

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 692 848**

51 Int. Cl.:

C21D 8/04 (2006.01)

C21D 9/48 (2006.01)

C22C 38/02 (2006.01)

C22C 38/04 (2006.01)

C22C 38/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.05.2015 PCT/IB2015/000651**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.11.2015 WO15177615**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.05.2015 E 15730241 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.07.2018 EP 3146083**

54 Título: **Chapa de acero doblemente recocida con altas características mecánicas de resistencia y de ductilidad, procedimiento de fabricación y uso de dichas chapas**

30 Prioridad:
20.05.2014 WO PCT/IB2014/000785

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.12.2018

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

72 Inventor/es:
**ARLAZAROV, ARTEM;
HELL, JEAN-CHRISTOPHE y
KEGEL, FRÉDÉRIC**

74 Agente/Representante:
SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 692 848 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 doblemente recocida con altas características mecánicas de resistencia y de ductilidad, procedimiento de fabricación y uso de dichas chapas

5

[0001] La presente invención cubre la fabricación de chapas de aceros doblemente recocidas de alta resistencia, que presentan simultáneamente una resistencia mecánica y una capacidad de deformación que permitan realizar operaciones de conformado en frío. La invención se refiere más precisamente a aceros que presentan una resistencia mecánica superior o igual a 980 MPa, que presentan un límite de elasticidad superior o igual a 650 MPa, un alargamiento uniforme superior o igual al 15 %, un alargamiento de rotura superior o igual al 20 %.

10

[0002] La fuerte demanda de reducción de emisiones de gas de efecto invernadero, unida al crecimiento de las exigencias de seguridad automóvil y los precios del carburante han llevado a los fabricantes de vehículos terrestres a motor a utilizar cada vez más aceros con resistencia mecánica mejorada en la carrocería para reducir el espesor de las piezas y por tanto el peso de los vehículos sin dejar de mantener los rendimientos de resistencia mecánica de las estructuras. Con esta perspectiva, los aceros que combinan una resistencia con una formabilidad suficiente para el conformado sin aparición de fisuras ganan una importancia cada vez mayor. Así, se han propuesto a lo largo del tiempo y de forma sucesiva varias familias de aceros que ofrecen diversos niveles de resistencia mecánica. Estas familias comprenden los aceros DP de Dual Phase, los aceros TRIP de Transformation Induced Plasticity, los aceros Multifase e incluso los aceros de baja densidad (FeAl).

15

20

[0003] Para responder a esta demanda de vehículos cada vez más ligeros, es necesario por tanto tener aceros cada vez más resistentes para compensar la disminución del espesor. Sin embargo, se sabe que en el campo de los aceros al carbono, un aumento de la resistencia mecánica viene acompañado generalmente de una pérdida de ductilidad. Además, los fabricantes de vehículos terrestres a motor definen piezas cada vez más complejas que necesitan aceros que presenten niveles elevados de ductilidad.

25

[0004] Se ha podido conocer por la patente EP1365037A1 un acero que contiene los siguientes componentes químicos, en % en masa, C: del 0,06 al 0,25 % Si + Al: del 0,5 al 3 % Mn: del 0,5 al 3 % P: 0,15 o menos, S: 0,02 % o menos, y que contiene además eventualmente uno de los siguientes componentes en % de masa: Mo: 1 % o menos, Ni: 0,5 % o menos, Cu: 0,5 % o menos, Cr: 1 % o menos, Ti: 0,1 % o menos, Nb: 0,1 % o menos, V: 0,1 % o menos, Ca: 0,003 % o menos, y/o REM: 0,003% o menos asociado a una microestructura compuesta principalmente de martensita revenida o de bainita revenida que representa el 50 % o más en proporción superficial, o de martensita revenida o bainita revenida que representa el 15 % o más en lo que respecta a un factor de volumen respecto a la estructura entera y que comprende además ferrita, martensita revenida o bainita revenida y una estructura de segunda fase que comprende la austenita revenida que representa del 3 al 30 % en proporción superficial y que comprende además eventualmente bainita y/o martensita, la austenita residual tiene una concentración C (C gamma R) del 0,8 % o más. Esta solicitud de patente no permite alcanzar niveles de resistencia suficientemente elevados y necesarios para reducir considerablemente los grosores y por tanto el peso de las chapas utilizadas en la industria automóvil, por ejemplo.

30

35

40

[0005] Por otro lado, se conoce la patente US20110198002A1 que presenta un acero de alta resistencia y revestido en caliente con una resistencia mecánica superior a 1200 MPa, un alargamiento superior al 13 % y una expansión de agujero superior al 50 % así como el procedimiento de fabricación de este acero a partir de la composición química siguiente: 0,05-0,5 % de carbono, 0,01-2,5 % de silicio, 0,5-3,5 % de manganeso, 0,003-0,100 % de fósforo, hasta el 0,02 % de azufre, y 0,010-0,5 % de aluminio, el resto son impurezas. La microestructura de este acero comprende en términos de proporciones superficiales el 0-10 % de ferrita, el 0-10 % de martensita, y el 60-95 % de martensita revenida y contiene, en proporciones determinadas por difracción de rayos X: 5-20 % de austenita residual. Sin embargo, las ductilidades alcanzadas por los aceros según esta invención son bajas y esto daña al conformado de la pieza a partir del producto obtenido a partir de las enseñanzas de esta solicitud.

45

50

[0006] Por último, también se conoce la publicación «fatigue strength of newly developed high-strength low alloy TRIP-aided steels with good hardenability» que presenta el estudio de un acero con la siguiente composición: 0,4 %C, 1,5 %Si, 1,5 %Mn, 0-1,0 %Cr, 0-0,2 %Mo, 0,05 %Nb, 0-18ppm B para aplicación automóvil. Este acero presenta un muy buen comportamiento en fatiga, sobrepasando el de los aceros convencionales. Este comportamiento es mucho más marcado con adiciones de B, Cr y Mo. La microestructura de este acero presenta un efecto TRIP con un alto contenido de austenita residual metaestable que suprime las prefisuras y su propagación a causa de la distensión plástica y de la formación de martensita durante la transformación a partir de la austenita.

55

Este artículo divulga un método de producción de aceros que presentan excelentes compromisos resistencia-ductilidad pero las composiciones químicas divulgadas así como los métodos de producción no solamente no son compatibles con una producción industrial, sino que darán lugar a dificultades de revestibilidad.

5 **[0007]** El objeto de la presente invención es resolver los problemas evocados anteriormente. Pretende poner a disposición un acero laminado en frío que presenta una resistencia mecánica superior o igual a 980 MPa, un límite de elasticidad superior o igual a 650 MPa conjuntamente con un alargamiento uniforme superior o igual al 15 %, un alargamiento de rotura superior o igual al 20 % así como su procedimiento de fabricación. La invención pretende

10

[0008] Con este fin, la invención tiene por objeto una chapa de acero cuya composición comprende, con los contenidos expresados en porcentaje de peso, $0,20 \% \leq C \leq 0,40 \%$, de preferencia $0,22 \% \leq C \leq 0,32 \%$, $0,8 \% \leq Mn \leq 1,4 \%$, de preferencia $1,0 \% \leq Mn \leq 1,4 \%$, $1,60 \% \leq Si \leq 3,00 \%$, de preferencia $1,8 \% \leq Si \leq 2,5 \%$, $0,015 \leq Nb \leq 0,150 \%$, de preferencia $0,020 \% \leq Nb \leq 0,13 \%$, $Al \leq 0,1 \%$, $Cr \leq 1,0 \%$, de preferencia $Cr \leq 0,5 \%$, $S \leq 0,006 \%$, $P \leq 0,030 \%$, $Ti \leq 0,05 \%$, $V \leq 0,05 \%$, $Mo < 0,03 \%$, $B \leq 0,003 \%$, $N \leq 0,01 \%$, el resto de la composición está constituido de hierro y de impurezas inevitables que resultan de la elaboración, la microestructura está constituida, en proporciones superficiales, del 10 al 30 % de austenita residual, del 30 al 60 % de martensita recocida, del 5 al 30 % de bainita, del 10 al 30 % de martensita fresca y de menos del 10 % de ferrita.

