

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 515 116**

51 Int. Cl.:

C22C 38/00 (2006.01)

C22C 38/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.07.2006 E 06778838 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.09.2014 EP 1913169**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de chapas de acero que presentan una elevada resistencia y una excelente ductilidad, y chapas así producidas**

30 Prioridad:

04.08.2005 EP 05291675

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

29.10.2014

73 Titular/es:

**ARCELORMITTAL FRANCE (100.0%)
1-5, RUE LUIGI CHERUBINI
93200 SAINT DENIS, FR**

72 Inventor/es:

**BARGES, PATRICK;
SCOTT, COLIN;
PETITGAND, GÉRARD y
PERRARD, FABIEN**

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 515 116 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de fabricación de chapas de acero que presentan una elevada resistencia y una excelente ductilidad, y chapas así producidas

5

[0001] La invención se refiere a la fabricación de chapas de acero, más especialmente de aceros « TRIP » (« *Transformation Induced Plasticity* ») es decir que presenta una plasticidad inducida por una transformación alotrópica.

10

[0002] En la industria del automóvil, existe una necesidad continua de aligeramiento de los vehículos que se traduce en la búsqueda de aceros con límite de elasticidad o de resistencia aumentadas. Por ello se han propuesto aceros de resistencia elevada que comprenden elementos de micro-aleación. El endurecimiento se obtiene simultáneamente por precipitación y por afinamiento del tamaño de los granos. Con la finalidad de obtener niveles de resistencia aún mayores, se han desarrollado aceros TRIP que presentan combinaciones de propiedades (resistencia-aptitud a la deformación) ventajosas. Estas propiedades están ligadas a la estructura de estos aceros, constituida por una matriz ferrítica que comprende fases de bainita y austenita residual. En las chapas laminadas en caliente, la austenita residual se estabiliza gracias a un aumento de la concentración de elementos tales como el silicio o el aluminio, estos elementos retardan la precipitación de los carburos en la bainita. En lo que se refiere a la fabricación de chapas laminadas en frío de acero TRIP, se realiza mediante una recalefacción durante el recocido en un ámbito en que la austenitización interviene de manera parcial, seguida de una refrigeración rápida para evitar la formación de perlita y de un soporte isoterma en el ámbito bainítico: una parte de la austenita se transforma en bainita, otra parte se estabiliza por el incremento de la concentración de carbono de los islotes de austenita residual. Así, la presencia inicial de austenita residual dúctil está asociada a una gran aptitud para la deformación. Bajo el efecto de una deformación ulterior, por ejemplo durante una estampación, la austenita residual de una pieza de acero TRIP se transforma progresivamente en martensita lo que se traduce en un endurecimiento importante. Por lo tanto, un acero que presenta un comportamiento TRIP permite garantizar una aptitud importante para la deformación y una resistencia mecánica elevada, siendo estas dos propiedades habitualmente antagonistas. Esta combinación proporciona un potencial de absorción de energía elevada, calidad típicamente buscada en la industria automóvil para piezas resistentes a los choques.

30

[0003] El carbono realiza una función importante en la fabricación de los aceros TRIP: por un lado su presencia en cantidad suficiente en el seno de los islotes de austenita residual es necesaria para que la temperatura de transformación martensítica local se reduzca por debajo de la temperatura ambiente. Por otro lado, se suele añadir para aumentar la resistencia de manera económica. Sin embargo, esta adición de carbono debe limitarse para garantizar que la capacidad para la soldadura de los productos siga siendo satisfactoria: en el caso contrario, se reducen la ductilidad de los ensamblados soldados y la resistencia a la fisuración en frío. Por lo tanto se busca un procedimiento de fabricación para aumentar la resistencia de las chapas de acero TRIP, en particular más allá de 900-1100 MPa aproximadamente para una concentración de carbono del orden de 0,2% en peso sin que el alargamiento total se reduzca por debajo de un valor de 18%. Es deseable un aumento de resistencia de más de 100 MPa con respecto a los niveles actuales.

40

[0004] También se busca un procedimiento de fabricación de chapas de acero laminadas en caliente o en frío que sería poco sensible a pequeñas variaciones de las condiciones industriales de fabricación, en particular a variaciones de temperatura. Por lo tanto, se busca obtener un producto caracterizado por una microestructura y propiedades mecánicas poco sensibles a pequeñas variaciones de estos parámetros de fabricación. También se busca obtener un producto de alta tenacidad que ofrezca una excelente resistencia a la ruptura.

45

[0005] La presente invención tiene como objetivo resolver los problemas previamente mencionados.

50

[0006] Con este objetivo, la invención tiene por objeto una composición para la fabricación de acero que presenta un comportamiento TRIP, que comprende, estando las concentraciones expresadas en peso: $0,08\% \leq C \leq 0,23\%$, $1\% \leq Mn \leq 2\%$, $1 \leq Si \leq 2\%$, $Al \leq 0,030\%$, $0,1\% \leq V \leq 0,25\%$, $Ti \leq 0,010\%$, $S \leq 0,015\%$, $P \leq 0,1\%$, $0,004\% \leq N \leq 0,012\%$, y a título opcional uno o varios elementos escogidos de entre: $Nb \leq 0,1\%$, $Mo \leq 0,5\%$, $Cr \leq 0,3\%$, el resto de la composición estando constituido por hierro e impurezas inevitables resultantes de la elaboración. Preferentemente, la concentración de carbono es tal que: $0,08\% \leq C \leq 0,13\%$. Según una variante preferida, la concentración de carbono es tal que: $0,13\% < C \leq 0,18\%$.

55

[0007] Aún más preferentemente, la concentración de carbono es tal que: $0,18\% < C \leq 0,23\%$.

60

[0008] Preferentemente, la concentración de manganeso es tal que: $1,4\% \leq Mn \leq 1,8\%$. Aún más preferentemente, la concentración de manganeso cumple que: $1,5\% \delta Mn \leq 1,7\%$.

[0009] A título preferido, la concentración de silicio es tal que: $1,4\% \leq Si \leq 1,7\%$. Preferentemente, la concentración de aluminio cumple que: $Al \leq 0,015\%$.

