

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 612 515**

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)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.05.2012 PCT/FR2012/000174**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.11.2012 WO12153016**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.05.2012 E 12728627 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2016 EP 2707514**

54 Título: **Chapa de acero de altas características mecánicas de resistencia, de ductilidad y de formabilidad, procedimiento de fabricación y utilización de tales chapas**

30 Prioridad:
10.05.2011 WO PCT/FR2011/000286

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.05.2017

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

72 Inventor/es:
**ALLAIN, SÉBASTIEN;
MAHIEU, JAN;
CROUVIZIER, MICKAËL DENIS;
MASTRORILLO, THIERRY y
HENNION, ARNAUD**

74 Agente/Representante:
SALVA FERRER, Joan

ES 2 612 515 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Chapa de acero de altas características mecánicas de resistencia, de ductilidad y de formabilidad, procedimiento de fabricación y utilización de tales chapas

5

[0001] La presente invención abarca la fabricación de chapas de aceros denominadas «multifásicas», que presentan simultáneamente una resistencia mecánica y una capacidad de deformación que permiten realizar unas operaciones de conformación en frío. La invención se refiere más precisamente a unos aceros que presentan una resistencia mecánica superior a 1.000 MPa, un alargamiento uniforme superior al 12% y una plegabilidad en V superior a 90°. Los vehículos terrestres de motor (automóviles, cosechadoras, remolques, semirremolques...) constituyen especialmente un ámbito de aplicación de estas chapas de aceros para aplicaciones posibles a las piezas de estructura, los elementos de refuerzos incluso la fabricación de piezas resistentes a la abrasión.

[0002] La gran demanda de reducción de emisiones de gas con efecto invernadero, asociada al crecimiento de las exigencias de seguridad automovilística y los precios del carburante han impulsado a los fabricantes de vehículos terrestres de motor 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 a la vez que se mantienen los rendimientos de resistencia mecánica de las estructuras. En esta perspectiva, los aceros que combinan una resistencia elevada a una formabilidad suficiente para la conformación sin aparición de fisuras toman una importancia creciente. Se han propuesto así, en el tiempo y de manera sucesiva, varias familias de aceros que ofrecen diversos niveles de resistencia mecánica.

[0003] Se han propuesto unos aceros que constan de unos elementos de micro-aleación cuyo endurecimiento se obtiene simultáneamente por afinado del tamaño de granos y por precipitaciones finas. El desarrollo de aceros cada vez más duros ha conocido a continuación el crecimiento de los aceros denominados «Dual Phase» donde la presencia de martensita en el seno de una matriz dúctil ferrítica permite obtener una resistencia mecánica superior a 400 MPa asociada a una buena capacidad a la formación en frío.

[0004] Con el objetivo de alcanzar unas características de resistencia mecánica, ductilidad y formabilidad incluso más ventajosas para la industria del automóvil por ejemplo, se han desarrollado los aceros «TRIP» para «Transformation Induced Plasticity». Estos últimos tienen una estructura compleja que comprende: una estructura dúctil, la ferrita, así como la martensita que es una estructura dura que aporta las altas características mecánicas y la austenita residual que contribuye a la vez a la resistencia y a la ductilidad gracias al efecto TRIP.

[0005] Este efecto TRIP designa un mecanismo según el cual, bajo una deformación posterior, por ejemplo durante una tensión uniaxial, la austenita residual de una chapa o pieza de acero TRIP se transforma progresivamente en martensita, lo que se traduce por una consolidación importante que retrasa así la aparición de fisura. No obstante, los aceros denominados TRIP presentan unas resistencias mecánicas inferiores a 1.000 MPa ya que su contenido en ferrita poligonal que es una estructura poco resistente y muy dúctil, es superior a un cuarto de la proporción de superficie total.

[0006] A fin de responder a esta demanda de aceros de resistencia mecánica superior a 1.000 MPa, es por tanto necesario reducir la fracción de estructura de baja resistencia mecánica y reemplazar esta por una fase más endurecedora. Sin embargo, se conoce que en el dominio de los aceros al carbono, un aumento de la resistencia mecánica se acompaña generalmente de una pérdida de ductilidad. Además, los fabricantes de vehículos terrestres de motor que definen unas piezas cada vez más complejas que necesitan unos aceros que permiten alcanzar una plegabilidad superior o igual a 90° sin aparición de una fisura.

[0007] Los contenidos en elementos químicos indicados a continuación con de porcentaje másico.

50

[0008] Se ha podido tener conocimiento de la patente WO2007077933 que informa de una microestructura compuesta de Bainita, de martensita y de austenita residual. La composición química de la chapa reivindicada comprende 0,10-0,60%C, 1,0-3,0% Si, 1-3,5% Mn, hasta 0,15% de P, hasta 0,02% de S, hasta 1,5% de Al, y 0,003 al 2% de Cr, estando constituido el resto por hierro e impurezas. La microestructura en el marco de esta patente se obtiene durante el recocido por un mantenimiento después de la refrigeración primaria bajo el punto de inicio de transformación martensítica Ms. Se obtiene de hecho una microestructura que comprende una mezcla de martensita revenida y/o particionada. La principal ventaja reivindicada es una mejora de la resistencia por el deterioro en el hidrógeno. La presencia de martensita, que es un componente endurecedor en una matriz bainítica más blanda, no permitirá alcanzar la ductilidad y la plegabilidad esperadas en el marco de la invención.

[0009] Por otra parte, se tiene conocimiento de la patente GB 2 452 231 que describe la fabricación de chapas de una resistencia superior a 980 MPa con una resistencia satisfactoria a la ruptura diferida y una capacidad satisfactoria para la expansión de orificio y la soldadura por punto. La composición química de la chapa comprende 5 0,12-0,25% C, 1,0-3,0% Si, 1,5-3% Mn, hasta 0,15% de P, hasta 0,02% de S hasta 0,4% de Al, estando constituido el resto de hierro y de impurezas. Además, el ratio del contenido en peso de Si sobre el de C, Si/C está comprendido en el intervalo 7-14. La microestructura de la chapa comprende al menos el 50% de ferrita bainítica, al menos el 3% de austenita residual en listones y austenita en forma masiva, cuyo tamaño medio es inferior o igual a 10 micrómetros, estando presente esta austenita bajo forma masiva a la altura del 1% hasta la mitad del contenido en 10 austenita en listones. Esta patente no aporta información en cuanto a la plegabilidad de la chapa producida y menciona la ausencia de carburos en la bainita.