20 **[0009]** De manera preferida, la chapa de acero según la invención comporta un revestimiento de Zinc o de aleación de zinc o incluso un revestimiento de Al o de aleación de Al. Como estos revestimientos pueden estar aleados con hierro o no, se hablará de chapa galvanizada (GI/GA).

[0010] Idealmente, las chapas según la invención presentan un comportamiento mecánico tal que la resistencia mecánica es superior o igual a 980 MPa, el límite de elasticidad es superior o igual a 650 MPa, el alargamiento uniforme superior o igual al 15 % y el alargamiento de rotura superior o igual al 20 %.

[0011] La invención tiene asimismo por objeto un procedimiento de fabricación de una chapa de acero laminada en frío, doblemente recocida y opcionalmente revestida que comprende las siguientes etapas sucesivas:

30

- se suministra un acero de composición según la invención
- se cuele dicho acero en forma de semiproducto; después
- se lleva dicho semiproducto a una temperatura T_{rech} comprendida entre 1100 °C y 1280 °C para obtener un semiproducto recalentado; después

35 - se lamina en caliente dicho semiproducto recalentado, con la temperatura de final de laminado en caliente T_{fi} superior o igual a 900 °C para obtener una chapa laminada en caliente; después

- se bobina dicha chapa laminada en caliente a una temperatura T_{bob} comprendida entre 400 y 600 °C para obtener una chapa laminada en caliente bobinada, después,

- se enfría dicha chapa laminada en caliente bobinada hasta la temperatura ambiente; después,

40 - se desbobina y se decapa dicha chapa laminada en caliente bobinada; después,

- se lamina en frío dicha chapa laminada en caliente con un índice de reducción comprendido entre el 30 y el 80 % de forma que se obtenga una chapa laminada en frío; después

45 - se recuece una primera vez dicha chapa laminada en frío calentándola a una velocidad V_{C1} comprendida entre 2 y 50 °C/s hasta una temperatura $T_{soaking1}$ comprendida entre $TS1 = 910,7 - 431,4 * C - 45,6 * Mn + 54,4 * Si - 13,5 * Cr + 52,2 * Nb$, los contenidos están expresados en porcentaje del peso y 950 °C, durante una duración $t_{soaking1}$ comprendida entre 30 y 200 segundos, después:

- se enfría dicha chapa sometiéndola a un enfriamiento hasta la temperatura ambiente a una velocidad superior o igual a 30 °C/s, después,

50 - se recuece una segunda vez dicha chapa calentándola a una velocidad V_{C2} comprendida entre 2 y 50 °C/s hasta una temperatura $T_{soaking2}$ comprendida entre $Ac1$ y $TS2 = 906,5 - 440,6 * C - 44,5 * Mn + 49,2 * Si - 12,4 * Cr + 55,9 * Nb$, durante una duración $t_{soaking2}$ comprendida entre 30 y 200 segundos; después

- se enfría dicha chapa sometiéndola a un enfriamiento a una velocidad superior o igual a 30 °C/s hasta la temperatura de final de enfriamiento T_{OA} comprendida entre 420 °C y 480 °C; después,

55 - se mantiene dicha chapa en el rango de temperatura que va de 420 a 480 °C durante una duración t_{OA} comprendida entre 5 y 120 segundos; después,

- opcionalmente se deposita un revestimiento sobre dicha chapa antes de enfriar dicha chapa hasta la temperatura ambiente.

[0012] En un modo preferido, se efectúa un recocido denominado base de dicha chapa laminada en caliente bobinada antes del laminado en frío de forma que dicha chapa se caliente y después se mantenga a una temperatura comprendida entre 400 °C y 700 °C durante una duración comprendida entre 5 y 24 horas.

5 **[0013]** De forma preferida, se mantiene la chapa a la temperatura de final de enfriamiento T_{OA} de forma isotérmica entre 420 y 480 °C entre 5 y 120 segundos.

[0014] De preferencia, la chapa laminada en frío, doblemente recocida se lamina seguidamente en frío con un índice de laminado en frío comprendido entre 0,1 y 3 % antes de depositar un revestimiento.

10

[0015] En un modo preferido, la chapa doblemente recocida finalmente se calienta a una temperatura de mantenimiento T_{base} comprendida entre 150 C y 190 °C durante un tiempo de mantenimiento t_{base} comprendido entre 10 h y 48 h.

15 **[0016]** Preferentemente, tras el mantenimiento a T_{OA} la chapa se reviste por inmersión en un baño líquido de uno de los siguientes elementos: Al, Zn, aleación de Al o aleación de Zn.

[0017] La chapa según la invención, laminada en frío, doblemente recocida y revestida, o fabricada por un procedimiento según la invención sirve para la fabricación de piezas para vehículos terrestres a motor.

20

[0018] Otras características y ventajas de la invención aparecerán mejor durante la descripción que sigue.

[0019] Según la invención, el contenido en carbono, en peso, está comprendido entre el 0,20 y 0,40 %. Si el contenido en carbono de la invención está por debajo del 0,20 % en peso, la resistencia mecánica se vuelve insuficiente y la fracción de austenita residual sigue siendo insuficiente y no suficientemente estable para alcanzar un alargamiento uniforme superior al 15 %. Más allá del 0,40 %, la soldabilidad se vuelve cada vez más reducida porque se forman microestructuras de baja tenacidad en la Zona Afectada Térmicamente (ZAT) o en la zona fundida en caso de soldado por resistencia. Según un modo preferido, el contenido en carbono está comprendido entre el 0,22 y el 0,32 %. Dentro de este rango, la soldabilidad es satisfactoria, la estabilización de la austenita está optimizada y la fracción de martensita fresca está en la gama buscada por la invención.

30

[0020] El manganeso, según la invención, está comprendido entre el 0,8 y el 1,4 %, es un elemento que se endurece 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 de 0,8 % en peso es necesario para obtener las propiedades mecánicas deseadas. Sin embargo, más allá del 1,4 %, su carácter gammágeno conduce a un enlentecimiento de la cinética de transformación bainítica que se produce durante el mantenimiento a la temperatura de final de enfriamiento T_{OA} y la fracción de bainita siempre es insuficiente para alcanzar una resistencia de elasticidad superior a 650 MPa. A título preferente se elige un intervalo de contenido en manganeso comprendido entre el 1,0 % y el 1,4 %, se combina así una resistencia mecánica satisfactoria sin aumentar el riesgo de disminuir la fracción de bainita y por tanto de disminuir la resistencia elástica, ni aumentar la templeabilidad de las aleaciones soldadas, lo que dañaría la capacidad de soldado de la chapa según la invención.

