

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 386 701**

51 Int. Cl.:

C22C 38/04 (2006.01)

C21D 8/02 (2006.01)

C23C 2/06 (2006.01)

C23C 2/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09761870 .6**

96 Fecha de presentación: **15.05.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2291547**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **09.03.2011**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de chapas de acero de doble fase laminadas en frío con resistencia muy elevada y chapas así obtenidas**

30 Prioridad:
21.05.2008 EP 08290474

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.08.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.08.2012

73 Titular/es:
Arcelormittal Investigación y Desarrollo SL
C/ Chavarri, 6
48910 Sestao, Bizkaia, ES

72 Inventor/es:
MOULIN, Antoine;
HEBERT, Véronique;
VINCI, Catherine;
RESTREPO GARCES, Gloria;
WATERSCHOOT, Tom y
GOUNE, Mohamed

74 Agente/Representante:
Lehmann Novo, Isabel

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).

ES 2 386 701 T3

DESCRIPCION

Procedimiento de fabricación de chapas de acero de doble fase laminadas en frío con resistencia muy elevada y chapas así obtenidas

5 La invención se refiere a la fabricación de chapas laminadas en frío y recocidas de aceros denominados de « doble fase» que presentan una resistencia muy elevada y una aptitud en la deformación para la fabricación de piezas por conformación, en particular en la industrial automóvil.

10 Los aceros de doble fase, cuya estructura comprende martensita, eventualmente bainita, en el seno de una matriz ferrítica, han conocido un gran desarrollo pues alían una resistencia elevada con posibilidades importantes de deformación. En el estado de entrega, su límite de elasticidad es relativamente bajo en comparación con su resistencia a la ruptura, lo cual les confiere una relación (límite de elasticidad/resistencia) muy favorable en operaciones de formación. Su capacidad de consolidación es muy grande, lo cual permite un buen reparto de las deformaciones en el caso de una colisión y la obtención de un límite de elasticidad claramente más importante en la pieza después de la formación. Se pueden realizar así piezas tan complejas como con aceros convencionales, pero con propiedades mecánicas más elevadas, lo que permite una disminución de espesor para disponer de un pliego de condiciones funcional idéntico. De este modo, estos aceros son una respuesta eficaz a las exigencias de aligeramiento y de seguridad de los vehículos. En el ámbito de las chapas laminadas en caliente (con espesor que va por ejemplo de 1 a 10 mm) o laminadas en frío (con espesor que va por ejemplo de 0,5 a 3 mm), este tipo de aceros encuentra particularmente aplicaciones para piezas de estructuras y de seguridad para los vehículos automóviles, tales como los travesaños, largueros, piezas de refuerzo, o también los discos de ruedas.

20 Las exigencias recientes de aligeramiento y de reducción del consumo de energía han conducido a una demanda incrementada de aceros de Doble Fase de resistencia muy elevada, es decir cuya resistencia mecánica R_m se encuentra comprendida entre los 980 y los 1100MPa. Aparte de este nivel de resistencia, estos aceros deben presentar una buena soldabilidad y un buen comportamiento en la galvanización en continuo al temple. Estos aceros deben igualmente presentar un buen comportamiento al plegado.

25 La fabricación de aceros de Doble Fase con elevada resistencia se describe por ejemplo en el documento EP 1201780 A1 relacionado con aceros de composición: 0,01-0,3%C, 0,01-2%Si, 0,05-3%Mn, <0,1%P, <0,01%S, 0,005-1%Al, cuya resistencia mecánica es superior a 540MPa, que presentan una buena resistencia a la fatiga y un comportamiento en la expansión de agujero. Sin embargo, la mayoría de los ejemplos presentados en este documento revelan una resistencia inferior a 875 MPa. Los raros ejemplos en este documento que van más allá de este valor están relacionados con aceros con fuerte contenido en carbono (0,25 o 0,31%) para los cuales el comportamiento en la soldadura y en la expansión de agujero no es suficiente.

30 El documento EP 0796928A1 describe por otro lados aceros de doble fase laminados en frío cuya resistencia es superior a 550MPa, con la composición de 0,05-0,3%C, 0,8-3%Mn, 0,4-2,5%Al, 0,01-0,2%Si. La matriz ferrítica contiene martensita, bainita y/o austenita residual. Los ejemplos presentados muestran que la resistencia no sobrepasa los 660MPa, incluso para un contenido en carbono elevado (0,20-0,21%).

35 El documento JP11350038 describe aceros de doble fase cuya resistencia es superior a los 980MPa, con la composición de 0,10-0,15%C, 0,8-1,5%Si, 1,5-2,0%Mn, 0,01-0,05%P, menos de 0,005%S, 0,01-0,07%Al en solución, menos de 0,01%N, conteniendo además uno o varios elementos: 0,001-0,02%Nb, 0,001-0,02%V, 0,001-0,02%Ti. Esta resistencia elevada se obtiene sin embargo al precio de una adición importante de silicio que permite desde luego la formación de martensita, pero puede sin embargo conducir a la formación de óxidos superficiales que deterioran la revestibilidad al temple.

40 El documento FR 2790009 describe un acero de doble fase con elevado límite de elasticidad R_e , que comprende en peso entre 0,04 y 0,4% de carbono, entre 1,0 y 2,0% de manganeso, entre 0,1 y 0,8% de silicio, entre 0,4 y 0,6% de cromo (reivindicación 8), entre 0 y 0,08% de molibdeno (reivindicación 9), menos de un 0,01% de niobio, menos de un 0,02% de titanio, menos de un 0,004% de azufre, menos de un 0,007% de nitrógeno (reivindicación 11), menos de un 0,01% de vanadio, siendo el resto hierro e impurezas residuales inevitables.

El fin de la presente invención es proponer un procedimiento de fabricación de chapas de acero de doble fase con resistencia muy elevada, laminadas en frío, sin revestir o revestidas, que no presenten los inconvenientes mencionados anteriormente.

La invención trata de poner a disposición chapas de acero de doble fase que presenten una resistencia mecánica comprendida entre los 980 y 1100 MPa conjuntamente con un alargamiento a la ruptura superior al 9% y un buen comportamiento en la formación, particularmente al plegado.

5 La invención se refiere igualmente a poner a disposición un procedimiento de fabricación del cual pequeñas variaciones de los parámetros no produzcan modificaciones importantes de la microestructura o de las propiedades mecánicas.

La invención se refiere igualmente a poner a disposición una chapa de acero fácilmente fabricable por laminado en frío, es decir cuya dureza después de la etapa de laminado en caliente sea limitada de tal forma que las fuerzas de laminado sean moderadas en la etapa de laminado en frío.

10 La invención se refiere igualmente a disponer de una chapa de acero apta para el depósito de un revestimiento metálico, en particular por galvanización al temple según los procedimientos usuales.

La invención trata también de disponer de un acero que presente un buen comportamiento en la soldadura por medio de los procedimientos de ensamblado usuales tales como la soldadura por resistencia por puntos.