[0010] Se tiene conocimiento igualmente de la publicación US2010/0307644 A1, relativa a la fabricación de chapas laminadas en frío y recocidas con una resistencia mecánica superior a 1.200 MPa. Estas chapas tienen una 15 microestructura que comprende del 15 al 90% de bainita, estando constituido el resto por islas de martensita y de austenita residual. Este documento no divulga no obstante la presencia de una precipitación controlada por carburos entre los listones de bainita. Además, no consta de enseñanza sobre la influencia de la ferrita poligonal sobre la capacidad de plegado.

20 **[0011]** El objetivo de la presente invención es resolver los problemas mencionados más arriba. Tiene como objetivo poner a disposición un acero laminado en frío que presenta una resistencia mecánica superior a 1.000 MPa, conjuntamente con un alargamiento uniforme superior al 12%. La invención tiene como objetivo igualmente poner a disposición un acero con una capacidad de conformación tal como un ángulo de 90° se alcanza durante un pliegue en V sin aparición de fisura.

25 **[0012]** De preferencia, la invención tiene igualmente como objetivo poner a disposición un acero cuya composición no consta de elementos de micro-aleación costosos tales como el titanio, el niobio o el vanadio. De este modo, el coste de fabricación disminuye y los esquemas de fabricación termomecánicos se simplifican.

30 **[0013]** A tal efecto, la invención tiene como objeto una chapa de acero laminada en frío y recocida de resistencia mecánica superior o igual a 1.000 MPa, de alargamiento uniforme superior o igual al 12% cuya composición comprende, estando expresados los contenidos en peso,

$$0,15\% \leq C \leq 0,25\%$$

$$1,8\% \leq Mn \leq 3,0\%$$

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

$$Al \leq 0,10\%$$

$$0\% \leq Cr \leq 0,50\%$$

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

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

$$S \leq 0,005\%$$

$$P \leq 0,020\%$$

$$Nb \leq 0,015\%$$

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

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

$$Co \leq 1\%$$

$$N \leq 0,008\%$$

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

5 entendiéndose que

$$Mn+Ni+Cu \leq 3\%$$

10 estando constituido el resto de la composición de hierro y de impurezas inevitables que resultan de la elaboración, estando constituida la microestructura, en proporciones de superficie, del 5 al 20% de ferrita poligonal, del 10 al 15% de austenita residual, del 5 al 15% de martensita, estando constituido el equilibrio por bainita en forma de listones y que comprenden entre dichos listones unos carburos tales como el número N de los carburos inter-listones de tamaño superior a 0,1 micrómetro por unidad de superficie es inferior o igual a 50.000/mm².

15 **[0014]** La chapa según la invención puede presentar además las características siguientes, tomadas aisladamente o en combinación:

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

$$- 0,18\% \leq C \leq 0,22\%$$

20

- la composición comprende, estando expresado el contenido en peso

$$- 2\% \leq Mn \leq 2,6\%$$

25

- la composición comprende, estando expresado el contenido en peso

$$- 1,4\% \leq Si \leq 1,8\%$$

- la composición comprende, estando expresado el contenido en peso

$$- 0\% \leq Cr \leq 0,35\%$$

5

- El ángulo de plegado en V a partir del cual aparece la fisura es superior o igual a 90°.
 - la chapa de acero consta además de un revestimiento de cinc o de aleación de cinc.

10 **[0015]** La invención tiene igualmente como objeto un procedimiento de fabricación de una chapa de acero laminada en frío recocida de resistencia superior o igual a 1.000 MPa y de alargamiento superior o igual al 12%, cuyo ángulo de plegado en V a partir del cual aparece la fisura es superior o igual a 90°, que comprende las etapas según las cuales:

- 15 - se suministra un acero de composición la invención, a continuación
 - se cuela dicho acero en forma de semi-producto, a continuación
 - se lleva dicho semi-producto a una temperatura T_{rech} superior a 1.150 °C para obtener un semi-producto recalentado, a continuación
 - se lamina en caliente dicho semi-producto recalentado, siendo la temperatura de fin de laminado en caliente T_{fl} superior o igual a 850 °C para obtener una chapa laminada en caliente, a continuación
 20 - se enrolla dicha chapa laminada en caliente a una temperatura T_{bob} comprendida entre 540 y 590 °C para obtener una chapa laminada en caliente enrollada, a continuación
 - se refrigera dicha chapa laminada en caliente enrollada hasta la temperatura ambiente, a continuación
 - se efectúa un recocido denominado base de dicha chapa laminada en caliente enrollada de tal modo que la resistencia mecánica sea inferior o igual a 1.000 MPa en cualquier punto de dicha chapa laminada en caliente enrollada, a continuación
 25 - se desenrolla y se decapa dicha chapa laminada en caliente enrollada recocida de forma que se obtenga una chapa laminada en caliente apta para el laminado en frío, a continuación
 - se lamina en frío dicha chapa laminada en caliente apta para el laminado en frío con una tasa de reducción comprendida entre el 30 y el 80% de forma que se obtenga una chapa laminada en frío, a continuación
 30 - se recuece dicha chapa laminada en frío recalentándola a una velocidad V_c comprendida entre 2 y 6 °C por segundo hasta una temperatura T_1 comprendida entre Ac3-15 °C y Ac3-45 °C, durante una duración t_1 superior o igual a 50 segundos, a continuación
 - se refrigera dicha chapa laminada en frío sometiéndola a una primera etapa de refrigeración a una velocidad de refrigeración comprendida entre 50 y 1.500 °C, a continuación a una segunda etapa de refrigeración tal que la temperatura de fin de refrigeración T_{fr} de dicha segunda etapa esté comprendida entre una temperatura T_{fr1} igual a M_s-20 °C y una temperatura T_{fr2} igual a M_s+40 °C, a continuación
 35 - se mantiene en el intervalo de temperatura comprendido entre T_{fr1} y T_{fr2} dicha chapa laminada en frío durante una duración t_2 comprendida entre 100 y 1.000 segundos, a continuación
 40 - se refrigera la chapa laminada en frío a una velocidad V_{R2} comprendida entre 3 y 25 °C por segundo hasta la temperatura ambiente de forma que se obtenga una chapa laminada en frío y recocida.

[0016] El procedimiento según la invención puede presentar además las características siguientes, tomadas aisladamente o en combinación:

- 45 - la temperatura T_{fl} es superior o igual a 900 °C,
 - el recocido base consta de un mantenimiento cuya temperatura T_m y el tiempo t_m son tales que:

$$2,29 \times T_m (\text{°C}) + 18,6 \times t_m (\text{h}) \geq 1238,$$

50

siendo la temperatura de mantenimiento T_m además superior a 410 °C,
 - la temperatura T_1 está comprendida entre 790 °C y 820 °C,
 - se suministra una chapa laminada en frío recocida según la invención y se reviste de cinc o de aleación de cinc,

- se suministra una chapa laminada en frío recocida según la invención y se recuece a una temperatura de mantenimiento T_{base} comprendida entre 150 °C y 200 °C durante un tiempo de mantenimiento t_{base} comprendido entre 10h y 48h.