35

40

[0021] El silicio debe estar comprendido entre el 1,6 y 3,0 %. En esta horquilla, la estabilización de la austenita residual se hace posible gracias a 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 se deriva del hecho de que la solubilidad del silicio en la cementita es muy baja y que este elemento aumenta la actividad del carbono en la austenita. Toda formación de cementita irá precedida por tanto de una etapa de expulsión de Si en la interfaz. El enriquecimiento de la austenita en carbono conduce por tanto a su estabilización a la temperatura ambiente sobre la chapa de acero doblemente recocida y revestida. Después, la aplicación de un esfuerzo externo, de conformado por ejemplo, va a conducir a la transformación de esta austenita en martensita. Esta transformación tiene por resultado mejorar también la resistencia al deterioro. El silicio también es un elemento que se endurece altamente por solución sólida y permite por tanto alcanzar las resistencias elásticas y mecánicas buscadas por la invención. Ateniéndose a las propiedades planteadas por la invención, una adición de silicio en cantidad superior al 3,0 % va a promover sensiblemente la ferrita y la resistencia mecánica buscada no se alcanzaría, además se formarían óxidos altamente adherentes, lo que conduciría a defectos de superficie y a una no adherencia del revestimiento de Zinc o de aleación de Zinc. El contenido mínimo también debe fijarse al 1,6 % en peso para obtener el efecto estabilizante sobre la austenita. De forma preferida, el contenido en silicio estará comprendido entre el 1,8 y el 2,5 % para optimizar los efectos mencionados.

45

50

55

- [0022]** El contenido en cromo debe limitarse al 1,0 %, este elemento permite controlar la formación de ferrita proeutectoide en el enfriamiento durante los recocidos a partir de dicha temperatura de mantenimiento T_{soaking1} o T_{soaking2} , porque esta ferrita, en cantidad elevada disminuye la resistencia mecánica necesaria de la chapa según la invención. Este elemento permite además endurecer y afinar la microestructura bainítica. Sin embargo, este elemento ralentiza considerablemente la cinética de la transformación bainítica. Sin embargo, para contenidos superiores al 1,0 %, la fracción de bainita siempre es insuficiente para alcanzar un límite de elasticidad superior a 650 MPa.
- 10 **[0023]** El níquel y el cobre tienen efectos sensiblemente similares al del manganeso. Estos dos elementos tendrán contenidos residuales, es decir, 0,05 % para cada elemento pero únicamente porque sus costes son mucho más elevados que los del manganeso.
- 15 **[0024]** El contenido en aluminio está limitado al 0,1 % en peso, este elemento es un potente alfégeno que favorece la formación de ferrita. Un contenido elevado de aluminio aumentaría el punto Ac3 y haría así que el procedimiento industrial se volviera costoso en términos de aporte energético al recocido. Se considera además, que los contenidos altos de aluminio aumentan la erosión de las refractarias y el riesgo de taponamiento de las válvulas durante la colada del acero antes del laminado. Además, el aluminio segrega negativamente y puede llevar a macrosegregaciones. 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 macrosegregación dan, finalmente, una segregación central sobre la chapa de acero recocida. Esta banda central será más dura que su matriz circunvecina y dañará al conformado del material.
- 20 **[0025]** El azufre debe ser inferior al 0,006 %, más allá, la ductilidad se reduce a causa de la presencia excesiva de sulfuros tales como MnS, llamados sulfuros de manganeso que disminuyen la aptitud a la deformación.
- 30 **[0026]** El fósforo debe ser inferior al 0,030 %, es un elemento que se endurece en solución sólida pero que disminuye considerablemente la soldabilidad por puntos y la ductilidad en caliente, particularmente a causa de su aptitud para la segregación en las juntas de granos o a su tendencia a la cosegregación con el manganeso. Por estos motivos, su contenido debe estar limitado al 0,030 % para obtener una buena aptitud al soldado por puntos.
- 35 **[0027]** El niobio debe estar comprendido entre el 0,015 y 0,150 %, es un elemento de microaleación que tiene la particularidad de formar precipitados que se endurecen con el carbono y/o el nitrógeno. Estos precipitados, ya presentes durante la operación de laminado en caliente, retardan la recristalización durante el recocido y afinan así la microestructura, lo que permite contribuir al endurecimiento del material. Permite además mejorar las propiedades de alargamiento del producto, permitiendo recocidos a alta temperatura sin reducción de los rendimientos de alargamiento por un efecto de afinamiento de las estructuras. Sin embargo el contenido en niobio debe estar limitado al 0,150 % para evitar esfuerzos de laminado en caliente demasiado importantes. Además, más allá del 0,150 % se espera un efecto saturante sobre los efectos positivos del Niobio en concreto sobre el efecto endurecedor por afinamiento de la microestructura. Por otro lado, el contenido en niobio debe ser superior o igual al 0,015% lo que permite obtener un endurecimiento de la ferrita cuando esta está presente y se busca un tal endurecimiento y asimismo un afinamiento lo suficientemente importante para una mayor estabilización de la austenita residual y así garantizar un alargamiento uniforme según el buscado por la invención, preferentemente el contenido en Nb está comprendido entre 0,020 y 0,13 para optimizar los efectos mencionados.
- 40 **[0028]** Los otros elementos de microaleación tales como el titanio y el vanadio están limitados a un contenido máximo del 0,05 % porque estos elementos poseen las mismas ventajas que el niobio pero tienen la particularidad de reducir más altamente la ductilidad del producto.
- 45 **[0029]** El nitrógeno está limitado al 0,01% para evitar los fenómenos de envejecimiento del material y para minimizar la precipitación de nitruros de aluminio (AlN) durante la solidificación y por tanto fragilizar el semiproducto.
- 50 **[0030]** El boro y el molibdeno tienen niveles de impurezas, bien con contenidos inferiores individualmente inferiores a 0,003 para el boro y 0,03 para el Mo.
- 55 **[0031]** El resto de la composición está constituido por hierro e impurezas inevitables resultantes de la elaboración.
- [0032]** Según la invención, la microestructura del acero después del primer recocido debe contener, en proporción superficial, menos del 10 % de ferrita poligonal, el resto de la microestructura está compuesto de

martensita fresca o revenida. Si el contenido en ferrita poligonal es superior al 10 % la resistencia mecánica y el límite de elasticidad del acero después del segundo recocido será inferior a 980 MPa y 650 MPa respectivamente. Además, un contenido de ferrita poligonal superior al 10 % tras el primer recocido conllevará un contenido de ferrita poligonal tras el segundo recocido superior al 10 % lo que llevaría a un límite de elasticidad y una resistencia mecánica demasiado bajas respecto a los buscados por la invención.

[0033] La microestructura del acero después del segundo recocido debe contener, en proporciones superficiales, del 10 al 30 % de austenita residual. Si el contenido en austenita residual es inferior al 10 %, el alargamiento uniforme será inferior al 15 % porque la austenita residual será demasiado estable y no podrá transformarse en martensita durante las sollicitaciones mecánicas trayendo una ganancia significativa sobre el martilleo del acero retardando de hecho la aparición de la estricción que se traduce por un aumento del alargamiento uniforme. Si el contenido en austenita residual es superior al 30 %, la austenita residual será inestable porque no estará suficientemente enriquecida en carbono durante el segundo recocido y el mantenimiento a la temperatura de final de enfriamiento T_{OA} , y la ductilidad del acero después el segundo recocido se verá reducida, lo que llevará a un alargamiento uniforme inferior al 15 % y/o un alargamiento total inferior al 20 %.