65

ES 2 515 116 T3

[0010] Según un modo preferido, la concentración de vanadio es tal que: $0,12\% \leq V \leq 0,15\%$.

[0011] Aún más preferentemente, la concentración de titanio es tal que: $Ti \leq 0,005\%$. La invención también tiene por objeto una chapa de acero con la composición de más arriba, cuya microestructura está constituida por ferrita, bainita, austenita residual, y eventualmente martensita.

[0012] Según un modo preferido, la microestructura del acero comprende una concentración de austenita residual comprendida entre 8 y 20%.

[0013] La microestructura del acero comprende preferentemente una concentración de martensita inferior a 2%.

[0014] A título preferencial, el tamaño medio de los islotes de austenita residual es inferior o igual a 2 micrómetros.

[0015] El tamaño medio de los islotes de austenita residual es preferentemente inferior o igual a 1 micrómetro.

[0016] La invención también tiene por objeto un procedimiento de fabricación de una chapa laminada en caliente que presenta un comportamiento TRIP, según el cual:

- se proporciona un acero según cualquiera de las composiciones de más arriba,
- se procede a la colada de un semi-producto a partir de este acero,
- se lleva dicho semi-producto a una temperatura superior a 1200°C ,
- se lamina en caliente el semi-producto,
- se enfría la chapa así obtenida,
- se bobina la chapa, es cogiéndose la temperatura T_{fi} de fin del laminado en caliente, la velocidad V_r de la refrigeración, la temperatura de devanado T_{bob} de tal manera que la microestructura del acero esté constituida por ferrita, bainita, austenita residual, y eventualmente martensita.

[0017] Preferentemente, la temperatura T_{fi} de fin de laminado en caliente, la velocidad V_r de la refrigeración, la temperatura T_{bob} de devanado se escogen de tal manera que la microestructura del acero comprenda una concentración de austenita residual comprendida entre 8 y 20%.

[0018] Aún más preferentemente, la temperatura T_{fi} de fin de laminado en caliente, la velocidad V_r de refrigeración, la temperatura T_{bob} de devanado se escogen de tal manera que la microestructura del acero comprenda una concentración de martensita inferior a 2%.

[0019] A título preferido, la temperatura T_{fi} de fin de laminado en caliente, la velocidad V_r de refrigeración, la temperatura T_{bob} de devanado se escogen de tal manera que el tamaño medio de los islotes de austenita residual sea inferior o igual a 2 micrómetros, y muy preferentemente inferior a 1 micrómetro.

[0020] La invención también tiene por objeto un procedimiento de fabricación de una chapa laminada en caliente que presenta un comportamiento TRIP, según el cual:

- se lamina en caliente el semi-producto hasta una temperatura de fin de laminado T_{fi} superior o igual a 900°C ,
- se enfría la chapa así obtenida con una velocidad de refrigeración V_r superior o igual a 20°C/s ,
- se bobina la chapa a una temperatura T_{bob} inferior a 450°C . Preferentemente, la temperatura de devanado T_{bob} es inferior a 400°C . La invención también tiene por objeto un procedimiento de fabricación de una chapa laminada en frío que presenta un comportamiento TRIP, según el cual se proporciona una chapa de acero laminado en caliente fabricada según cualquiera de los procesos descritos de más arriba, se decapa la chapa, se lamina en frío la chapa, se somete la chapa a un tratamiento térmico de recocido, comprendiendo el tratamiento térmico una fase de calefacción a una velocidad de calefacción V_{cm} , una fase de mantenimiento a una temperatura de mantenimiento T_m durante un tiempo de mantenimiento t_m , a la que le sigue una fase de refrigeración a una velocidad de refrigeración V_{rm} cuando la temperatura es inferior a Ar_3 , a la que le sigue una fase de mantenimiento a una temperatura de mantenimiento T'_m durante un tiempo de mantenimiento t'_m , escogiéndose los parámetros V_{cm} , T_m , t_m , V_{rm} , T'_m , t'_m de tal manera que la microestructura de dicho acero esté constituida por ferrita, bainita, austenita residual, y eventualmente martensita.

[0021] Según un modo preferido, los parámetros V_{cm} , T_m , t_m , V_{rm} , T'_m , t'_m se escogen de tal manera que la microestructura del acero comprenda una concentración de austenita residual comprendida entre 8 y 20%.

[0022] Aún más preferentemente, los parámetros V_{cm} , T_m , t_m , V_{rm} , T'_m , t'_m el tratamiento térmico que comprende de tal manera que la microestructura del acero comprenda menos de 2% martensita.

[0023] Según un modo preferido, los parámetros V_{cm} , T_m , t_m , V_{rm} , T'_m , t'_m el tratamiento térmico que comprende de tal manera que el tamaño medio de los islotes de austenita residual es inferior a 2 micrómetros, muy preferentemente inferior a 1 micrómetro. La invención también tiene por objeto un procedimiento de fabricación de una chapa laminada en frío que presenta un comportamiento TRIP, según el cual se somete la chapa un tratamiento

térmico de recocido, comprendiendo el tratamiento térmico una fase de calefacción a una velocidad V_{cm} superior o igual a 2°C/s , una fase de mantenimiento a una temperatura de mantenimiento T_m comprendida entre A_{c1} y A_{c3} durante un tiempo de mantenimiento t_m comprendido entre 10 y 200s, a la que le sigue una fase de refrigeración a una velocidad de refrigeración V_{rm} superior a 15°C/s cuando la temperatura es inferior a A_{r3} , a la que le sigue una fase de mantenimiento a una temperatura T'_m comprendida entre 300 y 500°C durante un tiempo de mantenimiento t'_m comprendido entre 10 y 1000 s.

[0024] La temperatura de mantenimiento T_m está preferentemente comprendida entre 770 y 815°C .

[0025] La invención también tiene por objeto la utilización de una chapa de acero que presenta un comportamiento TRIP, según cualquiera de las variantes descritas de más arriba, o fabricada mediante uno de los procesos descritos más arriba, para la fabricación de piezas de estructura o de elementos de refuerzo en el ámbito automóvil.

[0026] Otras características y ventajas de la invención aparecerán en el transcurso de la siguiente descripción, ofrecida a título de ejemplo.