15 La invención trata igualmente de poner a disposición un procedimiento de fabricación económico que evite la adición de elementos de aleación costosos.

20 Con este fin, la invención tiene por objeto una chapa de acero de Doble Fase laminada en frío y recocida con una resistencia comprendida entre los 980 y los 1100MPa, con un alargamiento a la ruptura superior al 9%, cuya composición comprende, siendo los contenidos expresados en peso: $0,055\% \leq C \leq 0,095\%$, $2\% \leq Mn \leq 2,6\%$, $0,005\% \leq Si \leq 0,35\%$, $S \leq 0,005\%$, $P \leq 0,050\%$, $0,1 \leq Al \leq 0,3\%$, $0,05\% \leq Mo \leq 0,25\%$, $0,2\% \leq Cr \leq 0,5\%$, entendiéndose que $Cr+2Mo \leq 0,6\%$, $Ni \leq 0,1\%$, $0,010 \leq Nb \leq 0,040\%$, $0,010 \leq Ti \leq 0,050\%$, $0,0005 \leq B \leq 0,0025\%$, $0,002\% \leq N \leq 0,007\%$, estando el resto de la composición constituido por hierro e impurezas inevitables resultantes de la elaboración.

Preferentemente, la composición del acero contiene, siendo el contenido expresado en peso: $0,12\% \leq Al \leq 0,25\%$.

Según un modo preferido, la composición de acero contiene, expresándose el contenido en peso: $0,10\% \leq Si \leq 0,30\%$.

25 La composición de acero contiene a título preferencial: $0,15\% \leq Si \leq 0,28\%$.

Según un modo preferido, la composición contiene: $P \leq 0,015\%$.

La microestructura de la chapa contiene preferentemente de un 35 a un 50% de martensita en proporción superficial.

Según un modo particular, el complemento de la microestructura está constituido por un 50 a un 65% de ferrita en proporción superficial.

30 Según otro modo particular, el complemento de la microestructura está constituido por un 1 a un 10% de bainita y por un 40 a un 64% de ferrita en proporción superficial.

La fracción superficial de ferrita no recristalizada adicionada a la totalidad de la fase ferrítica es preferencialmente inferior o igual al 15%.

35 La chapa de acero presenta preferentemente una relación entre su límite de elasticidad R_e y su resistencia R_m tal que: $0,6 \leq R_e/R_m \leq 0,8$.

Según un modo particular, la chapa se galvaniza en continuo.

Según otro modo particular, la chapa comprende un revestimiento galvanizado-aleado.

40 La invención tiene igualmente por objeto un procedimiento de fabricación de una chapa de acero de Doble Fase laminada en frío y recocida caracterizado porque se aprovisiona un acero de composición según una cualquiera de las características anteriormente indicadas, y luego

- se cuela el acero en forma de semiproducto, luego

- se lleva el semiproducto a una temperatura de $1150^{\circ}\text{C} \leq T_R \leq 1250^{\circ}\text{C}$, luego
- se lamina en caliente el semiproducto con una temperatura de final de laminado $T_{FL} \geq \text{Ar3}$ para obtener un producto laminado en caliente, luego
- se bobina el producto laminado en caliente a una temperatura de $500^{\circ}\text{C} \leq T_{bob} \leq 570^{\circ}\text{C}$, luego se decapa el producto laminado en caliente, luego se realiza un laminado en frío con un porcentaje de reducción comprendido entre un 30 y un 80% para obtener un producto laminado en frío, luego
- se calienta el producto laminado en frío a una velocidad de $1^{\circ}\text{C/s} \leq V_c \leq 5^{\circ}\text{C/s}$ hasta una temperatura de recocido T_M tal que: $\text{Ac1} + 40^{\circ}\text{C} \leq T_M \leq \text{Ac3} - 30^{\circ}\text{C}$ donde se realiza un mantenimiento durante un tiempo: $30\text{s} \leq t_M \leq 300\text{s}$ con el fin de obtener un producto calentado y recocido con una estructura que comprende austenita, luego
- se enfría el producto hasta una temperatura inferior a la temperatura M_s con una velocidad V suficiente para que la austenita se transforme totalmente en martensita.

La invención tiene igualmente por objeto un procedimiento de fabricación de una chapa de acero de Doble Fase laminada en frío, recocida y galvanizada, caracterizado porque se aprovisiona el producto calentado y recocido con una estructura que comprende austenita según la característica indicada anteriormente, luego

- se enfría el producto calentado y recocido con una velocidad V_R suficiente para evitar la transformación de la austenita en ferrita, hasta alcanzar una temperatura próxima a la temperatura T_{Zn} de galvanización al temple, luego
- se galvaniza en continuo el producto por inmersión en un baño de zinc o de aleación de Zn a una temperatura de $450^{\circ}\text{C} \leq T_{Zn} \leq 480^{\circ}\text{C}$ para obtener un producto galvanizado, luego
- se enfría el producto galvanizado hasta la temperatura ambiente con una velocidad V'_R superior a 4°C/s para obtener una chapa de acero laminada en frío, recocida y galvanizada.

La invención tiene igualmente por objeto un procedimiento de fabricación de una chapa de acero de Doble Fase laminada en frío y galvanizada-aleada, caracterizado porque se aprovisiona el producto calentado y recocido con una estructura que comprende austenita según la característica indicada anteriormente, luego,

- se enfría el producto calentado y recocido con una velocidad V_R suficiente para evitar la transformación de la indicada austenita en ferrita, hasta alcanzar una temperatura próxima a la temperatura T_{Zn} de galvanización al temple, luego
- se galvaniza en continuo el producto por inmersión en un baño de zinc o de aleación de Zn a una temperatura de $450^{\circ}\text{C} \leq T_{Zn} \leq 480^{\circ}\text{C}$ para obtener un producto galvanizado, luego
- se calienta el producto galvanizado a una temperatura T_G comprendida entre los 490 y 550°C durante un tiempo t_G comprendido entre 10 y 40 s para obtener un producto galvanizado-aleado, luego
- se enfría el producto galvanizado-aleado hasta la temperatura ambiente a una velocidad V''_R superior a 4°C/s , para obtener una chapa de acero laminada en frío y galvanizada-aleada.

La invención tiene igualmente por objeto un procedimiento de fabricación según una de las características indicadas anteriormente, caracterizado porque la temperatura T_M se encuentra comprendida entre los 760 y los 830°C .

Según un modo particular, la velocidad de enfriamiento V_R es superior o igual a 15°C/s .

La invención tiene igualmente por objeto la utilización de una chapa de acero según una cualquiera de las características indicadas anteriormente, o fabricada por un procedimiento según una cualquiera de las características indicadas anteriormente, para la fabricación de piezas de estructuras o de seguridad para vehículos automóviles.

Otras características y ventajas de la invención aparecerán en el transcurso de la descripción que sigue a continuación, dadas a título de ejemplo y realizadas con referencia a las figuras adjuntas según las cuales:

- La figura 1 presenta un ejemplo de microestructura de una chapa de acero según la invención.
- Las figuras 2 y 3 presentan ejemplos de microestructura de chapas de acero no conformes a la invención.