[0034] Además, el acero según la invención, después del segundo recocido debe contener, en proporciones superficiales, del 30 al 60 % de martensita recocida, que es una martensita derivada del primer recocido, recocida durante el segundo recocido y que se distingue de una martensita fresca por una cantidad de defectos cristalográficos más baja, y que se distingue de una martensita revenida por la ausencia de carburos en el interior de sus listones. Si el contenido en martensita recocida es inferior al 30 %, la ductilidad del acero será demasiado baja porque el contenido en austenita residual será demasiado bajo porque no estará suficientemente enriquecida en carbono y el contenido en martensita fresca será de hecho demasiado importante lo que trae un alargamiento uniforme inferior al 15 %. Si el contenido en martensita recocida es superior al 60 %, la ductilidad del acero será demasiado baja porque la austenita residual será demasiado estable y no podrá transformarse en martensita bajo el efecto de sollicitaciones mecánicas, lo que producirá el efecto de disminuir la ductilidad del acero según la invención, y conducirá a un alargamiento uniforme inferior al 15 % y/o un alargamiento total inferior al 20 %.

[0035] Siempre según la invención, la microestructura del acero después del segundo recocido debe contener, en proporciones superficiales, del 5 al 30 % de bainita. La presencia de bainita en la microestructura está justificada por la función que desempeña en el enriquecimiento en carbono de la austenita residual. De hecho, durante la transformación bainítica y gracias a la presencia de silicio en cantidad importante, el carbono se redistribuye desde la bainita hacia la austenita lo que produce el efecto de estabilizar esta última a temperatura ambiente. Si el contenido en bainita es inferior al 5 %, la austenita residual no estará suficientemente enriquecida en carbono y esta última no será suficientemente estable, lo que favorecerá la presencia de martensita fresca que conllevará un descenso significativo de la ductilidad. El alargamiento uniforme será entonces inferior al 15 %. Si el contenido en bainita es superior al 30 %, llevará a una austenita residual demasiado estable que no podrá transformarse en martensita bajo el efecto de sollicitaciones mecánicas, lo que producirá el efecto de llevar a un alargamiento uniforme inferior al 15 % y/o un alargamiento total inferior al 20 %.

[0036] Por último, el acero según la invención y después del segundo recocido debe contener, en proporciones superficiales, del 10 al 30 % de martensita fresca. Si el contenido en martensita fresca es inferior al 10 % la resistencia mecánica del acero será inferior a 980 MPa. Si es superior al 30 %, el contenido en austenita residual será demasiado bajo y el acero no será lo suficientemente dúctil, además, el alargamiento uniforme será inferior al 15 %.

[0037] La chapa según la invención podrá fabricarse con cualquier procedimiento adaptado.

[0038] Se suministra en primer lugar un acero de composición según la invención. Después, se procede a la colada de un semiproducto a partir de este acero. Esta colada puede realizarse en lingotes o en continuo en forma de planchones.

[0039] La temperatura de recalentamiento deberá estar entre 1100 y 1280 °C. Los semiproductos colados deben llevarse a una temperatura T_{rech} superior a 1100 °C para obtener un semiproducto recalentado con el objetivo de alcanzar completamente una temperatura favorable a las deformaciones elevadas que va a sufrir el acero durante el laminado. Este intervalo de temperatura permite asimismo estar en el campo austenítico y garantizar la disolución completa de los precipitados derivados de la colada. Sin embargo, si la temperatura T_{rech} es superior a 1280 °C, los granos austeníticos crecen de forma indeseable y conducirán a una estructura final más grosera y los riesgos de defectos superficie relacionados con la presencia de óxido líquido aumentan. Por supuesto, también es posible

laminar en caliente directamente después de la colada sin recalentar el planchón.

[0040] Se lamina después en caliente el semiproducto en un campo de temperatura donde la estructura del acero es totalmente austenítica: si la temperatura de final de laminado T_{fl} es inferior a 900 °C, los esfuerzos de laminado son muy importantes lo que puede conllevar consumos energéticos importantes e incluso daños en el laminador. De preferencia, se respetará una temperatura de final de laminado superior a 950 °C para garantizar el laminado en el campo austenítico y por tanto limitar los esfuerzos de laminado.

[0041] Se bobina a continuación el producto laminado en caliente a una temperatura T_{bob} comprendida entre 400 y 600 °C. Esta gama de temperatura permite obtener transformaciones ferríticas, bainíticas o perlíticas durante el mantenimiento cuasi-isotérmico asociado al bobinado seguido de un enfriamiento lento para minimizar la fracción de martensita después del enfriamiento. Una temperatura de bobinado superior a 600 °C conduce a la formación de óxidos de superficie no deseados. Cuando la temperatura de bobinado es demasiado baja, por debajo de 400 °C, la dureza del producto después del enfriamiento aumenta, lo que aumenta los esfuerzos necesarios durante el laminado en frío posterior.

[0042] Se decapa después si es necesario el producto laminado en caliente según un procedimiento conocido en sí mismo.

[0043] Opcionalmente, se efectúa un recocido base intermedio de la chapa laminada en caliente bobinada entre T_{RB1} y T_{RB2} con $T_{RB1}=400$ °C y $T_{RB2}=700$ °C durante una duración comprendida entre 5 y 24 horas. Este tratamiento térmico permite obtener una resistencia mecánica inferior a 1000 MPa en toda la chapa laminada en caliente, de modo que se minimiza 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.

[0044] Después se realiza un laminado en frío con un índice de reducción comprendido preferentemente entre el 30 y 80 %.

[0045] Se realiza después el primer recocido del producto laminado en frío, preferentemente en una instalación de recocido continuo, con una velocidad media de calentamiento V_c comprendida entre 2 y 50 °C por segundo. En relación con la temperatura de recocido $T_{soaking1}$, esta gama de velocidad de calentamiento permite obtener una recristalización y un afinamiento adecuado de la estructura. Por debajo de 2 °C por segundo, se aumentan considerablemente los riesgos de decarburación de superficie. Por encima de 50 °C por segundo, se causará la aparición de trazas de no recristalización y de carburos insolubles durante el mantenimiento lo que produciría el efecto de reducir la fracción de austenita residual y dañaría por tanto la ductilidad. El calentado se efectúa hasta una temperatura de recocido $T_{soaking1}$ comprendida entre la temperatura $TS1$ y 950 °C donde $TS1=910,7 - 431,4 \cdot C - 45,6 \cdot Mn + 54,4 \cdot Si - 13,5 \cdot Cr + 52,2 \cdot Nb$ con las temperaturas en °C y las composiciones químicas en porcentaje másico. Cuando $T_{soaking1}$ es inferior a $TS1$, se promueve la presencia de ferrita poligonal más allá del 10 % y por tanto fuera de lo que busca la invención. Inversamente, si $T_{soaking1}$ está por encima de 950 °C, los tamaños de los granos austeníticos aumentan considerablemente lo que es perjudicial para el afinamiento de la microestructura final y por tanto para los niveles de límite de elasticidad que se encontrarían por debajo de 650 MPa.

[0046] Una duración de mantenimiento $t_{soaking1}$ comprendida entre 30 y 200 segundos a la temperatura $T_{soaking1}$ permite la disolución de los carburos previamente formados, y sobre todo una transformación suficiente en austenita. Por debajo de 30 s la disolución de los carburos sería insuficiente. Por otro lado, un tiempo de mantenimiento superior a 200 s es difícilmente compatible con las exigencias de productividad de las instalaciones de recocido continuo, en particular la velocidad de desplazamiento de la bobina. Además, aparece el mismo riesgo de engrosamiento de grano austenítico que en el caso de $T_{soaking1}$ por encima de 950 °C, con el mismo riesgo de tener un límite de elasticidad inferior a 650 MPa. La duración de mantenimiento $t_{soaking1}$ está comprendida por tanto entre 30 y 200 s.