5 **[0017]** La invención tiene igualmente como objeto la utilización de una chapa laminada en frío y recocida, o de una chapa revestida, según la invención o fabricada por un procedimiento según la invención para la fabricación de piezas para vehículos terrestres de motor.

[0018] Otras características y ventajas de la invención se mostrarán en el transcurso de la descripción que aparece a continuación, dada a título de ejemplo y realizada en referencia a las figuras anexas adjuntas en las cuales:

- la figura 1 presenta las dimensiones de la probeta de tracción utilizada para obtener las propiedades mecánicas,
- la figura 2 presenta un ejemplo de microestructura de una chapa de acero según la invención,
- 15 - la figura 3 presenta un ejemplo de microestructura de una chapa de acero que no corresponde a la invención.

[0019] En las figuras mencionadas, FP indica la ferrita poligonal, B indica la bainita, MA indica las islas de martensita y de austenita.

20 **[0020]** Las búsquedas realizadas en el marco de la presente invención han podido mostrar el interés de la presencia de la ferrita poligonal, esta se caracteriza por una densidad de dislocaciones inferior a la de la ferrita bainítica. La ferrita poligonal se forma en efecto durante un recocido inter-crítico y permite alcanzar una plegabilidad superior a 90° durante un plegado en V así como un alargamiento uniforme por encima del 12%.

25 **[0021]** Se ha estudiado la influencia de la presencia de ferrita poligonal que se forma bajo el punto Ac3, en el dominio inter-crítico (ferrita + austenita) durante el mantenimiento del recocido. La presencia de esta ferrita en una matriz bainítica que consta de austenita residual e inevitablemente también de martensita, podía dejar prever, debido a la diferencia de durezas entre estos compuestos diferentes, que la formabilidad sería reducida. De manera sorprendente, la presencia de ferrita poligonal entre el 5 y el 20% parece ser un factor de mejora de la plegabilidad de la chapa de la invención que ha permitido estar por encima de 90° de ángulo de plegado en V sin aparición de fisura.

[0022] Del mismo modo se ha podido demostrar que la ausencia de esta ferrita poligonal, perjudicaba también a la ductilidad medida por el criterio del alargamiento uniforme.

35 **[0023]** En lo que se refiere a la composición química del acero, el carbono desempeña una función importante sobre la formación de la microestructura y sobre las propiedades mecánicas en términos de ductilidad y de resistencia a través del efecto denominado TRIP que va a producir con la austenita residual. A partir de la estructura mayoritariamente austenítica formada a alta temperatura durante el mantenimiento a la temperatura T_1 , se efectúa una refrigeración y un mantenimiento a continuación durante el cual interviene una transformación bainítica. Durante este, la bainita está formada inicialmente en el seno de una matriz incluso mayoritariamente austenítica. El carbono que tiene una solubilidad netamente inferior en la ferrita con respecto a la de la austenita, es rechazado en dicha austenita y precipita parcialmente en forma de carburos muy finos. La finura de los carburos puede ser tal que el número N de dichos carburos inter listones de tamaño superior a 0,1 micrómetro por unidad de superficie sea inferior o igual a 50.000 / mm².

[0024] Gracias a ciertos elementos de aleación presentes en las composiciones según la invención, en particular el Silicio, la precipitación de carburos, especialmente de cementita, interviene de forma limitada. Así, la austenita, no transformada aún, se enriquece progresivamente en carbono prácticamente sin que una precipitación de carburos no finos intervenga en la interfaz austenita-bainita. Este enriquecimiento es tal que la austenita se establece, es decir que la transformación martensítica a partir de esta austenita está limitada a las proporciones contempladas del 5 al 15% durante la refrigeración y esto, hasta la temperatura ambiente. Así, una cantidad controlada de martensita aparece, que contribuye al aumento de la resistencia mecánica de manera controlada.

55 **[0025]** Según la invención, el contenido en carbono, en peso, está comprendido entre el 0,15 y el 0,25%. Si el contenido en carbono de la invención está por debajo del 0,15% en peso, la resistencia mecánica se vuelve insuficiente y la estabilidad de la austenita residual es insuficiente. Más allá del 0,25%, la soldabilidad se vuelve cada vez más reducida ya que se forman unas microestructuras de reducida tenacidad en la Zona Afectada Térmicamente (ZAT) o en la zona fundida en caso de soldadura autógena, no obstante el efecto TRIP mejoraría más allá del 0,25%

de carbono.

[0026] Según un modo preferido, el contenido en carbono está comprendido entre el 0,18 y el 0,22%. En el seno de este intervalo, la soldabilidad es satisfactoria, la estabilización de la austenita se optimiza y la fracción de martensita está en la gama contemplada de la invención.

[0027] El manganeso es un elemento endurecedor por solución sólida de sustitución, estabiliza la austenita y reduce la temperatura de transformación Ac3. El manganeso contribuye por tanto a un aumento de la resistencia mecánica. Según la invención, un contenido mínimo del 1,8% en peso es necesario para obtener las propiedades mecánicas deseadas. No obstante, más allá del 3,0%, su carácter gammágeno conduce a la formación de una estructura en bandas demasiado marcada que puede perjudicar a las propiedades de conformación de la pieza de estructura automóvil, además se reducirá la revestibilidad. A título preferencial, un intervalo de contenido en manganeso comprendido entre el 2% y el 2,6%, se combina así una resistencia mecánica satisfactoria sin aumentar el riesgo de formación de estructuras en bandas nefastas para la conformación ni aumentar la templabilidad en las aleaciones soldadas, lo que perjudicaría a la capacidad de soldadura de la chapa de la invención.

[0028] La estabilización de la austenita residual se hace posible por la adición de silicio que ralentiza considerablemente la precipitación de los carburos durante el ciclo de recocido y, más particularmente, durante la transformación bainítica. Esto proviene del hecho de que la soldabilidad del Silicio en la cementita es muy baja y de que este elemento aumenta la actividad del carbono en la austenita. Toda formación de cementita estará precedida por tanto por una etapa de rechazo de Si en la interfaz. El enriquecimiento de la austenita de carbono conduce por tanto a su estabilización a la temperatura ambiente sobre la chapa de acero recocida. A continuación, la aplicación de una tensión exterior, de conformación por ejemplo, va a conducir a la transformación de esta austenita en martensita. Esta transformación tiene como resultado mejorar también la resistencia al deterioro. Con respecto a unas propiedades contempladas por la invención, una adición de silicio en cantidad superior al 2% va a promover casi la ferrita y la resistencia mecánica contemplada no se conseguiría, además se formarían unos óxidos fuertemente adherentes que conducirían a unos defectos de superficie, el contenido mínimo debe estar fijado también en el 1,2% en peso para obtener el efecto estabilizante sobre la austenita. De manera preferencial, el contenido en silicio estará comprendido entre el 1,4 y el 1,8% a fin de optimizar los efectos mencionados.

