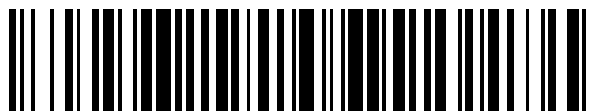


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 729 870**

51 Int. Cl.:

<b>C23C 2/02</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/06</b>	(2006.01)	<b>B32B 15/01</b>	(2006.01)
<b>C23C 2/06</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/08</b>	(2006.01)		
<b>C23C 2/12</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/12</b>	(2006.01)		
<b>C23C 2/28</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/14</b>	(2006.01)		
<b>C23C 2/40</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/22</b>	(2006.01)		
<b>C21D 8/02</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/24</b>	(2006.01)		
<b>C21D 9/46</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/26</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/00</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/28</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/02</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/32</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/04</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/38</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.06.2015 PCT/IB2015/000819**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.12.2015 WO15185975**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.06.2015 E 15734438 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2019 EP 3152336**

54 Título: **Lámina de acero laminada en frío y revestida por inmersión en caliente, procedimiento de producción y uso**

30 Prioridad:

**06.06.2014 WO PCT/IB2014/000991**

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

**06.11.2019**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**FAN, DONGWEI;  
JUN, HYUN JO y  
ROTOLE, JOHN A.**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

ES 2 729 870 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

Lámina de acero laminada en frío y revestida por inmersión en caliente, procedimiento de producción y uso

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a aceros multifase de alta resistencia, para uso en vehículos de motor, que tienen propiedades de alta conformabilidad y muestran altos niveles de resistencia, y están destinados a ser utilizados como elementos estructurales y materiales de refuerzo principalmente para vehículos de motor. También se ocupa del procedimiento de producción del acero multifase de alta conformabilidad.
- 10 **[0002]** A medida que aumenta el uso de aceros de alta resistencia en aplicaciones automotrices, existe una creciente demanda de aceros de mayor resistencia sin sacrificar la conformabilidad. Las crecientes demandas de ahorro de peso y requisitos de seguridad motivan la elaboración intensiva de nuevos conceptos de aceros para automóviles que pueden lograr una mayor ductilidad simultáneamente con una mayor resistencia en comparación con los Aceros Avanzados de Alta Resistencia (AHSS) existentes.
- 15 **[0003]** Por lo tanto, se han propuesto varias familias de aceros como los que se mencionan a continuación que ofrecen diversos niveles de resistencia.
- [0004]** Entre esos conceptos, se han desarrollado aceros con elementos de microaleación cuyo endurecimiento se obtiene simultáneamente por precipitación y por refinamiento del tamaño de grano. El desarrollo de dichos aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA) ha sido seguido por aquellos de mayor resistencia llamados aceros avanzados de alta resistencia que mantienen buenos niveles de resistencia junto con una buena conformabilidad en frío. Sin embargo, los niveles de tracción alcanzados por estos grados son generalmente bajos.
- 20 **[0005]** Para responder a la demanda de aceros con alta resistencia y, al mismo tiempo, alta conformabilidad, tuvieron lugar muchos desarrollos. Sin embargo, es bien sabido que, para los aceros de alta resistencia, tratar de aumentar la resistencia a la tracción máxima generalmente conduce a niveles de ductilidad más bajos. Sin embargo, los fabricantes de automóviles siguen desarrollando piezas cada vez más complejas que requieren más ductilidad sin sacrificar los requisitos de resistencia. Además, se necesita una mejora en el límite elástico y el rendimiento de la expansión del orificio sobre los aceros actualmente en producción, por ejemplo, para láminas de acero revestidas por inmersión en caliente.
- 30 **[0006]** La invención se refiere a un procedimiento para fabricar acero revestido por inmersión en caliente de alta resistencia, su procedimiento de producción y el uso de dicho acero de alta resistencia para producir una pieza de un vehículo.
- 35 **[0007]** Se conoce la solicitud de los EE.UU. US2013008570, dicha solicitud se ocupa de una placa de acero de resistencia ultra alta con al menos 1100 MPa de resistencia a la tracción que tiene tanto un excelente equilibrio de resistencia al estiramiento como una excelente trabajabilidad de flexión, y un procedimiento para producir el mismo. La estructura metálica de la placa de acero tiene martensita y las fases blandas de la ferrita bainítica y la ferrita poligonal. El área de la martensita mencionada anteriormente constituye el 50 % o más, el área de la ferrita bainítica mencionada anteriormente constituye el 15 % o más y el área de la ferrita poligonal mencionada anteriormente constituye el 5 % o menos (incluido el 0 %). Cuando se mide el diámetro equivalente al círculo de la fase blanda mencionada anteriormente, el coeficiente de variación (desviación estándar/valor medio) es menor o igual a 1,0. La placa de acero de resistencia ultra alta tiene al menos 1100 MPa de resistencia a la tracción. Dicha solicitud es silenciosa en cuanto a problemas de conformabilidad diferentes tal como la expansión del orificio y el límite elástico que tienen un importante impacto sobre las propiedades de uso.
- 40 **[0008]** También se conoce la solicitud WO2012153016 que se ocupa de un acero laminado en frío cuya resistencia a la tracción es superior a 1000 MPa y un alargamiento uniforme superior al 12 %, así como una capacidad de curvatura en V superior a 90°. La composición química de esta solicitud comprende, en porcentaje en peso:  $0,15\% \leq C \leq 0,25\%$ ,  $1,8\% \leq Mn \leq 3,0\%$ ,  $1,2\% \leq Si \leq 2\%$ ,  $0\% \leq Al \leq 0,10\%$ ,  $0\% \leq Cr \leq 0,50\%$ ,  $0\% \leq Cu \leq 1\%$ ,  $0\% \leq Ni \leq 1\%$ ,  $0\% \leq S \leq 0,005\%$ ,  $0\% \leq P \leq 0,020\%$ ,  $Nb \leq 0,015\%$ ,  $Ti \leq 0,020\%$ ,  $V \leq 0,015\%$ ,  $Co \leq 1\%$ ,  $N \leq 0,008\%$ ,  $B \leq 0,001\%$  mientras que  $Mn + Ni + Cu \leq 3\%$ , siendo el resto Fe e impurezas inevitables del yeso. La microestructura de acero contiene, en porcentaje de superficie, del 5 al 20 % de ferrita poligonal, entre el 10 y el 15 % de austenita residual, del 5 al 15 % de martensita, siendo el resto de tipo bainita. Esta solicitud requiere que la austenita se establezca a través del procedimiento de recocido continuo.
- 50 **[0009]** La solicitud europea EP 2578718 describe láminas de acero laminadas en frío y revestidas por inmersión en caliente de alta resistencia que tienen una composición elemental similar y un tratamiento de recocido en una atmósfera oxidante y reductora antes del revestimiento por inmersión en caliente.
- 60 **[0010]** La solicitud germana DE 10 2001 051731 A1 describe láminas de acero de una composición y resistencia elementales similares, y un tratamiento de recocido que comprende una etapa de oxidación en un horno de fuego directo seguido de una etapa de reducción en un horno de tubo radiante para obtener una profundidad
- 65