[0027] En lo que se refiere a la composición química del acero, el carbono realiza una función muy importante en la formación de la microestructura y las propiedades mecánicas: Según la invención, una transformación bainítica interviene a partir de una estructura austenítica formada a alta temperatura, y se forman unos listones de ferrita bainítica. Teniendo en cuenta la solubilidad muy inferior del carbono en la ferrita con respecto a la austenita, el carbono de la austenita es rechazado entre los listones. Gracias a determinados elementos de aleación de la composición de acero según la invención, en particular el silicio y el manganeso, la precipitación de carburos, en especial de cementita, interviene muy poco. Así, la austenita inter-listones se enriquece progresivamente de carbono sin que intervenga la precipitación de carburos. Este enriquecimiento es tal que la austenita se estabiliza, es decir que la transformación martensítica de esta austenita no interviene durante la refrigeración hasta la temperatura ambiente. Según la invención, la concentración de carbono está comprendida entre $0,08$ y $0,23\%$ en peso. A título preferencial, la concentración de carbono está comprendida en un primer intervalo que va de $0,08$ a $0,13\%$ en peso. En un segundo intervalo preferente, la concentración de carbono es superior a $0,13\%$ y es inferior o igual a $0,18\%$ en peso. La concentración de carbono está comprendida en un tercer intervalo preferente, donde esta es superior a $0,18$ e inferior o igual a $0,23\%$ en peso.

[0028] Como el carbono es un elemento especialmente importante para el endurecimiento, la concentración mínima de carbono de cada una de los tres intervalos preferentes permite obtener una resistencia mínima de 600 MPa, 800 MPa y 950 MPa en chapas laminadas en frío y recocidas, respectivamente en cada uno de los intervalos mencionados más arriba. La concentración máxima de carbono de cada uno de estos tres intervalos permite garantizar una capacidad de soldadura satisfactoria en especial en soldadura por puntos si se considera el nivel de resistencia obtenido en estos tres intervalos preferentes.

[0029] En cantidad comprendida entre 1 y 2% en peso, una adición de manganeso, elemento de carácter gammageno, contribuye a disminuir la temperatura de inicio de transformación martensítica M_s y a estabilizar la austenita. Esta adición de manganeso también contribuye a un endurecimiento eficaz en solución sólida y por lo tanto a la obtención de una resistencia aumentada. El manganeso está comprendido preferentemente entre $1,4$ y $1,8\%$ en peso: de este modo se combina un endurecimiento satisfactorio y un aumento de la estabilidad de la austenita sin por ello aumentar de manera excesiva la capacidad de templado en los ensamblados soldados. De manera óptima, la concentración de manganeso está comprendida entre $1,5$ y $1,7\%$ en peso. De esta manera, los efectos buscados mencionados más arriba se obtienen sin riesgo de formación de una estructura en bandas nefasta que provendría de una segregación eventual del manganeso durante la solidificación.

[0030] En cantidad comprendida entre 1 y 2% en peso, el silicio inhibe la precipitación de la cementita durante la refrigeración a partir de la austenita retardando considerablemente el crecimiento de los carburos: esto proviene del hecho de que la solubilidad del silicio en la cementita es muy reducida y que este elemento aumenta la actividad del carbono en la austenita. De esta manera, un germen eventual de cementita que se forma tendrá como entorno una zona austenítica rica en silicio que habrá sido rechazada en la interfaz precipitado-matriz. Esta austenita enriquecida con silicio es también más rica en carbono y el crecimiento de la cementita se ralentiza debido a la difusión poco importante resultante del gradiente reducido de carbono entre la cementita y la zona austenítica de la vecindad. Por lo tanto, esta adición de silicio contribuye a estabilizar una cantidad suficiente de austenita residual para obtener un efecto TRIP. Además, esta adición de silicio permite aumentar la resistencia gracias a un endurecimiento en solución sólida. Sin embargo, una adición excesiva de silicio provoca la formación de óxidos fuertemente adherentes, difícilmente eliminables durante una operación de decapado, y la aparición eventual de defectos de superficie debidos en especial a una falta de empapado en las operaciones de galvanización en el templado. Con la finalidad de obtener la estabilización de una cantidad suficiente de austenita reduciendo al mismo tiempo el riesgo de defectos de superficie, la concentración de silicio es preferentemente comprendida entre $1,4$ y $1,7\%$ en peso.

[0031] El aluminio es un elemento muy eficaz para la desoxidación del acero. Como el silicio, es muy poco soluble en la cementita y podría ser utilizado a este título para evitar la precipitación de la cementita durante el mantenimiento a una temperatura de transformación bainítica y estabilizar la austenita residual. Sin embargo, según

la invención, la concentración de aluminio es inferior o igual a 0,030% en peso: efectivamente, como se verá a continuación, se obtiene un endurecimiento muy eficaz mediante una precipitación de carbonitruros de vanadio: cuando la concentración de aluminio es superior a 0,030%, existe un riesgo de precipitación de nitruro de aluminio que reduce en esta cantidad la cantidad de nitrógeno susceptible de precipitar con el vanadio. Preferentemente, cuando esta cantidad es inferior o igual a 0,015% en peso, se descarta cualquier riesgo de precipitación de nitruro de aluminio y se obtiene el efecto total del endurecimiento por la precipitación de los carbonitruros de vanadio.

[0032] Por la misma razón, la concentración de titanio es inferior o igual a 0,010% en peso con el fin de no precipitar una cantidad significativa de nitrógeno en forma de nitruros o de carbonitruros de titanio. Teniendo en cuenta la fuerte afinidad del titanio hacia el nitrógeno, la concentración de titanio es preferentemente inferior o igual a 0,005% en peso. Esta concentración de titanio permite entonces evitar la precipitación de (Ti,V)N en chapas laminadas en caliente.