[0029] El contenido en cromo debe estar limitado al 0,5%, este elemento permite controlar la formación de ferrita proeutectoide en la refrigeración durante el recocido a partir de dicha temperatura T_1 , esta ferrita, en cantidad elevada disminuye la resistencia mecánica necesaria en ciertas piezas contempladas por la invención. Este elemento permite endurecer y afinar la microestructura bainítica. Preferentemente, el contenido en cromo será inferior al 0,35% por razones de costes y para evitar un endurecimiento demasiado importante.

[0030] El níquel y el cobre tienen unos efectos casi similares al del manganeso para la invención pero tienen unos pesos diferentes en lo que se refiere a su poder estabilizante para la austenita. Por ello la combinación de estos tres elementos en la composición química de la invención debe respetar la relación siguiente: $Mn+Ni+Cu \leq 3\%$.

[0031] En cantidad superior al 1%, el níquel, que es un potente estabilizador de austenita, va a promover una estabilización demasiado pronunciada de esta última, la transformación bajo tensión mecánica será más difícil de obtener y el efecto sobre la ductilidad será menor. Más allá del 1%, el coste de la adición de este elemento de aleación es, aquí también, excesivo.

[0032] En cantidad superior al 1%, el cobre, que es también un estabilizador de austenita, va a promover una estabilización demasiado pronunciada de esta última, la transformación bajo tensión mecánica será más difícil de obtener y el efecto sobre la ductilidad será menor. Más allá del 1%, el coste de la adición de este elemento de aleación es, aquí también, excesivo y puede provocar unos defectos de forjabilidad en caliente.

[0033] El contenido en aluminio está limitado al 0,10% en peso, este elemento es un potente alfégeno que favorece la formación de ferrita. Un contenido elevado en aluminio aumentaría el punto Ac3 y volvería así el procedimiento industrial costoso en términos de aporte energético al recocido.

[0034] Se considera, además, que unos contenidos elevados en aluminio aumentan la erosión de los refractarios y el riesgo de taponado de buzas durante la colada del acero antes del laminado. Además, el aluminio segrega de forma negativa y puede llevar 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 segregación dan, in fine, una segregación central

sobre la chapa de acero recocida. Esta banda central será más dura que su matriz circundante y perjudicará a la formabilidad del material.

[0035] Más allá de un contenido en azufre del 0,005%, la ductilidad se reduce en razón de la presencia excesiva de sulfuros tales como MnS (sulfuros de manganeso) que disminuyen la capacidad de deformación.

[0036] El fósforo es un elemento que se endurece en solución sólida pero que disminuye considerablemente la soldabilidad por puntos y la ductilidad en caliente, particularmente debido a su capacidad de segregación en las juntas de granos o a su tendencia a la co-segregación con el manganeso. Por estas razones, su contenido debe estar limitado al 0,020% a fin de obtener una buena capacidad de soldadura por puntos.

[0037] El molibdeno está limitado a los valores de impurezas aunque puede desempeñar una función eficaz sobre la templabilidad y retrasar la aparición de la bainita. No obstante, su adición aumenta excesivamente el coste de las adiciones de elementos de aleación y su uso se limita por tanto por razones económicas.

[0038] El boro actúa fuertemente sobre la templabilidad del acero. Este último limita la actividad del carbono y limita las transformaciones de fase difusivas (transformación ferrítica o bainítica durante la refrigeración), impulsando así 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 demasiado fuerte de superficie de Martensita. Así, el contenido en Boro está limitado al 0,001%.

[0039] Los elementos de micro-aleación tales como el niobio, el titanio y el vanadio están limitados respectivamente a los contenidos máximos de 0,015%, 0,020% y 0,015% ya que estos elementos tienen la particularidad de formar unos precipitados que se endurecen con el carbono y/o el nitrógeno que tienden también a reducir la ductilidad del producto. Además, retrasan la recristalización durante el recocido y afinan por tanto la microestructura, lo que endurece también el material y deteriora su ductilidad.

[0040] El acero puede comprender igualmente cobalto en contenidos inferiores o igual al 1% ya que este elemento endurecedor permite aumentar el contenido en carbono en la austenita residual. No obstante, su uso está limitado en la invención por razones de coste.

[0041] El resto de la composición está constituido por hierro e impurezas inevitables que resultan de la elaboración.

[0042] Según la invención, la microestructura del acero está constituida, en proporciones de superficie, del 5 al 20% de ferrita poligonal, del 10 al 15% de austenita residual, del 5 al 15% de martensita, estando constituido el saldo de bainita en forma de listones y que comprenden entre dichos listones unos carburos tales que el número N de los carburos inter-listones de tamaño superior a 0,1 micrómetro por unidad de superficie es inferior o igual a 50.000 / mm². Esta estructura bainítica mayoritaria confiere una buena resistencia al deterioro. La austenita residual confiere resistencia y ductilidad, ocasionando también la ferrita poligonal ductilidad y permitiendo la martensita aumentar la resistencia mecánica de la chapa. La ferrita poligonal se distingue de la ferrita bainítica en que consta de una densidad de dislocaciones netamente inferior así como un contenido en carbono en solución sólida que es inferior también al de la ferrita bainítica.

[0043] Una cantidad de austenita residual inferior al 10% no permite aumentar de forma significativa el alargamiento uniforme. Así, no se conseguirá el alargamiento uniforme del 12%. Más allá del 15%, sería necesario un contenido en carbono elevado para estabilizarla suficientemente y esto perjudicaría a la soldabilidad del acero. Preferentemente, el contenido en carbono de la austenita residual es superior al 0,8% a fin de obtener una austenita residual suficientemente estable a temperatura ambiente.

[0044] La presente de martensita entre el 5% y el 15% permite alcanzar la resistencia mecánica contemplada en el marco de la invención, no obstante, más allá del 15%, la fracción martensítica en porcentaje de superficie haría perder a la chapa su ductilidad en el sentido del alargamiento uniforme y de la plegabilidad. Por debajo del 5%, no se consigue la resistencia mecánica contemplada. De manera preferencial, se preferirá un contenido en martensita superior al 10% para tener un cierto margen de seguridad con respecto a la resistencia mecánica.