La invención se describirá ahora de forma más precisa, pero no limitativa, considerando sus diferentes elementos característicos:

En lo que respecta a la composición química del acero, el carbono juega un papel importante en la formación de la microestructura y en las propiedades mecánicas: por debajo del 0,055% en peso, la resistencia se hace insuficiente. Más allá del 0,095%, un alargamiento del 9% no puede garantizarse. La soldabilidad resulta igualmente reducida.

- Además de un efecto endurecedor por solución sólida, el manganeso es un elemento que aumenta la templabilidad y reduce la precipitación de carburos. Un contenido mínimo del 2% en peso es necesario para obtener las propiedades mecánicas deseadas. Sin embargo, más allá del 2,6%, su carácter gammageno conduce a la formación de una estructura en bandas demasiado marcada. El silicio es un elemento que participa en la desoxidación del acero líquido y en el endurecimiento en solución sólida. Este elemento juega además un papel importante en la formación de la microestructura impidiendo la precipitación de los carburos y favoreciendo la formación de martensita que entra en la estructura de los aceros de Doble Fase. Juega un papel efectivo más allá del 0,005%. Una adición de silicio en cantidad superior al 0,10%, preferentemente superior al 0,15%, permite alcanzar los niveles más altos de resistencia considerados por la invención. Sin embargo, un aumento del contenido en silicio degrada el comportamiento en el revestimiento al temple favoreciendo la formación de óxidos adherentes en la superficie de los productos: su contenido debe limitarse al 0,35% en peso, y preferentemente al 0,30% para obtener una buena revestibilidad. Además, el silicio disminuye la soldabilidad: un contenido inferior al 0,28% permite asegurar simultáneamente un comportamiento muy bueno respecto a la soldadura así como una buena revestibilidad.

Más allá de un contenido en azufre del 0,005%, la ductilidad se reduce debido a la presencia excesiva de sulfuros tales como MnS que disminuyen el comportamiento en la deformación, en particular en ensayos de expansión de agujero.

- El fósforo es un elemento que se endurece en solución sólida pero que disminuye la soldabilidad por puntos y la ductilidad en caliente, particularmente debido a su comportamiento en la segregación en las juntas de granos o en la co-segregación con el manganeso. Por estos motivos, su contenido debe limitarse al 0,050%, y preferentemente al 0,015% con el fin de obtener un buen comportamiento en la soldadura por puntos.

- El aluminio juega un papel importante en la invención impidiendo la precipitación de los carburos y favoreciendo la formación de los constituyentes martensíticos en el enfriamiento. Estos efectos se obtienen cuando el contenido en aluminio es superior al 0,1%, y preferentemente cuando el contenido en aluminio es superior al 0,12%.

- En forma de AlN, el aluminio limita el crecimiento del grano en el recocido después del laminado en frío. Este elemento se utiliza también para la desoxidación del acero líquido en cantidad usualmente inferior a aproximadamente un 0,050%. Se considera en efecto habitual que contenidos más importantes aumenten la erosión de los refractarios y el riesgo de taponado de las boquillas. En cantidad excesiva, el aluminio disminuye la ductilidad en caliente y aumenta el riesgo de aparición de defectos en la colada continua. Se busca igualmente limitar las inclusiones de alúmina, en particular en forma de aglomeraciones, con el fin de garantizar propiedades de alargamiento suficientes. Ahora bien los inventores han evidenciado, en relación con los otros elementos de la composición, que una cantidad de aluminio que llega hasta un 0,3% en peso podría añadirse sin efecto nefasto respecto a otras propiedades requeridas, en particular respecto al comportamiento en la deformación, y permitía igualmente obtener las propiedades microestructurales y mecánicas consideradas. Más allá del 0,3%, existe un riesgo de interacción entre el metal líquido y la escoria en la colada continua, que conduce a la aparición eventual de defectos. Un contenido en aluminio que llega hasta un 0,25% en peso permite asegurar la formación de una microestructura fina sin islotes martensíticos de gran tamaño que jugarían un papel nefasto sobre la ductilidad.

- Los inventores han mostrado que, de una manera sorprendente, era posible obtener un nivel de resistencia elevado, comprendido entre los 980 y los 1100MPa, incluso a pesar de la limitación de las adiciones de aluminio y de silicio. Esto se obtiene por la combinación particular de los elementos de aleación o de microaleación según la invención en particular gracias a las adiciones de Mo, Cr, Nb, Ti, B.

- En cantidad superior al 0,05% en peso, el molibdeno juega un papel eficaz sobre la templabilidad y retrasa el crecimiento de la ferrita y la aparición de la bainita. Sin embargo, un contenido superior a 0,25% aumenta excesivamente el coste de las adiciones.

En cantidad superior al 0,2%, el cromo, por su papel sobre la templabilidad, contribuye igualmente a retrasar la formación de ferrita proeutectoide. Más allá del 0,5%, el coste de la adición es también excesivo.

Los efectos conjuntos del cromo y del molibdeno sobre la templabilidad son tenidos en cuenta en la invención según sus características propias; según la invención, los contenidos en cromo y en molibdeno son tales que: $\text{Cr} + (2 \times \text{Mo}) \leq 0,6\%$. Los coeficientes en esta relación traducen la influencia respectiva de estos dos elementos sobre la templabilidad con miras a favorecer la obtención de una estructura ferrítica fina.

5 El titanio y el niobio son elementos de microaleación utilizados conjuntamente según la invención:

- En cantidad comprendida entre 0,010 y 0,050%, el titanio se combina esencialmente con nitrógeno y con carbono para precipitar en forma de nitruros y/o de carbonitruros. Estos precipitados son estables en un recalentamiento de las piezas desbastadas a 1150-1250°C antes del laminado en caliente, lo cual permite controlar el tamaño del grano austenítico. Más allá de un contenido en titanio del 0,050%, existe un riesgo de formar nitruros de titanio gruesos precipitados a partir del estado líquido, que tienden a reducir la ductilidad.

10
15 - En cantidad superior al 0,010%, el niobio es muy eficaz para formar finos precipitados de Nb(CN) en la austenita o en la ferrita durante el laminado en caliente, o también en el recocido dentro de una gama de temperaturas próxima al intervalo de transformación intercrítico. Retrasa la recristalización durante el laminado en caliente y en el recocido y afina la microestructura. Sin embargo, una cantidad excesiva en niobio al disminuir la soldabilidad, conviene limitar ésta al 0,040%.

Los contenidos en titanio y en niobio indicados anteriormente permiten hacer de forma que el nitrógeno quede completamente atrapado en forma de nitruros o de carbonitruros, si bien el boro se encuentra en forma libre y puede jugar el papel eficaz sobre la templabilidad. El efecto del boro sobre la templabilidad es fundamental. Al limitar la actividad del carbono, el boro permite en efecto controlar y limitar las transformaciones de fase difusivas (transformación ferrítica o perlítica durante el enfriamiento) y formar fases endurecedoras (bainita o martensita) necesarias para la obtención de elevadas características de resistencia mecánica. El aporte de boro es por consiguiente una componente importante de la presente invención, permite limitar por otro lado la adición de elementos de temple tales como Mn, Mo, Cr y reducir el coste analítico de la clase de acero.