[0033] El vanadio y el nitrógeno son unos elementos importantes de la invención: Los inventores han puesto en evidencia que, cuando estos elementos están presentes en cantidades definidas según la invención, precipitan en forma de carbonitruros de vanadio muy finos asociados a un endurecimiento importante. Cuando la concentración de vanadio es inferior a 0,1% en peso o cuando la concentración de nitrógeno es inferior a 0,004% en peso, se limita la precipitación de carbonitruros de vanadio y el endurecimiento es insuficiente. Cuando la concentración de vanadio es superior a 0,25% en peso o cuando la concentración de nitrógeno es superior a 0,012% en peso, la precipitación interviene en un estadio precoz tras el laminado en caliente en forma de precipitados más gruesos. El tamaño de estos precipitados no permite aprovechar totalmente el endurecimiento potencial del vanadio, muy especialmente cuando se trata de la fabricación de una chapa de acero laminada en frío y recocida. En este último caso, los inventores han puesto en evidencia que conviene limitar la precipitación del vanadio en la etapa del laminado en caliente con el fin de sacar el máximo partido de una precipitación fina endurecedora durante un recocido ulterior. Además, la limitación de la precipitación del vanadio en este estadio permite reducir las fuerzas necesarias durante el laminado en frío ulterior y por lo tanto sacar el máximo provecho de las prestaciones de las instalaciones industriales.

[0034] Cuando la concentración de vanadio está comprendida entre 0,12 y 0,15% en peso, el alargamiento uniforme o a la ruptura aumenta especialmente.

[0035] En cantidad superior a 0,015% en peso, el azufre tiende a precipitar en cantidad excesiva en forma de sulfuros de manganeso que reducen fuertemente la aptitud para la conformación.

[0036] El fósforo es un elemento conocido para segregarse en las uniones de granos. Su concentración debe limitarse a 0,1% en peso de tal manera que pueda mantener una ductilidad en caliente suficiente y con el fin de favorecer una ruptura por desprendimiento durante ensayos de tracción-cizallamiento efectuados en ensamblados soldados por punto.

[0037] A título opcional, unos elementos tales como el cromo y el molibdeno que retardan la transformación bainítica y favorecen el endurecimiento por solución sólida, pueden añadirse en cantidad respectivamente inferior o igual a 0,3 o 0,5% en peso. El niobio también puede añadirse a título opcional en cantidad inferior o igual a 0,1% en peso de tal manera que pueda aumentar la resistencia por una precipitación complementaria de carbonitruros.

[0038] La realización del procedimiento de fabricación de una chapa laminada en caliente según la invención es la siguiente:

- Se proporciona un acero de composición según la invención
- Se procede a la colada de un semi-producto a partir de este acero. Esta colada puede realizarse en lingotes o en continuo en forma de losas de espesor del orden de 200mm. Se puede también realizar la colada en forma de losas delgadas de algunas decenas de milímetros de espesor o de bandas delgadas entre cilindros de acero contra-rotativos.

[0039] Los semi-productos colados se llevan ante todo a una temperatura superior a 1200°C para alcanzar en todo punto una temperatura favorable a las deformaciones elevadas que padecerá el acero durante el laminado así como para evitar en este estadio de la fabricación la presencia de carbonitruros de vanadio. Naturalmente, en el caso de una colada directa de losas delgadas o de bandas delgadas entre cilindros contra-rotativos, la etapa de laminado en caliente de estos semi-productos que empieza a más de 1200°C puede hacerse directamente tras la colada y entonces no es necesaria una etapa de recalentamiento intermedia. Como se verá, esta temperatura mínima de 1200°C también permite realizar el laminado en caliente en fase enteramente austenítica en condiciones satisfactorias en un tren continuo de laminado en caliente.

[0040] Se lamina en caliente el semi-producto hasta una temperatura de fin de laminado T_f superior o igual a 900°C: de esta manera, el laminado se realiza enteramente en fase austenítica donde la solubilidad de los carbonitruros de vanadio es más importante y donde la probabilidad de una precipitación de V(CN) es la más reducida. Por la misma razón, se enfría a continuación la chapa así obtenida con una velocidad de refrigeración V_r superior o igual a 20°C/s

con la finalidad de evitar una precipitación de los carbonitruros de vanadio en la ferrita. Esta refrigeración puede ser realizada por ejemplo mediante pulverización de agua en la chapa.

[0041] Si se quiere fabricar una chapa laminada en caliente según la invención, se bobina a continuación la chapa obtenida a una temperatura inferior o igual a 450°C. De esta manera, el mantenimiento casi-isotermo asociado a este devanado conduce a la formación de una microestructura constituida por bainita, ferrita, austenita residual, eventualmente de una reducida cantidad de martensita, así como a una precipitación endurecedora de carbonitruros de vanadio. Cuando la temperatura de devanado es inferior o igual a 400°C, el alargamiento total y el alargamiento repartido aumentan.

[0042] Se escogerá más especialmente la temperatura T_{fi} de fin de laminado en caliente, la velocidad V_r de refrigeración y la temperatura T_{bob} de devanado de tal manera que la microestructura comprenda una concentración de austenita residual comprendida entre 8 y 20%: Cuando la cantidad austenita residual es inferior a 8%, no se puede poner en evidencia un efecto TRIP suficiente durante ensayos mecánicos: en particular, se pone en evidencia durante ensayos de tracción que el coeficiente de endurecimiento n es inferior a 0,2 y decrece rápidamente con la deformación ϵ . El criterio de considerado se aplica a estos aceros y la ruptura interviene cuando se cumple $n = \epsilon$. Por lo tanto, se limita fuertemente el alargamiento. En el caso de un comportamiento TRIP, la austenita residual se transforma progresivamente en martensita durante la deformación, n es superior a 0,2 y la estricción aparece para deformaciones más importantes. Cuando la concentración de austenita residual es superior a 20%, la austenita residual formada en estas condiciones presenta una concentración de carbono relativamente reducida y se desestabiliza demasiado fácilmente durante una fase ulterior de deformación o de refrigeración.

[0043] Entre los parámetros T_{fi} , V_r , T_{bob} escogidos para obtener una cantidad austenita residual comprendida entre 8 y 20%, los parámetros V_r , T_{bob} son los más importantes:

- La velocidad de refrigeración V_r se escogerá de tal manera que pueda ser lo más rápida posible para evitar una transformación perlítica (lo que se opondría a la obtención de una concentración de austenita residual comprendida entre 8 y 20%) permaneciendo a la vez en el seno de las capacidades de control de una línea industrial de tal manera que pueda obtener una homogeneidad microestructural en el sentido longitudinal y transversal de la chapa laminada en caliente.
- La temperatura de devanado se escogerá suficientemente baja de tal manera que pueda evitar una transformación perlítica, lo cual se traduciría en una transformación bainítica incompleta y una concentración de austenita residual inferior a 8%.