[0047] Al final del mantenimiento del primer recocido, se enfría la chapa hasta la temperatura ambiente, la velocidad de enfriamiento V_{ref1} es suficientemente rápida para evitar la formación de la ferrita. Con estos efectos, esta velocidad de enfriamiento es superior a 30 °C/s, lo que permite obtener una microestructura con menos del 10 % de ferrita, el resto es martensita. De preferencia, se favorecerá una microestructura enteramente martensítica tras el primer recocido.

[0048] Se efectúa después el segundo recocido del producto laminado en frío y recocido una primera vez, de preferencia en el seno de una instalación de recocido continuo de galvanización, con una velocidad media de

calentamiento V_c superior a 2 °C por segundo para evitar los riesgos de decarburación de superficie. De preferencia, la velocidad media de calentamiento debe ser inferior a 50 °C por segundo para evitar la presencia de carburos insolubles durante el mantenimiento lo que produciría el efecto de reducir la fracción de austenita residual. El calentamiento se efectúa hasta una temperatura de recocido $T_{soaking2}$ comprendida entre la temperatura $Ac1 = 728$
 5 - $23,3 \cdot C - 40,5 \cdot Mn + 26,9 \cdot Si + 3,3 \cdot Cr + 13,8 \cdot Nb$ y $TS2 = 906,5 - 440,6 \cdot C - 44,5 \cdot Mn + 49,2 \cdot Si - 12,4 \cdot Cr + 55,9 \cdot Nb$
 con las temperaturas en °C y las composiciones químicas en porcentaje másico. Cuando $T_{soaking2}$ es inferior a $Ac1$, no se puede obtener la microestructura buscada por la invención porque solo se produciría el revenido de la martensita derivada del primer recocido. Cuando $T_{soaking2}$ es superior a $TS2$ el contenido en martensita recocida será inferior al 30 % lo que favorecerá la presencia de una gran cantidad de martensita fresca que degrade altamente de
 10 hecho la ductilidad del producto.

[0049] Una duración de mantenimiento $t_{soaking2}$ comprendida entre 30 y 200 segundos a la temperatura $T_{soaking2}$ permite la disolución de los carburos previamente formados, y sobre todo una transformación suficiente en austenita. Por debajo de 30 s la disolución de los carburos puede ser insuficiente. Por otro lado, un tiempo de
 15 mantenimiento superior a 200 s es difícilmente compatible con las exigencias de productividad de las instalaciones de recocido continuo, en particular la velocidad de desplazamiento de la bobina. Además, aparece el mismo riesgo de engrosamiento de grano austenítico que en el caso de $t_{soaking1}$ por encima de 200 s, con el mismo riesgo de tener un límite de elasticidad inferior a 650 MPa. La duración de mantenimiento $t_{soaking2}$ está comprendida por tanto entre 30 y 200 s.

[0050] Al final del mantenimiento del segundo recocido, se enfría la chapa hasta alcanzar una temperatura de final de enfriamiento T_{OA} comprendida entre $T_{OA1}=420$ °C y $T_{OA2}=480$ °C, la velocidad de enfriamiento V_{ref2} es suficientemente rápida para evitar la formación masiva de la ferrita, es decir, un contenido superior al 10 %. A estos efectos, esta velocidad de enfriamiento es superior a 20 °C por segundo.

[0051] La temperatura de final de enfriamiento debe estar comprendida entre $T_{OA1}=420$ °C y $T_{OA2}=480$ °C. Por debajo de 420 °C, la bainita formada será dura lo que puede dañar la ductilidad que podría ser inferior al 15 % para el alargamiento uniforme, además, esta temperatura es demasiado baja en caso de que se desee entrar en un baño de Zn que está generalmente a 460 °C, por lo que se enfriaría el baño continuamente. Si la temperatura T_{OA} es
 30 superior a 480 °C, se corre el riesgo de precipitar la cementita, fase carburada que va a disminuir el carbono disponible para estabilizar la austenita. Además, en caso de revestimiento galvanizado por inmersión, se podría evaporar el Zn líquido perdiendo el control de la reacción entre el baño y el acero si la temperatura es demasiado elevada, es decir por encima de 480 °C.

[0052] El tiempo de mantenimiento t_{OA} en la gama de temperatura T_{OA1} (°C) a T_{OA2} (°C) debe estar comprendido entre 5 y 120 segundos para permitir la transformación bainítica y así la estabilización de la austenita por enriquecimiento en carbono de dicha austenita. También debe ser superior a 5 s de forma que garantice un contenido en bainita conforme a la invención sin lo que el límite de elasticidad sería inferior a 650 MPa. También debe ser inferior a 120 s para limitar el contenido en bainita al 30 % como se busca en la invención sin lo que el
 40 contenido en austenita residual sería inferior al 10 % y la ductilidad del acero sería demasiado baja, lo que se manifestaría por un alargamiento uniforme inferior al 15 % y/o un alargamiento total inferior al 20 %.

[0053] Al final de este mantenimiento entre T_{OA1} (°C) y T_{OA2} (°C), se reviste la chapa doblemente recocida con un depósito de Zinc o de aleación de Zinc (el contenido en Zn de porcentaje másico siendo mayoritario) por
 45 revestimiento por inmersión en caliente antes de enfriamiento en ambiente. De preferencia, también se podrá revestir la chapa recocida desnuda con Zinc o aleación de Zinc mediante cualquier procedimiento electrolítico o fisicoquímico conocido en sí mismo. También se puede depositar por templado en caliente un revestimiento a base de aluminio o de aleación a base de aluminio (el contenido en Al en porcentaje másico siendo mayoritario).

[0054] Después se efectúa, de preferencia, un tratamiento térmico de post-recocido base sobre la chapa laminada en frío y doblemente recocida y revestida, a una temperatura de mantenimiento T_{base} comprendida entre 150 C y 190 °C durante un tiempo de mantenimiento t_{base} comprendido entre 10 h y 48 h para mejorar el límite de elasticidad y la plegabilidad. Este tratamiento se llamará: post-recocido base.

[0055] A continuación se ilustrará la presente invención a partir de los siguiente ejemplos no limitativos.

EJEMPLOS

[0056] Se han elaborado aceros cuya composición figura en la siguiente tabla, expresada en porcentaje

ponderal. La tabla 1 indica la composición química del acero que ha servido para la fabricación de las chapas de los ejemplos.

Tabla 1: Composiciones químicas (% en peso) y temperaturas críticas Ae1, TS1 y TS2 están en °C.