20
25 El contenido mínimo en boro para asegurar una templabilidad eficaz es del 0,0005%. Más allá del 0,0025%, el efecto sobre la templabilidad se satura y se observa un efecto nefasto sobre la revestibilidad y sobre la ductilidad en caliente.

Con el fin de formar una cantidad suficiente de nitruros y de carbonitruros, se requiere un contenido mínimo del 0,002% en nitrógeno. El contenido en nitrógeno está limitado al 0,007% para evitar la formación de BN que disminuiría la cantidad de boro libre necesaria para el endurecimiento de la ferrita.

30 Una adición opcional de níquel puede ser realizada con el fin de obtener un endurecimiento suplementario de la ferrita. Esta adición se encuentra sin embargo limitada al 0,1% por razones de coste.

La realización del procedimiento de fabricación de una chapa laminada según la invención comprende las etapas sucesivas siguientes:

35 - Se aprovisiona un acero con la composición según la invención
- Se procede a la colada de un semiproducto a partir de este acero. Esta colada puede ser realizada en lingotes o en continuo en forma de piezas desbastadas con un espesor del orden de los 200mm. Se puede igualmente realizar la colada en forma de piezas desbastadas finas de algunas decenas de milímetros de espesor o de bandas finas entre cilindros de acero contra-rotativos.

40 Los semiproductos colados se llevan primeramente a una temperatura T_R superior a los 1150°C para alcanzar en cualquier punto una temperatura favorable a las deformaciones elevadas que experimentará el acero en el laminado.

Sin embargo, si la temperatura T_R es demasiado importante, los granos austeníticos aumentan de forma indeseable. En este ámbito de temperatura, los únicos precipitados susceptibles de controlar eficazmente el tamaño del grano austenítico son los nitruros de titanio, y conviene limitar la temperatura de recalentamiento a 1250°C con el fin de mantener un grano austenítico fino en esta fase.

45 Naturalmente, en el caso de una colada directa de piezas desbastadas finas o de bandas finas entre cilindros contra-rotativos, la etapa de laminación en caliente de estos semiproductos que comienza a más de 1150°C puede

realizarse directamente después de la colada si bien una etapa de recalentamiento intermediaria no es necesaria en este caso.

Se lamina en caliente el semiproducto en el ámbito de temperatura donde la estructura del acero es totalmente austenítica: si T_{FL} es inferior a la temperatura de comienzo de transformación de la austenita en el enfriamiento A_{r3} , los granos de ferrita son batidos en frío por el laminado y la ductilidad se reduce. Preferentemente, se elegirá una temperatura de final de laminado superior a los 850°C.

Se bobina seguidamente el producto laminado en caliente a una temperatura T_{bob} comprendida entre 500 y 570°C: esta gama de temperaturas permite obtener una transformación bainítica completa durante el mantenimiento casi-isotermo asociado con el bobinado. Esta gama conduce a una morfología de precipitados de Ti y Nb suficientemente fina con el fin de permitir la explotación de su poder endurecedor y templando en etapas posteriores del procedimiento de fabricación. Una temperatura de bobinado superior a los 570°C conduce a la formación de precipitados más gruesos, cuya coalescencia durante el recocido continuo disminuye significativamente la eficacia.

Cuando la temperatura de bobinado es demasiado baja, la dureza del producto se aumenta, lo cual incrementa las fuerzas necesarias en el laminado en frío con frío ulterior.

Se decapa seguidamente el producto laminado en caliente según un procedimiento conocido en sí mismo, luego se realiza un laminado en frío con un porcentaje de reducción comprendido preferentemente entre el 30 y el 80%.

Se calienta seguidamente el producto laminado en frío, preferentemente en el seno de una instalación de recocido continuo, con una velocidad media de calentamiento V_c comprendida entre 1 y 5°C/s. En relación con la temperatura de recocido T_M indicada a continuación, esta gama de velocidad de calentamiento permite obtener una fracción de ferrita no recrystalizada inferior o igual al 15%.

El calentamiento se realiza hasta una temperatura de recocido T_M comprendida entre la temperatura A_{c1} (temperatura de comienzo de transformación alotrópica al calentamiento)+40°C, y A_{c3} (temperatura de fin de transformación alotrópica al calentamiento) – 30°C, es decir dentro de una gama de temperaturas particular del ámbito intercrítico: cuando T_M es inferior a (A_{c1} +40°C), la estructura puede comprender aún zonas de ferrita no recrystalizadas cuya fracción superficial puede llegar al 15%. Esta proporción de ferrita no recrystalizada es evaluada de la forma siguiente: después de haber identificado la fase ferrítica en el seno de la microestructura, se cuantifica el porcentaje superficial de ferrita no recrystalizada adicionada a la totalidad de la fase ferrítica. Los inventores han evidenciado que estas zonas no recrystalizadas juegan un papel nefasto en la ductilidad y no permiten obtener las características consideradas por la invención. Una temperatura de recocido T_M según la invención permite obtener una cantidad de austenita suficiente para formar ulteriormente en el enfriamiento martensita en cantidad tal que las características deseadas sean logradas. Una temperatura T_M inferior a (A_{c3} – 30°C) permite igualmente asegurar que el contenido en carbono de los islotes de austenita formados a la temperatura T_M conduce a una transformación martensítica ulterior: cuando la temperatura de recocido es demasiado elevada, el contenido en carbono de los islotes de austenita se vuelve demasiado bajo, lo cual conduce a una transformación ulterior en bainita o en perlita no favorable. Además, una temperatura demasiado elevada conduce a un aumento del tamaño de los precipitados de niobio que pierden una parte de su capacidad de endurecimiento. La resistencia mecánica final se disminuye entonces.

Se elegirá preferentemente a este efecto una temperatura T_M comprendida entre los 760°C y los 830°C.

Un tiempo de mantenimiento mínimo t_M de 30s a la temperatura T_M permite la disolución de los carburos, se realiza una transformación parcial en austenita. El efecto se satura más allá de un tiempo de duración de 300 s. Un tiempo de mantenimiento superior a los 300s es igualmente difícilmente compatible con las exigencias de productividad de las instalaciones de recocido continuo, en particular la velocidad de paso. El tiempo de mantenimiento t_M se encuentra comprendido entre los 30 y 300s.

Las etapas siguientes del procedimiento difieren según se fabrique una chapa de acero no revestida, o galvanizada en continuo al temple, o galvanizada-aleada:

- En el primer caso, al final del mantenimiento de recocido, se realiza un enfriamiento hasta una temperatura inferior a la temperatura M_s (temperatura de comienzo de formación de martensita) con una velocidad de enfriamiento V suficiente para que la austenita formada en el recocido se transforme totalmente en martensita.