[0044] Se escogerán preferentemente los parámetros T_{fi} , V_r , T_{bob} , de tal manera que la microestructura de la chapa de acero laminada en caliente contenga menos de 2% martensita. En el caso contrario, se reduce el alargamiento así como la energía de absorción ligada al área bajo la curva de tracción (σ - ϵ). La presencia excesiva martensita conduce a un comportamiento mecánico que se parece al de un acero Dual-Phase con un valor inicial del coeficiente de endurecimiento n elevado que disminuye cuando la tasa de deformación aumenta. De manera óptima, la microestructura no contiene martensita. Entre los parámetros T_{fi} , V_r , T_{bob} escogidos con la finalidad de obtener una concentración de martensita inferior a 2%, los parámetros más importantes son:

- La velocidad de refrigeración V_r , que debe ser lo más rápida posible para evitar una transformación perlítica, evitando por la misma que esta refrigeración lleve a una temperatura inferior a M_s , indicando esta última temperatura aquella de inicio de transformación martensítica, característica de la composición química del acero empleado.
- Por la misma razón, se escogerá una temperatura de devanado superior a M_s .
- Se escogerán también preferentemente los parámetros T_{fi} , V_r , T_{bob} , de tal manera que el tamaño medio de los islotes de austenita residual de la microestructura sea inferior o igual a 2 micrómetros. Efectivamente, cuando la austenita se transforma en martensita bajo la influencia de la reducción de la temperatura o de una deformación, los islotes de martensita de tamaño medio superior a 2 micrómetros realizan una función preferente para el dañado tras una des-cohesión con la matriz.
- Preferentemente, se escogerán aún más especialmente los parámetros T_{fi} , V_r , T_{bob} , de tal manera que el tamaño medio de los islotes de austenita residual de la microestructura sea inferior o igual a 1 micrómetro con la finalidad de aumentar su estabilidad, de limitar el dañado en la interfaz matriz-islotes y llevar la estricción hacia valores de deformación más elevados.

[0045] Con la finalidad de obtener un tamaño fino de islotes de austenita residual, se escogerán:

- una temperatura T_{fi} de fin de laminado en el ámbito austenítico no demasiado elevada de tal manera que se pueda obtener un tamaño de grano austenítico relativamente fino antes de la transformación alotrópica.
- La velocidad de refrigeración V_r lo más rápida posible para evitar una transformación perlítica.

[0046] Para fabricar una chapa laminada en frío según la invención, se fabrica ante todo una chapa laminada en caliente según cualquiera de las variantes que han sido expuestas más arriba. Efectivamente, los inventores han constatado que las microestructuras y las propiedades mecánicas obtenidas gracias al procedimiento de fabricación por laminado en frío y recocido que se va a exponer, dependen relativamente poco de las condiciones de fabricación

en el seno de los límites de las variantes del procedimiento expuestas más arriba, en particular de las variaciones de la temperatura de devanado T_{bob} . De esta manera, el procedimiento de fabricación de las chapas laminadas en frío presenta la ventaja de ser poco sensible a variaciones fortuitas de las condiciones de fabricación de las chapas laminadas en caliente.

5 **[0047]** A título preferente, se escogerá sin embargo una temperatura de devanado inferior o igual a 400°C de tal manera que pueda guardar más vanadio en solución sólida disponible para la precipitación durante el recocido ulterior de la chapa laminada en frío.

10 **[0048]** Se decapa la chapa laminada en caliente según un procedimiento conocido de por sí, de tal manera que pueda conferir a esta un estado de superficie propio del laminado en frío. Este último se realiza en condiciones usuales, reduciendo por ejemplo el espesor de la chapa laminada en caliente de 30 a 75%

15 **[0049]** A continuación se lleva a cabo un tratamiento de recocido capaz de recristalizar la estructura endurecida y de proporcionar la microestructura particular según la invención. Este tratamiento, realizado preferentemente por recocido en continuo, comprende las fases sucesivas siguientes:

20 - una fase de calefacción con una velocidad V_{cm} superior o igual a 2°C/s hasta una temperatura T_m situada en el ámbito inter-crítico, es decir una temperatura situada entre las temperaturas de transformación A_{c1} y A_{c3} : Durante esta fase, se observa una recristalización de la estructura endurecida, una disolución de la cementita y un crecimiento de la austenita más allá de la temperatura de transformación A_{c1} así como una precipitación de carbonitruros de vanadio en la ferrita: estos precipitados son de tamaño muy pequeño, de diámetro típicamente inferior a 5 nanómetros tras esta fase de calefacción.

25 **[0050]** Cuando la velocidad de calefacción es inferior a 2°C/s, la fracción en volumen de vanadio precipitado decrece. Además la productividad de la fabricación se reduce de manera excesiva.

30 - una fase de mantenimiento a una temperatura inter-crítica T_m comprendida entre A_{c1} y A_{c3} durante un tiempo t_m comprendido entre 10s y 200s. En estas condiciones bien definidas, los inventores han puesto en evidencia que la precipitación de carbonitruros de vanadio proseguía en la ferrita prácticamente sin precipitación alguna en la fase austenítica formada de nuevo. La fracción en volumen de precipitados aumenta paralelamente a un aumento del diámetro medio de estos precipitados. De esta manera, se obtiene un endurecimiento especialmente eficaz de la ferrita inter-crítica.

35 **[0051]** Se realiza a continuación un refrigeración rápida a una velocidad V_{rm} superior a 15°C/s cuando la temperatura es inferior a A_{r3} . La refrigeración rápida cuando la temperatura es inferior a A_{r3} es importante con el fin de limitar la formación de ferrita antes de la transformación bainítica. A esta fase de refrigeración rápida cuando la temperatura es inferior a A_{r3} le puede preceder eventualmente una fase de refrigeración más lenta a partir de la temperatura T_m .

40 **[0052]** Durante esta fase de refrigeración, los inventores han puesto en evidencia que una precipitación complementaria de carbonitruros de vanadio en la fase ferrítica prácticamente no intervenía.