[0045] La ferrita poligonal permite en el marco de la invención mejorar la ductilidad tanto a través del alargamiento uniforme como a través de la plegabilidad en V para alcanzar los 90° contemplados en el ángulo interior. El contenido en ferrita está comprendido entre el 5 y el 20%. De forma ideal, estará comprendido entre el 12

y el 20% para garantizar una mejor ductilidad y un margen de seguridad sobre el alargamiento uniforme.

[0046] Por último, la bainita, que expulsa el carbono hacia la austenita residual durante su formación, enriquece esta última y permite también estabilizarla siendo la matriz de la chapa de la invención.

5

[0047] La figura 2 presenta un ejemplo de microestructura de una chapa de acero según la invención vista al microscopio electrónico de barrido. La austenita residual ocupa aquí una fracción de superficie igual al 15%, aparece en blanco, en forma de islas o de películas. La martensita está presente en forma de islas en asociación con la austenita residual, el conjunto comúnmente llamado islas MA se revela bajo una apariencia granulada debido a los
10 punteados del ataque químico del reactivo (Nital). La martensita tiene un contenido de superficie aquí igual al 11%. La ferrita poligonal aparece con el relieve ahuecado. La bainita se presenta aquí en forma del constituyente laminar indicado por las flechas negras en la figura 2.

[0048] En el seno de ciertas islas, el contenido local en carbono y, por tanto, la templabilidad local pueden
15 variar. La austenita residual está asociada entonces localmente a la martensita en el seno de esta misma isla que se designa con el término de islas «M-A», que asocian Martensita y Austenita residual.

[0049] El número de carburos de tamaño superior a 0,1 micrómetros en la microestructura, es limitado. Se ha
20 puesto en evidencia que N, el número de carburos inter-listones de tamaño superior a 0,1 micrómetros por unidad de superficie, debe ser de preferencia inferior a 50.000/mm² para limitar el deterioro en caso de tensión posterior, por ejemplo durante unos ensayos de expansión de orificios o de plegado en V. Además, la presencia excesiva de carburos bastos puede estar en el origen de un inicio precoz de la ruptura durante una conformación posterior.

[0050] La chapa según la invención se podrá fabricar por cualquier procedimiento adaptado. Por ejemplo, se
25 podrá utilizar el procedimiento según la invención que puede constar de las etapas que se van a describir.

[0051] Se suministra en primer lugar un acero de composición según la invención. Después, se procede a la
30 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.

30

[0052] Los semi-productos colados pueden ser llevados a continuación a una temperatura T_{rech} superior a
35 1.150 °C para obtener un semi-producto recalentado a fin de alcanzar en cualquier punto una temperatura favorable a las deformaciones elevadas que va a experimentar el acero durante el laminado. Este intervalo de temperatura permite estar en el dominio austenítico. No obstante, si la temperatura T_{rech} es superior a 1.275 °C, los granos austeníticos aumentan de forma no deseada y conducirán a una estructura final más basta.

[0053] Por supuesto es igualmente posible laminar en caliente directamente después de colados sin
recalentar el desbaste.

[0054] Se lamina por tanto en caliente el semi-producto en un dominio de temperatura donde la estructura del
40 acero es totalmente austenítica: si la temperatura de fin de laminado T_f es inferior a la temperatura de inicio de transformación de la austenita en ferrita en refrigeración Ar3, los granos de ferrita son martilleados por el laminado y la ductilidad se reduce considerablemente.

[0055] Se enrolla a continuación el producto laminado en caliente a una temperatura T_{bob} comprendida entre
45 540 y 590 °C. Esta gama de temperatura permite obtener una transformación bainítica completa durante el mantenimiento casi-isotérmico asociado al enrollado seguido de una refrigeración lenta. Una temperatura de enrollado superior a 590 °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
50 frío posterior.

[0056] Se decapa a continuación, si es necesario, el producto laminado en caliente según un procedimiento
conocido en sí mismo.

[0057] Se puede efectuar a continuación un recocido denominado base de la chapa enrollada, de tal modo
55 que la temperatura de mantenimiento T_m sea superior a 410 °C y que T_m y el tiempo de mantenimiento t_m sean tales que:

$$2,29 \times T_m (\text{°C}) + 18,6 \times t_m(\text{h}) \geq 1238.$$

5 **[0058]** Este tratamiento térmico permite tener una resistencia mecánica inferior a 1.000 MPa en cualquier punto de la chapa laminada en caliente, minimizándose así la diferencia de dureza entre el centro de la chapa y los bordes. Esto facilita considerablemente la etapa siguiente de laminado en frío por un ablandamiento de la estructura formada.

10 **[0059]** Se efectúa a continuación un laminado en frío con una tasa de reducción comprendida preferentemente entre el 30 y el 80%.

15 **[0060]** 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 2 y 6 °C por segundo. En relación con la temperatura de recocido T_1 a continuación, esta gama de velocidad de calentamiento permite obtener una fracción de ferrita no recristalizada estrictamente inferior al 5%.

20 **[0061]** El calentamiento se efectúa hasta una temperatura de recocido T_1 comprendida entre la temperatura Ac3-15 °C y Ac3-45 °C, es decir en una gama de temperatura particular del dominio intercrítico de tal modo que se obtenga una estructura no exenta de ferrita poligonal formada en el intercrítico. Para determinar el valor de Ac3, se podrá utilizar por ejemplo un método dilatométrico conocido en sí mismo.

25 **[0062]** Cuando T_1 es inferior a (Ac3-45 °C), la estructura puede constar de una fracción significativa de ferrita y no se obtienen las características mecánicas contempladas por la invención. A la inversa, si T_1 está por encima de Ac3-15 °C y no se forma ferrita en la refrigeración siguiendo el mantenimiento a T_1 , el alargamiento uniforme y la plegabilidad (prueba del plegado en V) están al margen del objetivo de la invención, es decir, 12% de alargamiento uniforme y 90° en plegado en V sin aparición de fisura. Además, cuando la temperatura T_1 se aproxima al punto crítico Ac3, esto presenta un riesgo ya que: las condiciones industriales pueden fluctuar ligeramente durante la producción. Así, después del mantenimiento a T_1 , la microestructura puede ser: completamente austenítica o parcialmente ferrítica con una fracción muy reducida de ferrita que sería inferior al 5%. Esto genera unas propiedades mecánicas inestables para la chapa producida después del procedimiento, lo que sería perjudicial para la conformación final de piezas de estructura para vehículos terrestres de motor.

30 **[0063]** Una temperatura de recocido T_1 según la invención permite obtener una cantidad de austenita intercrítica suficiente para formar posteriormente a la refrigeración de la bainita en cantidad tal que la austenita residual estará suficientemente estabilizada y se conseguirán las características mecánicas deseadas.