Este enfriamiento puede ser realizado a partir de la temperatura T_M en una sola o en varias etapas y puede hacer intervenir en este último caso diferentes modos de enfriamiento tales como baños de agua fría o hirviendo, chorros de agua o de gas. Estos eventuales modos de enfriamiento acelerado pueden combinarse con el fin de obtener una transformación martensítica completa de la austenita. Después de esta transformación martensítica, la chapa se refrigera hasta la temperatura ambiente.

La microestructura de la chapa sin revestir enfriada está entonces constituida por una matriz ferrítica con islotes de martensita cuya proporción superficial se encuentra comprendida entre un 35 y un 50%, y está exenta de bainita.

- En el caso en que se desee fabricar una chapa galvanizada en continuo al temple, al final del tiempo de mantenimiento de recocido, se enfría el producto hasta alcanzar una temperatura próxima a la temperatura T_{Zn} de galvanización al temple, siendo la velocidad de enfriamiento V_R suficientemente rápida para evitar la transformación de la austenita en ferrita. Con este fin, la velocidad de enfriamiento V_R es preferentemente superior a 15°C/s . Se realiza la galvanización al temple por inmersión en un baño de zinc o de aleación de zinc cuya temperatura T_{Zn} se encuentra comprendida entre los 450 y los 480°C . Una transformación parcial de la austenita en bainita se produce en esta fase, que conduce a la formación de un 1 a un 10% de bainita, expresándose este valor en proporción superficial. El mantenimiento dentro de esta gama de temperaturas debe ser inferior a 80s con el fin de limitar la proporción superficial de bainita al 10% y obtener así una proporción suficiente de martensita. Se enfría seguidamente el producto galvanizado a una velocidad comprendida V_R superior a 4°C/s hasta la temperatura ambiente con el fin de transformar completamente la fracción de austenita que queda en martensita: se obtiene de este modo una chapa de acero laminada en frío, recocida y galvanizada que contiene en proporción superficial 40-64% de ferrita, 35-50% de martensita y 1-10% de bainita.
- En el caso en que se desee fabricar una chapa de acero de Doble Fase laminada en frío y « galvannealed », es decir galvanizada-aleada, se enfría el producto al final del tiempo de mantenimiento de recocido hasta alcanzar una temperatura próxima a la temperatura T_{Zn} de galvanización al temple, siendo la velocidad de enfriamiento V_R lo suficientemente rápida para evitar la transformación de la austenita en ferrita. Con este fin, la velocidad de enfriamiento V_R es preferentemente superior a los 15°C/s . Se realiza la galvanización al temple por inmersión en un baño de zinc o de aleación de zinc cuya temperatura T_{Zn} se encuentra comprendida entre los 450 y los 480°C . Una transformación parcial de austenita en bainita se produce en esta fase, que conduce a la formación de un 1 a un 10% de bainita, expresándose este valor en proporción superficial. El mantenimiento dentro de esta gama de temperaturas debe ser inferior a los 80s con el fin de limitar la proporción de bainita al 10%. Después de la salida del baño de zinc, se calienta el producto galvanizado a una temperatura T_G comprendida entre los 490 y los 550°C , durante un tiempo t_G comprendido entre 10 y 40s. Se provoca así la interdifusión del hierro y de la fina capa de zinc o de aleación de zinc depositada en la inmersión, lo cual permite obtener un producto galvanizado-aleado. Se enfría este producto hasta la temperatura ambiente con una velocidad V_R superior a 4°C/s : se obtiene de esta forma una chapa de acero galvanizado-aleado con matriz ferrítica, conteniendo en proporción superficial del 40-64% de ferrita, del 35-50% de martensita y del 1-10% de bainita. La martensita se encuentra típicamente en forma de islotes de tamaño medio inferior a los 4 micrómetros, incluso los dos micrómetros, presentando estos islotes mayoritariamente, para más del 50% de ellos, una morfología masiva más bien que una morfología alargada. La morfología de un islote dado se caracteriza por la relación entre su tamaño máximo $L_{\max}$ y mínimo $L_{\min}$. Un islote dado se considera como presentando una

morfología masiva cuando su relación $\frac{L_{\max}}{L_{\min}}$ es inferior o igual a 2.

Además, los inventores han observado que pequeñas variaciones de los parámetros de fabricación en el seno de las condiciones definidas según la invención, no producen modificaciones importantes de la microestructura o de las propiedades mecánicas, lo cual es una ventaja para la estabilidad de las características de los productos industriales fabricados.

La presente invención se ilustrará a continuación a partir de los ejemplos siguientes dados a título no limitativo:

Ejemplo:

Se elaboraron aceros cuya composición figura en la tabla dada a continuación, expresada en porcentaje ponderal. Aparte de los aceros IX a IZ que han servido para la fabricación de chapas según la invención, se ha indicado a título de comparación la composición de un acero R que ha servido para la fabricación de chapas de referencia.

Ace-ro	C (%)	Mn (%)	Si (%)	S (%)	P (%)	Al (%)	Mo (%)	Cr (%)	Cr+2Mo (%)	Ni (%)	Nb (%)	Ti (%)	B (%)	N (%)
IX	0,071	2,498	0,275	0,003	0,011	0,150	0,104	0,304	0,512	0,022	0,039	0,025	0,0024	0,004
IY	0,076	2,430	0,3	0,003	0,012	0,120	0,09	0,33	0,51	0,030	0,024	0,024	0,0018	0,0035
IZ	0,062	2,030	0,153	0,003	0,011	0,125	0,055	0,27	0,38	0,020	0,011	0,015	0,0011	0,004
R	<u>0,143</u>	<u>1,910</u>	0,23	0,002	0,012	<u>0,035</u>	0,1	0,24	0,44	-	=	=	=	0,004

5

Tabla 1 Composiciones de aceros (% en peso). R = Referencia

Valores subrayados: No conformes a la invención

Los semiproductos colados que corresponden a las composiciones indicadas anteriormente fueron recalentados a 1230°C, luego laminados en caliente hasta un espesor de 2,8-4 mm en un ámbito donde la estructura es completamente austenítica. Las condiciones de fabricación de estos productos laminados en caliente (temperatura de final de laminado T_{FL} , temperatura de bobinado T_{bob}) se indican en la tabla 2.

10

Acero	T_{FL} (°C)	Ar3 (°C)	T_{bob} (°C)
IX	890	705	530
IY	880	715	540
IZ	880	735	530
R	880	700	550

Tabla 2 Condiciones de fabricación de los productos laminados en caliente

Los productos laminados en caliente fueron seguidamente decapados y luego laminados en frío hasta un espesor de 1,4 a 2 mm o sea un porcentaje de reducción del 50%. A partir de una misma composición, algunos aceros fueron objeto de diferentes condiciones de fabricación. Las referencias IX1, IX2 e IX3 designan por ejemplo tres chapas de aceros fabricadas según condiciones diferentes a partir de la composición de acero IX. Las chapas fueron galvanizadas al temple en un baño de zinc a una temperatura T_{Zn} de 460°C, otras fueron además objeto de un tratamiento de galvanización-aleación. La tabla 3 indica las condiciones de fabricación de las chapas recocidas después del laminado en frío:

15

20

- Velocidad de calentamiento V_c
- Temperatura de recocido T_M .
- Tiempos de mantenimiento en recocido t_M
- Velocidad de enfriamiento después del recocido V_R
- Velocidad de enfriamiento después de la galvanización V'_R
- Temperatura de galvanización-aleación T_G
- Duración de la galvanización-aleación t_G
- Velocidad de enfriamiento V''_R después del tratamiento de galvanización-aleación.