oxidada internamente de entre 20 nm y 200 nm, para mejorar la calidad de revestimiento por inmersión en caliente.

**[0011]** El objetivo de la invención es resolver los problemas mencionados anteriormente, es decir, traer un acero de alta resistencia revestido por inmersión en caliente con simultáneamente:

5 Una resistencia a la tracción por encima o igual a 980 MPa, o incluso 1180 MPa. Un alargamiento total por encima o igual al 8 %.

Un valor de expansión de orificio superior o igual al 20 %, o incluso 40 %.

10 Un valor de límite elástico por encima de 500 MPa, o incluso 780 MPa

**[0012]** Otro objetivo de la invención es proporcionar un procedimiento para fabricar dicho acero multifase revestido por inmersión en caliente, a la vez que es compatible con las líneas de galvanizado recocido continuo habituales.

**[0013]** Para ello, el objetivo principal de la invención es proporcionar una lámina de acero laminada en frío y revestida por inmersión en caliente como se define en las reivindicaciones 1 a 12.

20 **[0014]** La invención también tiene, como segundo objetivo, un procedimiento para producir la lámina de acero laminada en frío y revestida por inmersión en caliente, como se define en las reivindicaciones 13 a 18.

**[0015]** El acero según la invención se puede usar para producir una pieza de carrocería en blanco para un vehículo de motor.

25 **[0016]** Los principales aspectos de la invención serán ahora descritos:

La figura 1 ilustra una microestructura del acero según la invención con martensita en blanco, ferrita y bainita en negro.

30 **[0017]** Para obtener el acero de la invención, la composición química es muy importante, así como los parámetros de producción para alcanzar todos los objetivos. Los siguientes elementos de la composición química se dan en porcentaje en peso.