35 **[0064]** Una duración de mantenimiento mínima t_1 superior o igual a 50 s a la temperatura T_1 permite la disolución de los carburos previamente formados y, sobre todo, una transformación suficiente en austenita. Un tiempo de mantenimiento superior a 500 s es difícilmente compatible con las exigencias de productividad de las instalaciones de recocido continuo, en particular, la velocidad de desplazamiento de la bobina. La duración de mantenimiento t_1 está comprendida por tanto entre 50 y 500 s.

40 **[0065]** Al final del mantenimiento de recocido, se refrigera la chapa hasta alcanzar una temperatura preferentemente comprendida entre 370 y 430 °C, siendo lo ideal una temperatura comprendida entre Ms-20 °C y Ms+40 °C, siendo la velocidad de refrigeración V_{ref} lo suficientemente rápida para evitar la formación de la perlita. A tal efecto, la primera etapa de refrigeración es tal que la velocidad de refrigeración V_{R1} está comprendida entre 50 y 1.500 °C por segundo.

45 **[0066]** Una transformación parcial de la austenita en ferrita puede intervenir en este estado en la primera etapa de la refrigeración. Esto permite, durante la expulsión del carbono hacia la austenita, estabilizar esta última para promover el efecto TRIP ya que el carbono es poco soluble en la ferrita. El contenido en carbono en la austenita residual superará de preferencia el 0,8% a fin de estabilizar este al ambiente. La segunda etapa de la refrigeración debe evitar la formación de perlita antes del mantenimiento en la gama que va de 370 a 430 °C.

50 **[0067]** El tiempo de mantenimiento en la gama de temperatura de 370 °C a 430 °C debe ser superior a 100 segundos a fin de permitir la transformación bainítica y así la estabilización de la austenita por enriquecimiento en carbono de dicha austenita. Debe ser inferior también a 1.000 s de forma que limite la proporción de superficie de ferrita bainítica. Esta última restricción permite evitar también la formación de los carburos bastos de tamaño

superior a 0,1 micrómetros con una densidad superior a 50.000/mm².

[0068] Se refrigera a continuación la chapa a una velocidad V_{R2} comprendida entre 3 y 25 °C/s hasta la temperatura ambiente. Se obtiene así una chapa de acero laminada en frío y recocida que comprende en proporción de superficie del 5 al 20% de ferrita poligonal, del 10 al 15% de austenita residual y del 5 al 15% de Martensita, estando constituido el saldo de bainita.

[0069] Se efectúa a continuación, preferentemente, un tratamiento térmico de post-recocido base tal que se suministra la chapa laminada en frío y recocida a una temperatura de mantenimiento T_{base} comprendida entre 150 °C y 200 °C durante un tiempo de mantenimiento t_{base} comprendido entre 10h y 48h a fin de mejorar el límite de elasticidad y la plegabilidad.

[0070] Además, los inventores han constatado que unas reducidas variaciones de los parámetros de fabricación en el seno de las condiciones definidas en el procedimiento según la invención no conllevan modificaciones importantes de la microestructura o de las propiedades mecánicas, lo que es una ventaja para la estabilidad de las características de los productos fabricados.

[0071] La presente invención se va a ilustrar ahora a partir de los ejemplos siguientes dados a título no limitativo.

EJEMPLOS

[0072] Se han elaborado dos aceros cuyas composiciones figuran en la tabla 1 a continuación, expresadas en porcentaje másico.

Tabla 1: composiciones de acero utilizadas, estando constituido el balance de hierro (% peso).

	C	Min	Si	Al	Cr	Cu	Ni	S	P	N	Ac3	Ms
A	0,196	2,195	1,528	0,038	0,245	0,009	0,019	0,002	0,013	0,004	835	392
B	0,19	1,49	1,45	<0,01	0,61	0,5	0,49	0,002	0,016	<0,01	840	403

[0073] El acero A presenta una composición química según la invención mientras que el acero B, que presenta un contenido en Cr demasiado elevado, es una referencia que no es según la invención.

[0074] Los elementos que tienen un contenido indicado como inferior estrictamente a 0,01 son los elementos cuyo contenido se considera como residual. Es decir que este elemento no ha sido añadido voluntariamente pero su presencia se debe a las impurezas de los otros elementos de aleaciones.

[0075] Unas chapas que corresponden a las composiciones anteriores se han producido según unas condiciones de fabricación reunidas en la tabla 2.

[0076] Las composiciones de aceros A y B han sido objeto de diferentes condiciones de recocido. Las condiciones antes del laminado en caliente son idénticas con un recalentamiento a 1.250 °C, una temperatura de fin de laminado de 920 °C y un enrollado a 550 °C. Los productos laminados en caliente están decapados todos a continuación, laminados después en frío con una tasa de reducción comprendida entre el 30 y el 80%.

[0077] La tabla 2 indica las condiciones de fabricación de las chapas recocidas después del laminado en frío con las denominaciones siguientes:

- temperatura de mantenimiento: T_1
- temperatura de fin de refrigeración T_{fr}
- tiempo de mantenimiento a T_{fr} : t_1
- tratamiento de post-recocido base: SÍ o NO.

[0078] El tratamiento de post-recocido base, si se efectúa, es durante las 24 horas con subida de temperatura hasta 170 °C y mantenimiento a esta temperatura durante 10H, después refrigeración libre.

[0079] Las velocidades de refrigeración entre T_1 y T_{fr} están comprendidas todas entre 50 y 1.500 °C/s.

Tabla 2: condiciones de recocido de los ejemplos y contra ejemplos

ID	Composición química inicial	Tipo	Espesor final (mm)	T ₁ (°C)	T _{fr} (°C)	t ₁ (s)	Post-recocido base
I1	A	Invencción	0,77	805	390	181	SÍ
I2	A	Invencción	0,77	802	390	181	SÍ
I3	A	Invencción	0,77	807	400	181	SÍ
I4	A	Invencción	0,77	813	397	181	SÍ
I5	A	Invencción	0,77	816	410	181	SÍ
I6	A	Invencción	0,77	812	375	181	SÍ
I7	A	Invencción	0,77	810	410	217	SÍ
I8	A	Invencción	0,77	809	410	255	SÍ
I9	A	Invencción	0,77	807	405	289	SÍ
I10	A	Invencción	0,77	807	385	289	SÍ
I11	A	Invencción	0,77	810	410	217	NO
I12	A	Invencción	0,77	809	410	255	NO
I13	A	Invencción	0,77	807	405	289	NO
I14	A	Invencción	0,77	807	385	289	NO
R1	A	Referencia	0,87	836	412	217	SÍ
R2	A	Referencia	0,87	836	405	217	SÍ
R3	A	Referencia	1,5	846	410	289	SÍ
R4	A	Referencia	1,5	846	402	289	SÍ
R5	B	Referencia	1,5	890	400	300	NO

5 [0080] Las referencias R1 a R5 de la tabla 2 designan las chapas de acero fabricadas según unas condiciones no conformes a la invención. Los parámetros no conformes a la invención se destacan. Cabe destacar que las cuatro referencias R1 a R4, resultantes de la composición A, no son conformes a la invención ya que la temperatura de mantenimiento T₁ está por encima de Ac3-15 °C. Ac3 vale aquí 835 °C por medida dilatométrica. Por otra parte, la referencia R5, resultante de la composición B no conforme a la invención, se ha recocido también por encima del punto de Ac3-15 °C.