45 **[0053]** Se realiza a continuación un mantenimiento a una temperatura T'_m comprendida entre 300°C y 500°C durante un tiempo de mantenimiento t'_m comprendido entre 10s y 1000 s: de este modo se obtiene una transformación bainítica y un enriquecimiento de carbono de los islotes de austenita residual en una cantidad tal que esta austenita residual es estable incluso tras la refrigeración hasta temperatura ambiente.

50 **[0054]** Preferentemente, la temperatura de mantenimiento T_m está comprendida entre 770 y 815°C: por debajo de 770°C, la recristalización puede ser insuficiente. Más allá de 815°C, la fracción de austenita inter-crítica formada es demasiado elevada y el endurecimiento de la ferrita por la precipitación de carbonitruros de vanadio es menos eficaz: efectivamente, la concentración de ferrita inter-crítica es menor así como la cantidad total de vanadio precipitado, siendo el vanadio más bien soluble en la austenita. Por otro lado, los precipitados de carbonitruros de vanadio que se forman tienen más tendencia a crecer y de llegar a coalescencia a alta temperatura.

55 **[0055]** Según un modo preferido de la invención, tras la etapa de laminado en frío, se somete la chapa a un tratamiento térmico de recocido cuyos parámetros V_{cm} , T_m , t_m , V_{rm} , T'_m , t'_m se escogen de tal manera que la microestructura del acero obtenido esté constituida por ferrita, bainita y austenita residual, eventualmente martensita. Se escogerán ventajosamente parámetros tales como la concentración de austenita residual esté comprendida entre 8 y 20%. Estos parámetros se escogerán preferentemente de tal manera que el tamaño medio de los islotes de austenita residual sea inferior o igual a 2 micrómetros, de manera óptima inferior o igual a 1 micrómetro. Se escogerán también estos parámetros de tal manera que la concentración de martensita sea inferior a 2%. De manera óptima, la microestructura no comprende martensita.

65 **[0056]** Con la finalidad de obtener estos resultados, la selección de los parámetros T_m , t_m , V_{rm} , T'_m es más especialmente importante:

- T_m , temperatura situada en el ámbito inter-crítico entre las temperaturas de transformación A_{c1} (inicio de transformación austenítica) y A_{c3} (fin de transformación austenítica), debe ser escogida de tal manera que se pueda obtener al menos 8% de austenita formada a alta temperatura. Esta condición es necesaria para que la estructura tras la refrigeración contenga al menos 8% de austenita residual. Sin embargo, la temperatura T_m no debe acercarse demasiado a A_{c3} para evitar un engordamiento del grano austenítico a alta temperatura, que conduciría después a un tamaño demasiado elevado de los islotes de austenita residual.

- el tiempo t_m debe escogerse suficientemente largo para que la transformación parcial en austenita tenga el tiempo de intervenir.

- La velocidad de refrigeración V_m debe ser suficientemente rápida para evitar la formación de perlita, porque esta no permite obtener los resultados deseados mencionados más arriba.

- La temperatura T'_m se escogerá de manera que la transformación de la austenita formada durante el mantenimiento a la temperatura T_m , sea una transformación bainítica, y conduzca a un enriquecimiento de carbono suficiente para que esta austenita formada a alta temperatura se estabilice en una cantidad comprendida entre 8 y 20%.

[0057] A título de ejemplo no limitativo, los resultados siguientes mostrarán las características ventajosas conferidas por la invención.

Ejemplo 1:

[0058] Se han elaborado aceros cuya composición figura en la siguiente tabla, expresada en porcentaje ponderal. Aparte de los aceros I1 a I3 según la invención, se ha indicado a título de comparación la composición de un acero de referencia R1:

Tabla 1 Composiciones de aceros (% peso). I= Según la invención. R= referencia

Acero	C	Mn	Si	Al	V	Ti	S	P	N
I1	0,223	1,58	1,59	<0.030	0,100	0,002	<0.005	<0.030	0,008
I2	0,225	1,58	1,60	<0.030	0,155	0,002	<0.005	<0.030	0,009
I3	0,225	1,58	1,60	<0.030	0,209	0,002	<0.005	<0.030	0,009
R1	0,221	1,60	1,59	<0.030	0,005(*)	0,002	<0.005	<0.030	0,001(*)

(*): no conforme a la invención

[0059] Unos semi-productos correspondientes a las composiciones de más arriba se han recalentado a 1200°C y se han laminado en caliente de tal manera que la temperatura de laminado sea superior a 900°C. Las chapas de 3 mm así obtenidas se han enfriado con una velocidad de 20°C/s por pulverización de agua, luego se han bobinado a una temperatura de 400°C. Las propiedades mecánicas de tracción obtenidas (límite de elasticidad R_e , resistencia R_m , alargamiento uniforme A_u , alargamiento a la ruptura A_t) se han reproducido en la siguiente tabla 2. También se ha determinado mediante especímenes de tipo Charpy V de espesor reducido ($e=3mm$) la temperatura de transición dúctil-frágil. También se ha indicado la concentración de austenita residual medida por difracción de rayos X.

Tabla 2: Características mecánicas de tracción, temperatura de transición y concentración de austenita residual de las chapas laminadas en caliente.

Acero	R_e (MPa)	R_m (MPa)	A_u (%)	A_t (%)	Temperatura de transición (°C)	Concentración de austenita residual (%)
I1	731	884	13	22	n.d.	n.d.
I2	724	891	26	38	-35	n.d.
I3	755	916	24	36	n.d.	10,8
R1	615	793	14	28	0	<1%

n.d.: no determinado.

[0060] Las chapas fabricadas según la invención presentan una resistencia muy elevada, claramente superior a 800MPa para una concentración de carbono de aproximadamente 0,22%. Su microestructura está compuesta por ferrita, bainita y austenita residual, así como martensita en cantidad inferior a 2%. En el caso del acero I3 (concentración de austenita residual: 10,8%) la concentración de carbono de los islotes de austenita residual es de 1,36% en peso. Esto indica que la austenita es suficientemente estable para obtener un efecto TRIP como lo muestra el comportamiento observado durante ensayos de tracción efectuados en estas chapas de acero.