Acer o	C	Mn	Si	Al	Cr	Mo	Cu	Ni	V	Nb	S	P	B	Ti	N	Ae1	TS1	TS2
A	0,26	1,3	2,12	0,027	0,002	0,002	0,005	0,006	0,002	<u>0,124</u>	0,0027	0,019	0,0005	0,004	0,002	728	862	846
B	0,28	1,17	1,99	0,03	0,003	0,003	0,007	0,008	0,003	<u>0,017</u>	0,0036	0,014	0,00042	0,007	0,0014	727	844	829
C	0,29	1,17	1,98	0,029	0,003	0,003	0,007	0,008	0,003	<u>0,068</u>	0,0036	0,014	0,0004	0,006	0,0016	728	845	830
D	0,21	<u>1,25</u>	<u>3,04</u>	0,023	0,004	0,005	0,005	0,004	0,002	<u>0,00</u>	0,0033	0,018	0,0006	0,004	0,0015	754	927	907
E	<u>0,19</u>	<u>1,68</u>	<u>1,55</u>	0,053	0,024	0,006	0,007	0,017	0,004	<u>0,001</u>	0,002	0,009	0,0007	0,003	0,004	697	836	824

[0057] Las referencias D y E de la tabla 1 designan aceros cuyas composiciones no son conformes a la invención. Los contenidos no conformes a la invención están subrayados.

5 **[0058]** Se observa en concreto que las referencias D y E no son conformes a la invención porque sus composiciones están exentas de Niobio, lo que limitará la elasticidad y la resistencia mecánica de la chapa final por la ausencia de endurecimiento por precipitación.

10 **[0059]** Se observa asimismo que las referencias D y E no son conformes a la invención porque sus contenidos en Silicio están fuera de la horquilla buscada. Por encima del 3,00 % el silicio va a promover una cantidad de ferrita demasiado importante y la resistencia mecánica buscada no se alcanzará. Por debajo del 1,60 % en peso, la estabilización de la austenita residual no será suficientemente importante para obtener la ductilidad deseada.

15 **[0060]** Se observa además que la referencia E es no conforme a la invención porque el contenido en carbono es inferior al buscado lo que limitará la resistencia final y la ductilidad de la chapa. Además, el contenido en Mn es demasiado elevado, lo que limitará la cantidad final de bainita en la chapa, lo que tendrá el efecto de limitar la ductilidad de la chapa por una presencia demasiado importante de martensita fresca.

20 **[0061]** Se produjeron chapas correspondientes a las composiciones anteriores siguiendo las condiciones de fabricación recogidas en la tabla 2.

25 **[0062]** A partir de estas composiciones, algunos aceros han sido objeto de diferentes condiciones de recocido. Las condiciones previas al laminado en caliente son idénticas con un recalentamiento comprendido entre 1200 °C y 1250 °C, una temperatura de final de laminado comprendida entre 930 °C y 990 °C y un bobinado comprendido entre 540 °C y 560 °C. Todos los productos laminados en caliente son decapados a continuación y después, directamente laminados en frío con un índice de reducción comprendido entre 50 y 70 %.

30 **[0063]** La tabla 2 indica también las condiciones de fabricación de las chapas recocidas después de laminado en frío con las siguientes denominaciones:

- temperatura de recalentamiento: T_{rech}

- temperatura de final de laminado: T_f

- temperatura de bobinado: T_{BOB}

35 - índice de reducción con el laminado en frío

- velocidad de calentamiento en el primer recocido: V_{C1}

- temperatura de mantenimiento en el primer recocido: $T_{soaking1}$

- temperatura de mantenimiento en el primer recocido a $T_{soaking1}$: $t_{soaking1}$

- velocidad de enfriamiento en el primer recocido: V_{ref1}

40 - velocidad de calentamiento en el segundo recocido: V_{C2}

- temperatura de mantenimiento en el segundo recocido: $T_{soaking2}$

- tiempo de mantenimiento en el segundo recocido a $T_{soaking2}$: $t_{soaking2}$

- velocidad de enfriamiento en el segundo recocido: V_{ref2}

- temperatura de final de enfriamiento T_{OA}

45 - temperatura de mantenimiento a la temperatura T_{OA} : t_{OA}

- las temperaturas calculadas $Ac1$, $TS1$ y $TS2$ (en °C)

Tabla 2: Condición de recocido de los ejemplos y referencias

Acero	ID	T _{rech} (°C)	T _{fl} (°C)	T _{BOB} (°C)	Indice de reducción (%)	V _{C1} (°C/s)	T _{Soaking 1} (°C)	t _{soaking1} (s)	V _{ref1} (°C/s)	V _{C2} (°C/s)	T _{Soaking 2} (°C)	t _{Soaking2} (s)	V _{ref2} (°C/s)	T _{OA} (°C)	t _{oA} (s)	Ac1	TS1	TS2
A	A_1	1240	963	551	62	15	900	120	800	15	770	120	95	460	15	728	862	847
A	A_2	1240	963	551	62	15	900	120	800	15	770	120	95	460	20	728	862	847
A	A_3	1240	963	551	62	15	900	120	800	15	770	120	95	450	25	728	862	847
A	A_4	1240	963	551	62	15	900	120	300	15	770	120	95	450	30	723	862	847
A	A_5	1240	963	551	62	15	<u>800</u>	120	800	15	770	120	95	460	15	728	862	847
A	A_6	1240	963	551	62	15	<u>800</u>	120	800	15	770	120	95	460	20	728	862	847
B	B_1	1245	951	546	59	15	900	120	800	15	750	120	95	<u>400</u>	15	728	845	829
B	B_2	1245	951	546	59	15	<u>840</u>	120	800	15	750	120	95	450	30	728	845	829
B	B_3	1245	951	546	59	15	<u>840</u>	120	800	15	770	120	95	450	30	728	845	829
B	B_4	1245	951	546	59	15	<u>840</u>	120	800	15	790	120	95	450	30	728	845	829
c	C_1	1245	951	546	59	15	900	120	800	15	750	120	95	450	15	728	846	830
C	C_2	1245	951	546	59	15	<u>840</u>	120	800	15	750	120	95	450	30	728	846	830
C	C_3	1245	951	546	59	15	<u>840</u>	120	800	15	770	120	95	450	30	728	846	830
C	C_4	1245	951	546	59	15	<u>840</u>	120	800	15	790	120	95	450	30	726	846	830
C	C_5	1245	951	546	59	-	-	-	-	15	770	120	95	450	30	728	846	830
D	D_1	1243	965	553	61.5	15	<u>850</u>	120	800	15	800	120	95	460	30	754	927	907
D	D_2	1243	965	553	61.5	15	<u>850</u>	120	800	15	800	120	95	460	30	754	927	907
E	E_1	1210	952	541	52	15	870	120	800	5	820	87	36	450	25	697	837	825

E	E_2	1210	952	541	52	15	870	120	800	5	<u>840</u>	87	36	450	25	697	837	825
E	E_3	1210	952	541	52	15	870	120	800	5	<u>850</u>	87	36	450	25	697	837	825
E	E_4	1210	952	541	52	15	870	120	800	5	<u>860</u>	87	36	450	25	697	837	825
E	E_5	1210	952	541	52	15	870	120	800	3	800	110	<u>23</u>	450	38	697	837	825
E	E_6	1210	952	541	52	15	870	120	800	3	820	110	<u>24</u>	450	38	697	837	825