25

Las temperaturas de transformación A_{c1} y A_{c3} han sido igualmente llevadas a la tabla 3.

30

Chapa de acero	V _c (°C/s)	T _M (°C)	A _{c1} -A _{c3} (°C)	t _M (s)	V _R (°C/s)	V' _R (°C/s)	T _G (°C)	t _G (s)	V' _R (°C/s)
IX1 Invención	2	800	710-870	90	20	18	-	-	-
IX2 Invención	2	780	710-870	90	20	18	-	-	-
IX3 Referencia	2	<u>740</u>	710-870	100	17	15	-	-	-
IX4 Invención	2	800	710-870	100	20	-	520	10	10
IX5 Referencia	2	<u>850</u>	710-870	100	20	-	520	10	10
IX6 Referencia	2	<u>745</u>	710-870	100	20	-	520	10	10
IX7 Referencia	2	800	710-870	100	<u>10</u>	-	520	10	10
IY1 Ejemplo	2	780	710-865	90	20	18	-	-	-
IY2 Ejemplo	2	800	710-865	100	20	-	520	10	10
IZ Ejemplo	2	800	710-865	100	20	-	520	10	10
R Referencia	2	800	715-810	90	20	18	-	-	-

Tabla 3 Condiciones de fabricaciones de las chapas laminadas en frío y recocidas

Valores subrayados: no conformes a la invención

- 5 Las propiedades mecánicas de tracción obtenidas (límite de elasticidad Re, resistencia Rm, alargamiento a la ruptura A han sido llevadas a la tabla 4 dada a continuación. La relación Re/Rm se ha indicado igualmente.

- 10 Se ha determinado igualmente la microestructura de los aceros, cuya matriz es ferrítica. Las fracciones superficiales de bainita y de martensita han sido cuantificadas después del ataque con los reactivos Picral y LePera respectivamente, seguidos por un análisis de imagen gracias al logicial Aphelion™. Se ha determinado igualmente la fracción superficial de ferrita no recristalizada gracias a observaciones en microscopía óptica y electrónica de barrido donde se ha identificado la fase ferrítica, y luego cuantificado la fracción recristalizada en el seno de esta fase ferrítica. La ferrita no recristalizada se presenta en general en forma de islotes alargados por el laminado.

- 15 El comportamiento al plegado ha sido cuantificado de la forma siguiente: se plegaron chapas en bloque sobre si mismas en varias vueltas. De este modo, el radio de plegado disminuye cada vuelta. El comportamiento al plegado se evaluó seguidamente sacando la presencia de fisuras en la superficie del bloque plegado, expresándose la cotación de 1 a (baja aptitud al plegado) 5 (comportamiento muy bueno). Resultados colaterales de 1-2 se consideran como no satisfactorios.

Chapa de acero	Fracción de ferrita (%)	Fracción de bainita (%)	Fracción de martensita (%)	Fracción de ferrita no recristalizada (%)	Re (MPa)	Rm (MPa)	Re /Rm	A (%)	Comportamiento al plegado
IX1 invención	50	6	44	0	720	1020	0,71	11	3
IX2 invención	52	2	46	0	680	1030	0,66	10	3
IX3 referencia	48	<u>0</u>	<u>52</u>	<u>25</u>	700	<u>1120</u>	0,62	<u>8</u>	<u>1</u>
IX4 Invención	50	8	42	0	760	1030	0,74	10	3
IX5	55	<u>12</u>	<u>33</u>	0	780	<u>950</u>	<u>0,82</u>	12	3

referencia									
IX6 referencia	46	1	<u>53</u>	<u>20</u>	750	<u>1130</u>	0,66	<u>7</u>	<u>1</u>
IX7 referencia	56	<u>11</u>	<u>33</u>	0	755	<u>955</u>	0,79	12	3
IY1 Ejemplo	52	2	46	0	650	1030	0,63	13	4
IY2 Ejemplo	50	7	43	0	680	1020	0,67	12	4
IZ Ejemplo	48	6	46	0	630	1025	0,61	14	4
R referencia	<u>72</u>	3	<u>25</u>	0	490	<u>810</u>	0,60	18	<u>2</u>

Tabla 4 Resultados obtenidos en las chapas laminadas en frío y recocidas

Valores subrayados: no conformes a la invención

- 5 Las chapas de acero según la invención presentan un conjunto de características microestructurales y mecánicas que permiten la fabricación ventajosa de piezas, particularmente para aplicaciones estructurales: resistencia comprendida entre los 980 y los 1100 MPa, relación R_e/R_m comprendida entre 0,6 y 0,8, alargamiento a la ruptura superior al 9%, buen comportamiento al plegado. La figura 1 ilustra la morfología de la chapa de acero IX1, donde la ferrita está totalmente recrystalizada.
- 10 Las chapas según la invención presentan un buen comportamiento a la soldadura, particularmente por resistencia, siendo el carbono equivalente inferior a 0,25. En particular, el ámbito de soldabilidad tal como se ha definido por la norma ISO18278-2 en soldadura por puntos es muy amplio, del orden de 3500A. Es aumentado con relación a una clase de referencia del mismo grado. Además, ensayos de tracción en cruz o de tracción-cizallamiento realizados en puntos soldados de chapas según la invención revelan que la resistencia de estos puntos soldados es muy elevada con respecto a las características mecánicas.
- 15 En comparación, las chapas de referencia no ofrecen estas mismas características:
- 20 Las chapas de acero IX3 (galvanizada) e IX6 (galvanizado-aleado) fueron recocidas a una temperatura T_M demasiado baja: consecuentemente, la fracción de ferrita no recrystalizada es excesiva así como la fracción de martensita. Estas características microestructurales están asociadas con una disminución del alargamiento y del comportamiento al plegado. La figura 2 ilustra la microestructura de la chapa de acero IX3: se aprecia la presencia de ferrita no recrystalizada en forma de islotes alargados (señalados (A)) que coexisten con la ferrita recrystalizada y la martensita, apareciendo este último constituyente más oscuro en la micrografía. Una micrografía en Microscopía Electrónica por Barrido (figura 3) permite distinguir finamente las zonas de ferrita no recrystalizada (A) de las recrystalizadas (B).
- 25 La chapa IX5 es una chapa galvanizada-aleada recocida a una temperatura T_M demasiado elevada: el contenido en carbono de la austenita a temperatura elevada se vuelve entonces demasiado bajo y la aparición de bainita es favorecida en detrimento de la formación de martensita. Se asiste igualmente a una coalescencia de los precipitados de niobio, lo cual provoca una pérdida de endurecimiento. La resistencia es entonces insuficiente, siendo la relación R_e/R_m demasiado elevada.
- 30 La chapa IX7 galvanizada-aleada se enfrió a una velocidad V_R demasiado lenta después de la etapa de recocido: la transformación de la austenita formada en ferrita se produce entonces en esta etapa de enfriamiento de forma excesiva, conteniendo la chapa de acero en la fase final una proporción de bainita demasiado importante y una proporción de martensita demasiado baja, lo cual conduce a una resistencia insuficiente.
- 35 La composición de la chapa de acero R no corresponde a la invención, siendo su contenido en carbono demasiado importante, y siendo su contenido en manganeso, aluminio, niobio, titanio, boro demasiado bajos. Consecuentemente, la fracción de martensita es demasiado baja si bien la resistencia mecánica es insuficiente.
- Las chapas de acero según la invención se utilizarán ventajosamente para la fabricación de piezas de estructuras o de seguridad en la industria automovil.