[0061] La chapa de acero de referencia R1 de estructura bainito-perlítica, con una concentración de austenita residual muy reducida, no presenta comportamiento TRIP. Su resistencia es inferior a 800MPa, es decir un nivel claramente más reducido que el de los aceros de la invención.

[0062] El acero I2 según la invención también presenta una excelente tenacidad puesto que su temperatura de transición dúctil-frágil es claramente más baja (-35°C) que la de un acero de referencia (0°C).

Ejemplo 2:

5 **[0063]** Unas chapas laminadas en caliente de 3mm de espesor de aceros de composiciones I2 y R1 fabricadas según el ejemplo 1 se han laminado en frío hasta un espesor de 0,9mm. A continuación se ha llevado a cabo un tratamiento térmico de recocido que comprende una fase de calefacción a una velocidad de 5°C/s, una fase de mantenimiento a una temperatura de mantenimiento T_m comprendida entre 775 y 815°C (temperaturas situadas en el ámbito Ac1-Ac3) durante un tiempo de mantenimiento de 180s, a la que le sigue una primera fase de refrigeración a 6-8°C/s, luego una refrigeración a 20°C/s en un ámbito en que la temperatura es inferior a Ar3, de una fase de mantenimiento a 400°C durante 300s para formar bainita, y una refrigeración final a 5°C/s.

15 **[0064]** Se ha observado la microestructura así obtenida tras ataque con reactivo de Klemm que pone en evidencia los islotes de austenita residual y se ha medido el tamaño medio de estos islotes mediante un programa de análisis de imágenes.

20 **[0065]** En el caso del acero de referencia R1, el tamaño medio de los islotes es de 1,1 micrómetros. En el caso del acero Según la invención 12, la microestructura general es más fina con un tamaño medio de islotes de 0,7 micrómetro. Además, estos islotes tiene un carácter más equiaxial. En el caso del acero 12, estas características disminuyen especialmente las concentraciones de tensiones en la interfaz matriz-islotes.

[0066] Las propiedades mecánicas tras el laminado en frío y recocido son las siguientes:

25 Tabla 3: Características mecánicas de tracción de las chapas laminadas en frío y recocidas.

Acero	Temperatura de mantenimiento T_m	Re (MPa)	Rm (MPa)	At(%)
I2	775	630	1000	25
	795	658	980	28
	815	650	938	26
R1	775	480	830	n.d.
	795	480	820	30
	815	470	820	30
n.d.: no determinado				

[0067] El acero I2 fabricado según la invención presenta una resistencia superior a 900MPa. A temperatura de mantenimiento T_m comparable, su resistencia está claramente aumentada con respecto al acero de referencia.

30 **[0068]** Los aceros laminados en frío y recocidos según la invención presentan propiedades mecánicas poco sensibles a pequeñas variaciones de determinados parámetros de fabricación tales como la temperatura de devanado o la temperatura de recocido T_m .

35 **[0069]** Así, la invención permite la fabricación de aceros que presentan un comportamiento TRIP con una resistencia mecánica aumentada. Las piezas fabricadas a partir de chapas de acero según la invención se utilizan preferentemente para la fabricación de piezas de estructura o de elementos de refuerzo en el ámbito automóvil.

REIVINDICACIONES

1. Composición para la fabricación de acero que presenta un comportamiento TRIP, que comprende, estando las concentraciones expresadas en peso:

$$P \leq 0,1\%$$

$$0,004\% \leq N \leq 0,012\%,$$

$$0,08\% \leq C \leq 0,23\%$$

$$1\% \leq Mn \leq 2\%$$

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

$$Al \leq 0,030\%$$

$$0,1\% \leq V \leq 0,25\%$$

$$Ti \leq 0,010\%$$

$$S \leq 0,015\%$$

y a título opcional entre

$$Nb \leq 0,1\%$$

$$Mo \leq 0,5\%$$

$$Cr \leq 0,3\%,$$

10 estando uno o varios elementos escogidos de entre el resto de la composición constituido por hierro e impurezas inevitables resultantes de la elaboración

2. Composición según la reivindicación 1, **caracterizada por el hecho de que** comprende carbono, estando la concentración expresada en peso:

$$0,08\% \leq C \leq 0,13\%$$

15 3. Composición según la reivindicación 1, **caracterizada por el hecho de que** comprende carbono, estando la concentración expresada en peso:

$$0,13\% < C \leq 0,18\%$$

4. Composición según la reivindicación 1, **caracterizada por el hecho de que** comprende carbono, estando la concentración expresada en peso:

$$0,18\% < C \leq 0,23\%$$

5 5. Composición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada por el hecho de que** comprende manganeso, estando la concentración expresada en peso:

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

6. Composición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada por el hecho de que** comprende manganeso, estando la concentración expresada en peso:

$$1,5\% \leq Mn \leq 1,7\%$$

10 7. Composición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada por el hecho de que** comprende Silicio, estando la concentración expresada en peso:

$$1,4\% \leq Si \leq 1,7\%$$

15 8. Composición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada por el hecho de que** comprende Aluminio, estando la concentración expresada en peso:

$$Al \leq 0,015\%$$

9. Composición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada por el hecho de que** comprende vanadio, estando la concentración expresada en peso:

$$0,12\% \leq V \leq 0,15\%$$

20 10. Composición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizada por el hecho de que** comprende Titanio, estando la concentración expresada en peso:

$$Ti \leq 0,005\%$$

25 11. Chapa de acero de composición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizada por el hecho de que** la microestructura de dicho acero está constituida por ferrita, bainita, austenita residual, y eventualmente martensita

12. Chapa de acero según la reivindicación 11, **caracterizada por el hecho de que** la microestructura de dicho acero comprende una concentración de austenita residual comprendida entre 8 y 20%

30 13. Chapa de acero según la reivindicación 11 o 12, **caracterizada por el hecho de que** la microestructura de dicho acero comprende una concentración de martensita inferior a 2%

14. Chapa de acero según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, **caracterizada por el hecho de que** el tamaño medio de los islotes de austenita residual es inferior o igual a 2 micrómetros

35 15. Chapa de acero según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, **caracterizada por el hecho de que** el tamaño medio de los islotes de austenita residual es inferior o igual a 1 micrómetro