- 5 **[0064]** Las referencias A5 a A6, B1 a B4, C2 a C5, D1 y D2, E1 a E6 de la tabla 2 designan las chapas de acero fabricadas según las condiciones no conformes a la invención a partir de aceros cuyas composiciones se dan en la tabla 1. Los parámetros no conformes a la invención están subrayados.
- 10 **[0065]** Se observa que las referencias A5, A6, B2 a B4, C2 a C4, D1 y D2 son no conformes a la invención porque la temperatura de mantenimiento en el primer recocido T_{soaking1} es inferior a la temperatura calculada TS1, lo que favorecería una gran cantidad de ferrita en el primer recocido limitando así la resistencia mecánica de la chapa después del segundo recocido.
- 15 **[0066]** Se observa asimismo que las referencias E2, E3, y E4 son no conformes a la invención por su composición química y por el hecho de que la temperatura de mantenimiento en el segundo recocido T_{soaking2} es superior a la temperatura calculada TS2, lo que tendría el efecto de disminuir la cantidad de martensita recocida después del segundo recocido, limitando la ductilidad final de la chapa a causa de una cantidad de martensita fresca demasiado importante.
- 20 **[0067]** Se observa además que la referencia B1 es no conforme a la invención porque la temperatura T_{OA} está fuera de la gama 420°C - 480°C, lo que limitará la cantidad de austenita residual después del segundo recocido y limitará por tanto la ductilidad de la chapa.
- 25 **[0068]** Se observa asimismo que la referencia C5 es no conforme a la invención porque solo se ha aplicado a la chapa un único recocido, conforme a la invención y a las reivindicaciones del segundo recocido. La ausencia del primer recocido conduce a la ausencia de martensita recocida en la microestructura, lo que limita altamente el límite de elasticidad y la resistencia mecánica finales de la chapa.
- 30 **[0069]** Se observa por último que las dos referencias E5 y E6 son no conformes a la invención la velocidad de enfriamiento en el segundo recocido V_{Ref2} es inferior a 30 °C/s lo que favorece la formación de la ferrita en el enfriamiento, lo que producirá el efecto de reducir el límite de elasticidad y la resistencia mecánica de la chapa.
- 35 **[0070]** Los ejemplos A1 a A4, C1 son los de la invención.
- [0071]** Se miden a continuación las propiedades mecánicas utilizando una probeta de tipo ISO 12,5x50 y los contenidos de cada una de las fases presentes en las microestructuras elaboradas por corte transversal del material a partir de las composiciones químicas dadas en la tabla 1 siguiendo los procedimientos descritos en la tabla 2. Las tracciones uniaxiales que permiten obtener estas propiedades mecánicas se hacen en el sentido paralelo al del laminado en frío.
- 40 **[0072]** Los contenidos de cada una de las fases después de cada recocido y las propiedades mecánicas de tracción obtenidas se han llevado a la tabla 3 que aparece a continuación con las abreviaciones siguientes:
- %M1: fracción superficial de martensita tras el primer recocido
 - %F1: fracción superficial de ferrita tras el primer recocido
 - %M2: fracción superficial de martensita tras el segundo recocido
 - %F2: fracción superficial de ferrita tras el segundo recocido
 - 45 - %RA: fracción superficial de austenita residual tras el segundo recocido
 - %AM: fracción superficial de martensita recocida tras el segundo recocido
 - %B: fracción superficial de bainita tras el segundo recocido
 - el límite de elasticidad: Re
 - la resistencia mecánica: Rm - alargamiento uniforme: Al. Unif.
 - 50 - Alargamiento total: Al. Total

Tabla 3: Fracciones superficiales de cada una de las fases de microestructuras y de las propiedades mecánicas de las referencias y de la invención

Acero	ID	%M1	%F1	%M2	%F2	%RA	%AM	%B	Re (MPa)	Rm (MPa)	Al. Unif. (%)	Al. Total. (%)	Re/Rm
A	A_1	97	3	22	3	17	48	10	667	1000	20,6	24,1	0,67
A	A_2	96	4	21	4	18	45	12	723	992	17,3	24,3	0,73
A	A_3	97	3	17	3	19	46	15	671	984	22,3	28,3	0,68
A	A_4	98	2	15	2	21	45	17	684	986	21,5	26,7	0,69
A	A_5	59	41	22	41	17	11	9	496	1018	20,1	21,7	0,49
A	A_6	60	40	20	40	19	10	11	511	1007	21,5	23,3	0,51
B	B_1	98	2	6	2	14	56	22	634	881	16,8	20,5	0,72
B	B_2	86	14	8	14	16	48	14	682	925	24,7	30,7	0,74
B	B_3	85	15	13	15	19	41	12	662	926	23,8	29,4	0,71
B	B_4	84	16	18	16	19	36	11	679	917	25,8	31,3	0,74
C	C_1	97	3	14	3	18	53	12	694	981	23,2	29,0	0,71
C	C_2	83	17	6	17	17	45	15	714	905	13,7	16,6	0,79
C	C_3	81	19	10	19	19	38	14	703	928	24,0	29,4	0,76
C	C_4	81	19	19	19	16	33	13	692	916	21,4	26,5	0,76
C	C_5	-	-	25	48	15	-	12	469	850	17,4	22,2	0,55
D	D_1	64	36	17	36	15	26	6	488	999	16,6	22,0	0,49
D	D_2	63	37	18	37	14	22	9	500	1039	17,3	19,9	0,48
E	E_1	98	2	8	14	21	31	26	600	893	16	20,6	0,67
E	E_2	97	3	17	16	18	15	34	550	899	18,8	23,5	0,61

E	E_3	98	2	19	<u>17</u>	16	8	<u>40</u>	<u>551</u>	<u>904</u>	18,9	23,6	0,61
E	E_4	96	4	15	<u>19</u>	15	<u>3</u>	<u>48</u>	<u>483</u>	<u>872</u>	19,7	25	0,55
E	E_5	98	2	13	<u>21</u>	14	43	9	<u>472</u>	<u>925</u>	16,9	20,5	0,51
E	E_6	99	1	19	<u>19</u>	16	32	14	<u>545</u>	<u>897</u>	16,3	20,1	0,61

- 5 **[0073]** Las referencias A5 y A6, B1 a B4, C2 a C5, D1 y D2, E1 a E6 de la tabla 3 designan las chapas de acero fabricadas según las condiciones descritas en la tabla 2 a partir de aceros cuyas composiciones se dan en la tabla 1. Las propiedades mecánicas y las fracciones de fases no conformes a la invención están subrayados.
- [0074]** Los ejemplos A1 a A4 y C1 son los de la invención.
- 10 **[0075]** Se observa que las referencias A5, A6, D1 y D2 son no conformes a la invención porque el límite del límite de elasticidad es inferior a 650 MPa, lo que se explica por una alta cantidad de ferrita tras el primer recocido y una baja fracción de martensita recocida tras el segundo recocido, lo que se debe a una temperatura de mantenimiento T_{soaking1} inferior a la temperatura calculada TS1.
- 15 **[0076]** Se observa además que las referencias B2 a B4 y C2 a C4 son no conformes a la invención porque la resistencia mecánica es inferior a 980 MPa, lo que se explica por una cantidad de ferrita superior al 10 % después del primer recocido, lo que limitará la fracción de martensita fresca tras el segundo recocido, lo que se debe a una temperatura de mantenimiento T_{soaking1} inferior a la temperatura calculada TS1.
- 20 **[0077]** Se observa asimismo que la referencia B1 es no conforme a la invención porque el límite de elasticidad es inferior a 650 MPa y la resistencia mecánica es inferior a 980 MPa, lo que se explica por una cantidad de martensita fresca demasiado baja tras el segundo recocido, lo que se debe a una temperatura final de enfriamiento T_{OA} inferior a 420 °C.
- 25 **[0078]** Se observa asimismo que las referencia E1 a E6 son no conformes a la invención porque el límite de elasticidad es inferior a 650 MPa y la resistencia mecánica es inferior a 980 MPa. La no conformidad de estos ejemplos traduce una composición química inadaptada, en particular de los contenidos en elementos endurecedores demasiado bajos (carbono, silicio) y la falta de endurecimiento por precipitado debido a la ausencia de Niobio. Este efecto es aún más marcado por las referencias E2 a E6, porque el procedimiento según la invención no se ha respetado y las cantidades de fases obtenidas están fuera de las horquillas buscadas.
- 30 **[0079]** Se observa por último que la referencia C5 no es conforme a la invención porque solo se ha aplicado un único recocido, correspondiente al procedimiento del segundo recocido según la invención, lo que traduce la ausencia de martensita recocida necesaria para obtener el límite de elasticidad y la resistencia mecánica buscada en la invención.
- 35 **[0080]** La invención permite además poner a disposición una chapa de acero apta para el depósito de un revestimiento de Zinc o de aleación de Zn, en particular por un procedimiento de templado en caliente en un baño de Zn líquido seguido o no de un tratamiento térmico de aleación.
- 40 **[0081]** Permite por último poner a disposición un acero que presenta una buena aptitud al soldado mediante procedimientos de ensamblaje habituales como, por ejemplo y a título no limitativo, el soldado por resistencia por puntos.
- 45 **[0082]** Las chapas de acero según la invención se utilizarán con provecho para la fabricación de piezas de estructuras, elementos de refuerzos, de seguridad, antiabrasivos o discos de transmisiones para aplicaciones en los vehículos terrestres a motor.

