimiento de fabricación de una pieza por soldadura de al menos una chapa laminada en frío y revestida según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 7 u obtenida por el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones de 8 a 15 en el cual se suelda dicha chapa por soldadura por resistencia por punto.
- 30 17. Utilización de una chapa de acero laminada en frío y revestida según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 7 u obtenida por el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones de 8 a 16, para la fabricación de piezas de estructuras o de seguridad para los vehículos terrestres de motor.

Figura 1



Conformación: no destacada

Código de campo modificado

Figura 2