40 16. Procedimiento de fabricación de una chapa laminada en caliente que presenta un comportamiento TRIP, según el cual:

- se proporciona un acero de composición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10,

- se procede a la colada de un semi-producto a partir de este acero
 - se lleva dicho semi-producto a una temperatura superior a 1200°C,
 - se lamina en caliente dicho semi-producto,
 - se enfría la chapa así obtenida,
 - se bobina dicha chapa,
- 5 - **caracterizado por el hecho de que** la temperatura T_{fi} de fin de dicho laminado en caliente, la velocidad V_r de dicha refrigeración, la temperatura de dicho devanado T_{bob} se escogen de tal manera que la microestructura de dicho acero esté constituida por ferrita, bainita, austenita residual, y eventualmente martensita
- 10 **17.** Procedimiento según la reivindicación 16, **caracterizado por el hecho de que** la temperatura T_{fi} de fin de dicho laminado en caliente, la velocidad V_r de dicha refrigeración, la temperatura T_{bob} de dicho devanado se escogen de tal manera que la microestructura de dicho acero comprenda una concentración de austenita residual comprendida entre 8 y 20%
- 15 **18.** Procedimiento según la reivindicación 16 o la 17, **caracterizado por el hecho de que** la temperatura T_{fi} de fin de dicho laminado en caliente, la velocidad V_r de dicha refrigeración, la temperatura T_{bob} de dicho devanado se escogen de tal manera que la microestructura de dicho acero comprenda una concentración de martensita inferior a 2%
- 20 **19.** Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 16 a 18, **caracterizado por el hecho de que** la temperatura T_{fi} de fin de dicho laminado en caliente, la velocidad V_r de dicha refrigeración, la temperatura T_{bob} de dicho devanado se escogen de tal manera que el tamaño medio de los islotes de austenita residual es inferior o igual a 2 micrómetros
- 25 **20.** Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 16 a 19, **caracterizado por el hecho de que** la temperatura T_{fi} de fin de dicho laminado en caliente, la velocidad V_r de dicha refrigeración, la temperatura T_{bob} de dicho devanado se escogen de tal manera que el tamaño medio de los islotes de austenita residual es inferior o igual a 1 micrómetro
- 30 **21.** Procedimiento de fabricación de una chapa laminada en caliente según la reivindicación 16, **caracterizado por el hecho de que** la temperatura T_{fi} de fin de dicho laminado es superior o igual a 900°C, la velocidad V_r de dicha refrigeración es superior o igual a 20°C/s, y la temperatura T_{bob} de dicho devanado es inferior a 450°C
- 35 **22.** Procedimiento según la reivindicación 21, **caracterizado por el hecho de que** la temperatura de devanado T_{bob} es inferior a 400°C
- 40 **23.** Procedimiento de fabricación de una chapa laminada en frío que presenta un comportamiento TRIP, según el cual:
- se proporciona una chapa de acero laminado en caliente fabricada según cualquiera de las reivindicaciones 16 a 22,
 - se decapa dicha chapa
 - se lamina en frío dicha chapa
 - se somete dicha chapa a un tratamiento térmico de recocido, comprendiendo dicho tratamiento térmico una fase de calefacción a una velocidad de calefacción V_{cm} , una fase de mantenimiento a una temperatura de mantenimiento T_m durante un tiempo de mantenimiento t_m , a la que le sigue una fase de refrigeración a una velocidad de refrigeración V_{rm} cuando la temperatura es inferior a A_{r3} , a la que le sigue una fase de mantenimiento a una temperatura de mantenimiento T'_m durante un tiempo de mantenimiento t'_m , **caracterizado por el hecho de que** los parámetros V_{cm} , T_m , t_m , V_{rm} , T'_m , t'_m , se escogen de tal manera que la microestructura de dicho acero esté constituida por ferrita, bainita, austenita residual, y eventualmente martensita
- 50 **24.** Procedimiento según la reivindicación 23, **caracterizado por el hecho de que** los parámetros V_{cm} , T_m , t_m , V_{rm} , T'_m , t'_m , se escogen de tal manera que la microestructura de dicho acero comprenda una concentración de austenita residual comprendida entre 8 y 20%
- 55 **25.** Procedimiento según la reivindicación 23 o 24, **caracterizado por el hecho de que** los parámetros V_{cm} , T_m , t_m , V_{rm} , T'_m , t'_m , se escogen de tal manera que la microestructura de dicho acero comprenda una concentración de martensita inferior a 2%
- 60 **26.** Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 23 a 25, **caracterizado por el hecho de que** los parámetros V_{cm} , T_m , t_m , V_{rm} , T'_m , t'_m , se escogen de tal manera que el tamaño medio de los islotes de austenita residual sea inferior a 2 micrómetros
- 65 **27.** Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 23 a 26, **caracterizado por el hecho de que** los parámetros V_{cm} , T_m , t_m , V_{rm} , T'_m , t'_m , se escogen de tal manera que el tamaño medio de los islotes de austenita residual sea inferior a 1 micrómetro

- 5 **28.** Procedimiento de fabricación de una chapa laminada en frío que presenta un comportamiento TRIP, según la reivindicación 23, **caracterizado por el hecho de que** se somete dicha chapa un tratamiento térmico de recocido, comprendiendo dicho tratamiento térmico una fase de calefacción a una velocidad V_{cm} superior o igual a 2°C/s , una fase de mantenimiento a una temperatura de mantenimiento T_m comprendida entre A_{c1} y A_{c3} durante un tiempo de mantenimiento t_m comprendido entre 10 y 200s, a la que le sigue una fase de refrigeración a una velocidad de refrigeración V_{rm} superior a 15°C/s cuando la temperatura es inferior a A_{r3} , a la que le sigue una fase de mantenimiento a una temperatura T'_m comprendida entre 300 y 500°C durante un tiempo de mantenimiento t'_m comprendido entre 10 y 1000 s
- 10 **29.** Procedimiento según la reivindicación 28, **caracterizado por el hecho de que dicha** temperatura de mantenimiento T_m está comprendida entre 770 y 815°C
- 15 **30.** Utilización de una chapa de acero según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, o fabricada mediante un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 16 a 29, para la fabricación de piezas de estructura o de elementos de refuerzo en el ámbito automóvil.