10 [0081] Los ejemplos I1 a I14 son aquellos según la invención. En la tabla 3, figuran las propiedades microestructurales obtenidas para las muestras analizadas donde la austenita residual se indica por yr, la ferrita poligonal por a, la martensita por M y la bainita por B. Estando estos valores en porcentaje de superficie.

Tabla 3: proporciones de superficie de los constituyentes (invenciones y referencia)

ID	Tipo	yr	α	M	B
I1	Invencción	15	14	11	60
I2	Invencción	15	20	15	50
I4	Invencción	14	19	13	54
I5	Invencción	10	13	14	63
I6	Invencción	14	14	14	58
R1	Referencia	15	0	22	63
R5	Referencia	14	0	19	67

15 [0082] A continuación se miden las propiedades mecánicas que utilizan una probeta de tipo ISO 20x80 con las dimensiones de la tabla 4 ilustradas por la figura 1. Las tracciones uni-axiales que permiten obtener estas propiedades mecánicas están realizadas en el sentido paralelo al del laminado en frío.

Tabla 4: dimensiones de las probetas de tracción, expresadas en mm

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

20

[0083] Todas las chapas según la invención presentan una bainita en forma de listones con unos carburos inter-listones tales que el número N de estos carburos de tamaño superior a 0,1 micrómetro por unidad de superficie es inferior o igual a 50.000 / mm².

[0084] Durante la prueba de plegado en V, la aparición de fisura en el material se manifiesta por una disminución de la fuerza aplicada por la máquina del 5% durante el plegado de la chapa. La prueba se detiene entonces en este estado y el ángulo interior se mide después del retorno elástico, su diferencia con 180° da el ángulo complementario que debe ser superior a 90° en el marco de la invención.

5

[0085] Las propiedades mecánicas de tracción obtenidas se han llevado a la tabla 5 posterior con las abreviaturas siguientes:

- el límite de elasticidad: Re

10 - la resistencia mecánica: Rm

- el alargamiento uniforme: Al. Unif.

- el plegado en V con el ángulo complementario (°) a partir del cual aparece la fisura: V bend

- Ne: No evaluado

15

Tabla 5: propiedades mecánicas de las referencias y de la invención

ID	Re (MPa)	Rm (MPa)	Al. Unif. (%)	V bend (°)
I1	627	1073	13,6	115,5
I2	628	1072	13,6	111,0
I3	633	1073	13,4	111,8
I4	682	1110	12,8	107,3
I5	708	1129	12,6	104,0
I6	706	1111	12,3	99,3
I7	621	1099	13,7	111,0
I8	735	1136	92,1	100,0
I9	632	1127	13,2	108,0
I10	639	1122	13,4	105,0
I11	531	1099	13,7	100,0
I12	543	1138	13,2	90,0
I13	637	1151	12,7	96,0
I14	566	1142	13,2	97,0
R1	900	1208	<u>9,2</u>	<u>86,0</u>
R2	881	1186	<u>9,4</u>	Ne
R3	912	1270	<u>8,3</u>	<u>60,6</u>
R4	913	1233	<u>8,9</u>	Ne
R5	1020	1395	<u>5,0</u>	<u>87,0</u>

[0086] Cabe destacar que las cinco referencias R1 a R5 presentan unos alargamientos uniformes así como unos valores de plegado en V no conformes a los objetivos de la invención.

20

[0087] La invención permite poner a disposición una chapa de acero apta para el depósito de un revestimiento de cinc, en particular por los procedimientos usuales de electro-cincado.

[0088] Permite poner a disposición un acero que presenta una buena capacidad para la soldadura por medio de los procedimientos de ensamblaje usuales tales como, por ejemplo y a título no limitativo, la soldadura por resistencia por puntos.

25

[0089] Las chapas de acero según la invención se utilizarán con beneficio para la fabricación de piezas de estructuras, elementos de refuerzos, de seguridad, antiabrasivos o de discos de transmisiones para aplicaciones en los vehículos terrestres de motor.

30

REIVINDICACIONES

1. Chapa de acero laminada en frío y recocida de resistencia mecánica superior o igual a 1.000 MPa, de alargamiento uniforme superior o igual al 12%, cuyo ángulo de plegado en V a partir del cual aparece la fisura es superior o igual a 90°, cuya composición comprende, estando expresados los contenidos en peso.

$$0,15\% \leq C \leq 0,25\%$$

$$1,8\% \leq Mn \leq 3,0\%$$

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

$$Al \leq 0,10\%$$

$$0\% \leq Cr \leq 0,50\%$$

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

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

$$S \leq 0,005\%$$

$$P \leq 0,020\%$$

$$Nb \leq 0,015\%$$

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

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

$$Co \leq 1\%$$

$$N \leq 0,008\%$$

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

entendiéndose que

$$Mn+Ni+Cu \leq 3\%$$

5 estando constituido el resto de la composición de hierro y de impurezas inevitables que resultan de la elaboración, estando constituida la microestructura, en proporciones de superficie, del 5 al 20% de ferrita poligonal, del 10 al 15% de austenita residual, del 5 al 15% de martensita, estando constituido el saldo de bainita en forma de listones y que comprende entre dichos listones unos carburos tales que el número N de los carburos inter-listones de tamaño superior a 0,1 micrómetro por unidad de superficie es inferior o igual a 50.000/mm².

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

$$0,18\% \leq C \leq 0,22\%$$

15

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

$$2\% \leq Mn \leq 2,6\%$$

20

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

$$1,4\% \leq Si \leq 1,8\%$$

25

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

$$0\% \leq Cr \leq 0,35\%$$

30

6. Chapa de acero según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 5 que consta además de un revestimiento de cinc o de aleación de cinc.