REIVINDICACIONES

1. Chapa de acero de Doble Fase laminada en frío y recocida de resistencia comprendida entre 980 y 1100MPa, de alargamiento a la ruptura superior al 9%, cuya composición comprende, expresándose los contenidos en peso:

$$\begin{aligned}
 &0,055\% \leq C \leq 0,095\% \\
 &2\% \leq Mn \leq 2,6\% \\
 &0,005\% \leq Si \leq 0,35\% \\
 &S \leq 0,005\% \\
 &P \leq 0,050\% \\
 &0,1\% \leq Al \leq 0,3\% \\
 &0,05\% \leq Mo \leq 0,25\% \\
 &0,2\% \leq Cr \leq 0,5\% \\
 &\text{entendiéndose que } Cr+2Mo \leq 0,6\% \\
 &Ni \leq 0,1\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &0,010\% \leq Nb \leq 0,040\% \\
 &0,010\% \leq Ti \leq 0,050\% \\
 &0,0005\% \leq B \leq 0,0025\% \\
 &0,002\% \leq N \leq 0,007\%
 \end{aligned}$$

estando el resto de la composición constituido por hierro e impurezas inevitables resultantes de la elaboración, siendo su fracción superficial de ferrita no recristalizada adicionada a la totalidad de la fase ferrítica, inferior o igual al 15%.

2. Chapa de acero según la reivindicación 1, caracterizada porque la composición de dicho acero contiene, expresándose el contenido en peso:

$$0,12\% \leq Al \leq 0,25\%$$

3. Chapa de acero según la reivindicación 1 ó 2, caracterizada porque la composición de dicho acero contiene, expresándose el contenido en peso:

$$0,10\% \leq Si \leq 0,30\%$$

4. Chapa de acero según la reivindicación 1 ó 2, caracterizada porque la composición de dicho acero contiene, expresándose el contenido en peso:

$$0,15\% \leq Si \leq 0,28\%$$

5. Chapa de acero según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque la composición de dicho acero contiene, expresándose el contenido en peso:

$$P \leq 0,015\%$$

6. Chapa de acero según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada porque su microestructura contiene de un 35 a un 50% de martensita en proporción superficial.
- 5 7. Chapa de acero según la reivindicación 6, caracterizada porque el complemento de la indicada microestructura está constituido por un 50 a un 65% de ferrita en proporción superficial.
8. Chapa de acero según la reivindicación 6, caracterizada porque el complemento de la indicada microestructura está constituido por un 1 a un 10% de bainita y por un 40 a un 64% de ferrita en proporción superficial.
- 10 9. Chapa de acero según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizada porque la relación entre su límite de elasticidad R_e y su resistencia R_m es tal que: $0,6 \leq R_e/R_m \leq 0,8$.
- 15 10. Chapa de acero según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 u 8 a 9, caracterizada porque está galvanizada en continuo.
11. Chapa de acero según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 u 8 a 9, caracterizada porque comprende un revestimiento galvanizado-aleado.
- 20 12. Procedimiento de fabricación de una chapa de acero de Doble Fase laminada en frío y recocida, caracterizado porque se aprovisiona un acero de composición según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, luego
 - se cuela el indicado acero en forma de semiproducto, luego
 - 25 - se lleva el indicado semiproducto a una temperatura de $1150^{\circ}\text{C} \leq T_R \leq 1250^{\circ}\text{C}$, luego
 - se lamina en caliente el mencionado semiproducto con una temperatura de fin de laminado $T_{FL} \geq \text{Ar3}$ para obtener un producto laminado en caliente, luego
 - se bobina el indicado producto laminado en caliente a una temperatura T_{bob} tal que: $500^{\circ}\text{C} \leq T_{bob} \leq 570^{\circ}\text{C}$, luego
 - 30 - se decapa el indicado producto laminado en caliente, luego
 - se realiza un laminado en frío con un porcentaje de reducción comprendido entre 30 y 80% para obtener un producto laminado en frío, luego
 - se calienta el indicado producto laminado en frío a una velocidad de $1^{\circ}\text{C/s} \leq V_c \leq 5^{\circ}\text{C/s}$ hasta una temperatura de recocido T_M tal que: $\text{Ac1}+40^{\circ}\text{C} \leq T_M \leq \text{Ac3}-30^{\circ}\text{C}$ donde se realiza un mantenimiento durante un tiempo: $30\text{s} \leq t_M \leq 300\text{s}$ con el fin de obtener un producto calentado y recocido con una estructura que comprende austenita, luego
 - 35 - se enfría el indicado producto hasta una temperatura inferior a la temperatura M_s con una velocidad V suficiente para que la indicada austenita se transforme totalmente en martensita.
- 40 13. Procedimiento de fabricación de una chapa de acero de Doble Fase laminada en frío, recocida y galvanizada, caracterizado porque se aprovisiona el indicado producto calentado y recocido con una estructura que comprende austenita según la reivindicación 12, luego,
 - se enfría el indicado producto calentado y recuece con una velocidad V_R suficiente para evitar la transformación de la indicada austenita en ferrita, hasta alcanzar una temperatura próxima a la temperatura T_{Zn} de galvanización al temple, luego
 - 45 - se galvaniza en continuo el indicado producto por inmersión en un baño de zinc o de aleación de Zn a una temperatura de $450^{\circ}\text{C} \leq T_{Zn} \leq 480^{\circ}\text{C}$ para obtener un producto galvanizado, luego
 - se enfría el indicado producto galvanizado hasta la temperatura ambiente con una velocidad V'_R superior a 4°C/s para obtener una chapa de acero laminada en frío, recocida y galvanizada.
- 50 14. Procedimiento de fabricación de una chapa de acero de Doble Fase laminada en frío y galvanizada-aleada, caracterizado porque se aprovisiona el indicado producto calentado y recocido con una estructura que comprende austenita según la reivindicación 12, luego,
 - se enfría el indicado producto calentado y recocido con una velocidad V_R suficiente para evitar la transformación de la indicada austenita en ferrita, hasta alcanzar una temperatura próxima a la temperatura T_{Zn} de galvanización al temple, y luego
 - 55 - se galvaniza en continuo el indicado producto por inmersión en un baño de zinc o de aleación de Zn a una temperatura de $450^{\circ}\text{C} \leq T_{Zn} \leq 480^{\circ}\text{C}$ para obtener un producto galvanizado, y luego