REIVINDICACIONES

1. Chapa de acero cuya composición comprende, con el contenido expresado en porcentaje de peso,

$$0,20\% \leq C \leq 0,40\%$$

$$0,8\% \leq Mn \leq 1,4\%$$

$$1,60\% \leq Si \leq 3,00\%$$

$$0,015 \leq Nb \leq 0,150\%$$

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

$$Cr \leq 1,0 \%$$

$$S \leq 0,006\%$$

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

$$Ti \leq 0,05\%$$

$$V \leq 0,05\%$$

$$Mo < 0,03\%$$

$$B \leq 0,003\%$$

$$N \leq 0,01\%$$

5 el resto de la composición está constituido de hierro y de impurezas inevitables que resultan de la elaboración, la microestructura está constituida, en proporciones superficiales, del 10 al 30 % de austenita residual, del 30 al 60 % de martensita recocida, del 5 al 30 % de bainita, del 10 al 30 % de martensita fresca y de menos del 10 % de ferrita.

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

$$0,22\% \leq C \leq 0,32\%$$

15

ES 2 692 848 T3

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

$$1,0\% \leq \text{Mn} \leq 1,4\%$$

5

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

$$1,8\% \leq \text{Si} \leq 2,5\%$$

10

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

$$\text{Cr} \leq 0,5\%$$

15

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

$$0,020\% \leq \text{Nb} \leq 0,13\%$$

20

7. Chapa de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 que comporta un revestimiento de Zinc o de aleación de zinc.

8. Chapa de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 que comporta un revestimiento de aluminio o de aleación de aluminio.

9. Chapa de acero según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 cuya resistencia mecánica es superior o igual a 980 MPa, el límite de elasticidad es superior o igual a 650 MPa, el alargamiento uniforme superior o igual a 15 % y el alargamiento de rotura superior o igual al 20 %.

30

10. Procedimiento de fabricación de una chapa de acero laminada en frío, doblemente recocida que comprende las siguientes etapas sucesivas:

- se suministra un acero de composición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, después
- 35 - se cuele dicho acero en forma de semiproducto; después
- se lleva dicho semiproducto a una temperatura T_{rech} comprendida entre 1100 °C y 1280 °C para obtener un semiproducto recalentado; después
- se lamina en caliente dicho semiproducto recalentado, con la temperatura de final de laminado en caliente T_{fi} superior o igual a 900 °C para obtener una chapa laminada en caliente; después
- 40 - se bobina dicha chapa laminada en caliente a una temperatura T_{bob} comprendida entre 400 y 600 °C para obtener una chapa laminada en caliente bobinada, después,
- se enfría dicha chapa laminada en caliente bobinada hasta la temperatura ambiente; después,
- se desbobina y se decapa dicha chapa laminada en caliente bobinada; después,
- se lamina en frío dicha chapa laminada en caliente con un índice de reducción comprendido entre el 30 y el 80 %
- 45 de forma que se obtenga una chapa laminada en frío; después
- se recuece una primera vez dicha chapa laminada en frío recalentándola a una velocidad V_{C1} comprendida entre 2 y 50 °C/s hasta una temperatura $T_{soaking1}$ comprendida entre $TS1 = 910,7 - 431,4 \cdot C - 45,6 \cdot \text{Mn} + 54,4 \cdot \text{Si} - 13,5 \cdot \text{Cr} + 52,2 \cdot \text{Nb}$ y 950 °C, con los contenidos expresados en porcentaje del peso, durante una duración $t_{soaking1}$ comprendida entre 30 y 200 segundos; después:
- 50 - se enfría dicha chapa someténdola a un enfriamiento hasta la temperatura ambiente a una velocidad superior o igual a 30 °C/s, después,
- se recuece una segunda vez dicha chapa calentándola a una velocidad V_{C2} comprendida entre 2 y 50 °C/s hasta

una temperatura T_{soaking2} comprendida entre $Ac1$ y $TS2=906,5 - 440,6^{\circ}C - 44,5^{\circ}Mn + 49,2^{\circ}Si - 12,4^{\circ}Cr + 55,9^{\circ}Nb$, con los contenidos expresados en porcentaje de peso, durante una duración t_{soaking2} comprendida entre 30 y 200 segundos; después

- se enfría dicha chapa sometiéndola a un enfriamiento a una velocidad superior o igual a $30^{\circ}C/s$ hasta la

5 temperatura de final de enfriamiento T_{OA} comprendida entre $420^{\circ}C$ y $480^{\circ}C$; después,

- se mantiene dicha chapa en el rango de temperatura que va de 420 a $480^{\circ}C$ durante una duración t_{OA} comprendida entre 5 y 120 segundos; después,

- opcionalmente se deposita un revestimiento sobre la chapa laminada en frío y recocida

Se enfría dicha chapa hasta la temperatura ambiente.

10

11. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 10 en el que se efectúa además un recocido llamado base de dicha chapa laminada en caliente bobinada antes de laminado en frío de forma que dicha chapa se caliente y después se mantenga a una temperatura comprendida entre $400^{\circ}C$ y $700^{\circ}C$ durante una duración comprendida entre 5 y 24 horas.

15

12. Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones 10 u 11 en el que se mantiene dicha chapa a la temperatura de final de enfriamiento T_{OA} de forma isotérmica entre 420 y $480^{\circ}C$ entre 5 y 120 segundos.

20

13. Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12 en el que la chapa laminada en frío, doblemente recocida, se lamina seguidamente en frío con un índice de laminado en frío comprendido entre 0,1 y 3 % antes de depositar un revestimiento.

14. Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, en el que la chapa

25 finalmente se calienta a una temperatura de mantenimiento T_{base} comprendida entre $150^{\circ}C$ y $190^{\circ}C$ durante un tiempo de mantenimiento t_{base} comprendido entre 10 h y 48 h.

15. Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en el que, tras el mantenimiento a T_{OA} la chapa se reviste por inmersión en un baño líquido de uno de los siguientes elementos:

30 aluminio, zinc, aleación de aluminio o aleación de zinc.

16. Utilización de una chapa según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, o de una chapa fabricada por un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15 para la fabricación de piezas para vehículos.