35 7. Procedimiento de fabricación de una chapa de acero laminada en frío recocida de resistencia superior o igual a 1.000 MPa y de alargamiento superior o igual al 12%, cuyo ángulo de plegado en V a partir del cual aparece la fisura es superior o igual a 90°, que comprende las etapas según las cuales:

- se suministra un acero de composición según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 5, a continuación
- 40 - se cuela dicho acero en forma de semi-producto, a continuación
- se lleva dicho semi-producto a una temperatura T_{rech} superior a 1.150 °C para obtener un semi-producto recalentado, a continuación
- se lamina en caliente dicho semi-producto recalentado, siendo la temperatura de fin de laminado en caliente T_f

superior o igual a 850 °C para obtener una chapa laminada en caliente, a continuación

- se enrolla dicha chapa laminada en caliente a una temperatura T_{bob} comprendida entre 540 y 590 °C para obtener una chapa laminada en caliente enrollada, a continuación

- se refrigera dicha chapa laminada en caliente enrollada hasta la temperatura ambiente, a continuación

5 - se efectúa un recocido denominado base de dicha chapa laminada en caliente enrollada de tal modo que la resistencia mecánica sea inferior o igual a 1.000 MPa en cualquier punto de dicha chapa laminada en caliente enrollada, a continuación

- se desenrolla y se decapa dicha chapa laminada en caliente enrollada recocida de forma que se obtenga una chapa laminada en caliente apta para el laminado en frío, a continuación

10 - se lamina en frío dicha chapa laminada en caliente apta para el laminado en frío con una tasa de reducción comprendida entre el 30 y el 80% de forma que se obtenga una chapa laminada en frío, a continuación

- se recuece dicha chapa laminada en frío recalentándola a una velocidad V_c comprendida entre 2 y 6 °C por segundo hasta una temperatura T_1 comprendida entre $Ac3-15$ °C y $Ac3-45$ °C, durante una duración t_1 superior o igual a 50 segundos, a continuación

15 - se refrigera dicha chapa laminada en frío sometiéndola a una primera etapa de refrigeración a una velocidad de refrigeración comprendida entre 50 y 500 °C/s, a continuación a una segunda etapa de refrigeración tal que la temperatura de fin de refrigeración T_{fr} de dicha segunda etapa esté comprendida entre una temperatura T_{fr1} igual a $Ms-20$ °C y una temperatura T_{fr2} igual a $Ms+40$ °C, a continuación

- se mantiene en el intervalo de temperatura comprendido entre T_{fr1} y T_{fr2} dicha chapa laminada en frío durante una duración t_2 comprendida entre 100 y 1.000 segundos, a continuación

20 - se refrigera la chapa laminada en frío a una velocidad V_{R2} comprendida entre 3 y 25 °C por segundo hasta la temperatura ambiente de forma que se obtenga una chapa laminada en frío y recocida.

8. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 7, para el cual dicha temperatura T_{fl} es superior o igual a 900 °C.

9. Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8, para el cual dicho recocido base consta de un mantenimiento cuya temperatura T_m es el tiempo t_m son tales que:

$$2,29 \times T_m (\text{°C}) + 18,6 \times t_m (\text{h}) \geq 1238,$$

30

siendo además la temperatura de mantenimiento T_m superior a 410 °C.

10. Procedimiento de fabricación de una chapa según cualquiera de las reivindicaciones de 7 a 9, para el cual dicha temperatura T_1 está comprendida entre 790 °C y 820 °C.

11. Procedimiento de fabricación de una chapa revestida según el cual se suministra una chapa laminada en frío recocida según cualquiera de las reivindicaciones de 7 a 10 y que se reviste dicha chapa laminada en frío recocida de cinc o de aleación de cinc.

40

12. Procedimiento de fabricación de una chapa laminada en frío recocida y eventualmente revestida según el cual se suministra una chapa laminada en frío recocida según cualquiera de las reivindicaciones de 7 a 11 y que se recuece dicha chapa suministrada a una temperatura de mantenimiento T_{base} comprendida entre 150 °C y 200 °C durante un tiempo de mantenimiento t_{base} comprendido entre 10h y 48h.

45

13. Utilización de una chapa laminada en frío y recocida según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 5 o de una chapa revestida según 6 o fabricada por un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones de 7 a 12 para la fabricación de piezas para vehículos terrestres de motor.

Figura 1

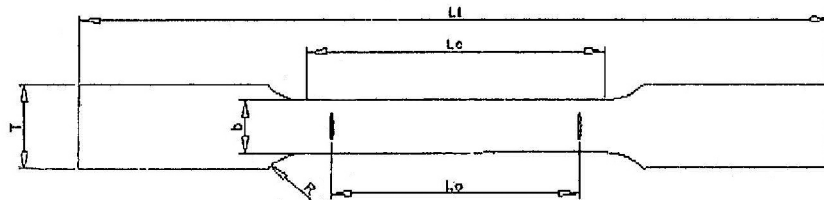


Figura 2

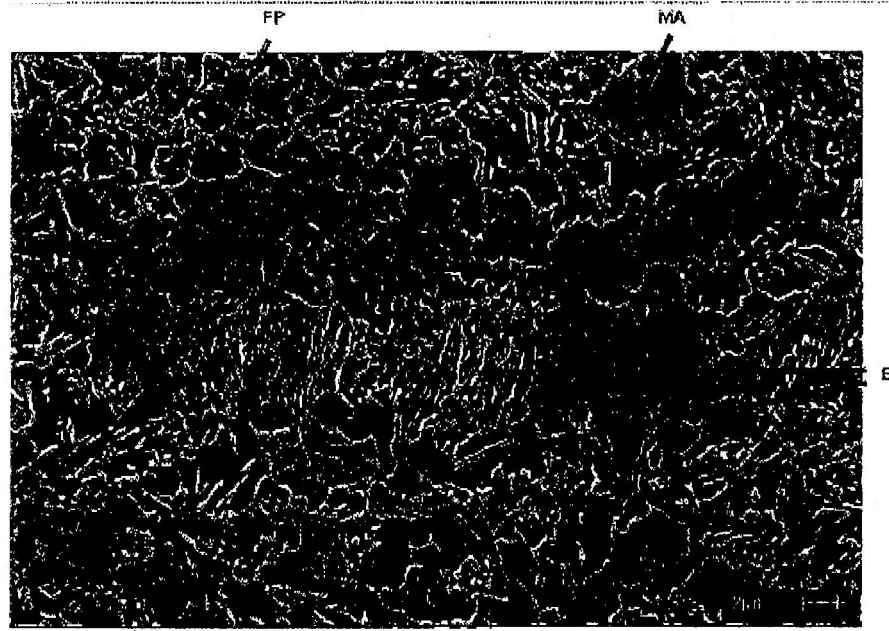


Figura 3