- se calienta el mencionado producto galvanizado a una temperatura T_G comprendida entre los 490 y los 550°C durante un tiempo t_G comprendido entre 10 y 40 s para obtener un producto galvanizado-aleado, y luego
 - se enfría el indicado producto galvanizado-aleado hasta la temperatura ambiente a una velocidad V''_R superior a 4°C/s, para obtener una chapa de acero laminada en frío y galvanizado-aleada.
- 5
15. Procedimiento de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, caracterizado porque la indicada temperatura T_M se encuentra comprendida entre los 760 y los 830°C.
- 10
16. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 13 ó 14, caracterizado porque la indicada velocidad de enfriamiento V_R es superior o igual a 15°C/s.
- 15
17. Utilización de una chapa de acero según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, o fabricada por un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 16, para la fabricación de piezas de estructuras o de seguridad para vehículos automóviles.

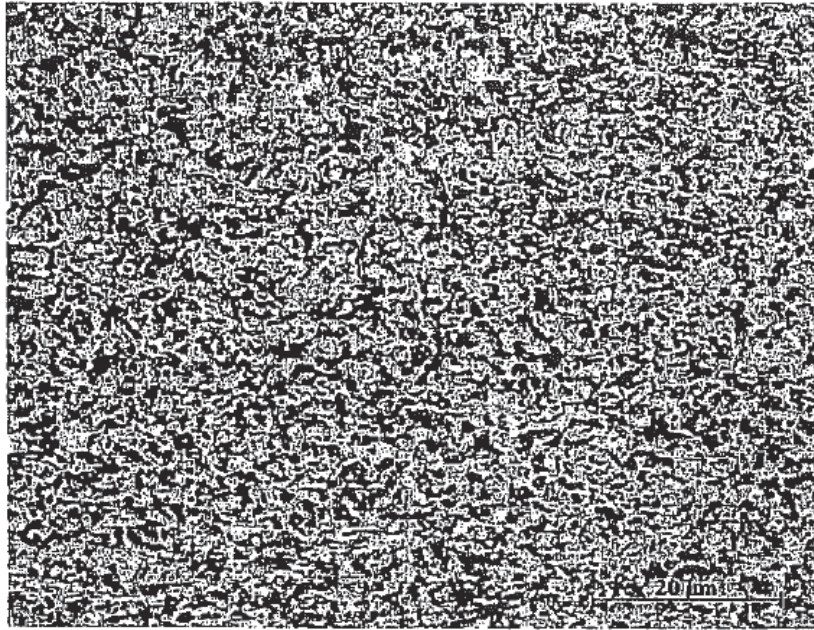


Fig. 1

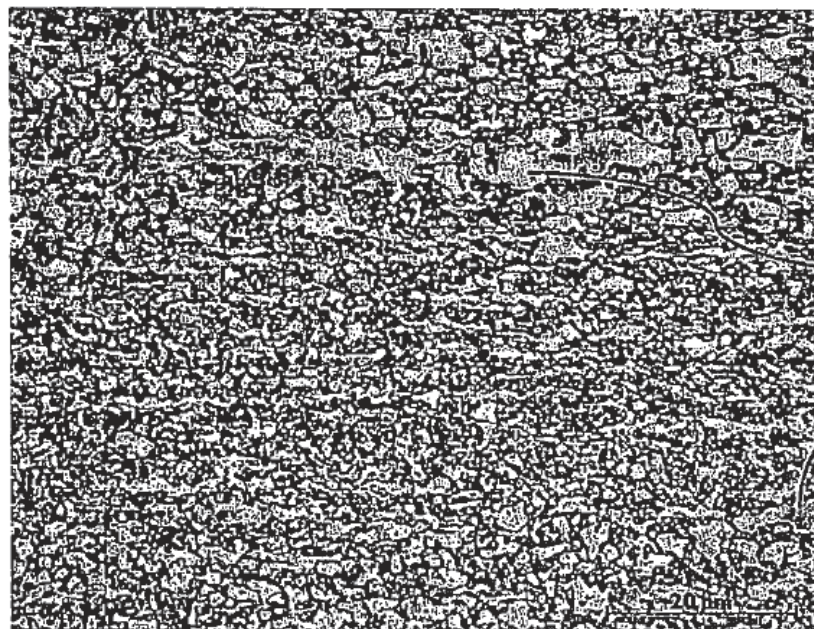


Fig. 2

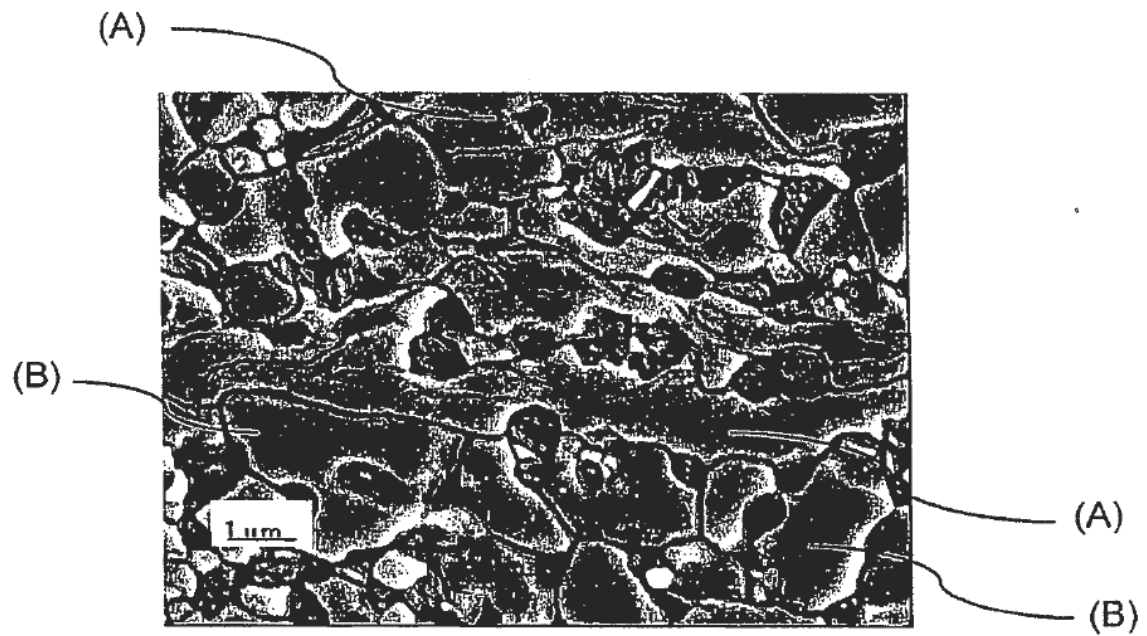


Fig. 3