35 **[0018]** El carbono es un elemento utilizado para reforzar la martensita. Si el contenido de carbono es inferior al 0,05 %, la resistencia a la tracción de 980 MPa como mínimo no se alcanza en la presente invención. Si el carbono es superior al 0,15 %, la martensita será dura y el alargamiento total del 8 % no se alcanzará en el acero de la presente invención. Además, el carbono es un fuerte elemento formador de austenita. La reducción del contenido de carbono, desde 0,15 % hacia abajo, permite tener una temperatura de recocido dada, menos austenita y suficiente ferrita para mejorar la conformabilidad y alcanzar el objetivo de alargamiento total. Además, las bajas temperaturas de recocido para el acero según la invención limitan considerablemente el crecimiento del grano de ferrita; como consecuencia, el tamaño de grano ferrítico final es inferior a 10 micrómetros. Esta combinación contribuye al gran compromiso de las propiedades mecánicas obtenidas en el acero según la invención.

45 **[0019]** Preferentemente, el contenido de carbono es tal que  $0,09 \leq C \leq 0,14$  %.

**[0020]** El manganeso es un elemento endurecedor. Si el contenido de Mn es inferior al 2 %, la resistencia a la tracción será inferior a 980 MPa. Si el contenido de Mn es superior al 3 %, se espera una segregación central de Mn en el espesor medio y esto será perjudicial para las propiedades de uso. Preferentemente, el contenido de manganeso es tal que  $2,2 \leq Mn \leq 2,7$  %.

**[0021]** El silicio tiene un efecto de fortalecimiento, mejora el alargamiento total y la relación de expansión del orificio, así como la resistencia a la fractura retardada. Si el contenido de Si es inferior al 0,3 %, el alargamiento total será inferior al 8 % y las propiedades mencionadas anteriormente se verán afectadas. Si el contenido de Si es superior al 1,5 %, las cargas de laminación aumentan demasiado y el procedimiento de laminación en frío se vuelve difícil. Además, la temperatura de remojo será demasiado alta, esto dará lugar a problemas de fabricación. Además, la capacidad de revestimiento mediante revestimiento por inmersión en caliente puede deteriorarse debido a la formación de óxido de silicio en la superficie de la lámina. Preferentemente, el contenido de Si es tal que  $0,5 \leq Si \leq 1,3$  por las razones dadas anteriormente.

60 **[0022]** El aluminio, al igual que el titanio, puede formar AlN para proteger el boro. Sin embargo, su contenido está limitado a 0,1 % porque los contenidos de Al más altos conducirán a temperaturas de recocido más altas para tener el mismo equilibrio microestructural, al igual que todos los demás parámetros. Como consecuencia, para fines de ahorro de costes y energía, su contenido se limita al 0,1 %. Preferentemente, el contenido de Al es  $\leq 0,05$  %.

65

**[0023]** El niobio puede formar precipitados, que tienen un efecto de refinamiento del grano, que se sabe que aumenta la resistencia a la tracción. Además, mejora la relación de expansión del orificio y la resistencia a la fractura retardada. Si el contenido de Nb está por encima del 0,05 %, la ductilidad se reducirá y el alargamiento total caerá por debajo del 8 %. El contenido de Nb debe ser  $\geq 0,01$  % para obtener un refinamiento de grano y una resistencia a la tracción suficientes. Preferentemente, el contenido de Nb es tal que  $Nb \leq 0,03$  %.

**[0024]** Mo y Cr mejorarán la capacidad de endurecimiento y la resistencia a la tracción. Si la suma de estos elementos es inferior al 0,1 %, se formará una gran fracción de ferrita además del crecimiento del grano de ferrita proeutectoide formado durante el recocido y esto disminuirá la resistencia. Si la suma de estos elementos es superior al 1 % en el acero de la invención, hará que la banda caliente sea dura y difícil de laminar en frío. Preferentemente, la suma de estos elementos es tal que  $0,1 \leq Cr + Mo \leq 0,7$  %.

**[0025]** Se añade titanio para combinarlo con nitrógeno para formar TiN y, como consecuencia, proteger B en solución sólida, si no hay Ti ni Al presente, puede formarse nitruro de boro. En ese caso, el boro no estaría en una solución sólida y cumpliría su función definida a continuación. Además, la formación de TiN mejora la conformabilidad y la soldabilidad, así como la resistencia a la fractura retardada en el acero de la invención. Por encima del 0,5 %, el Ti conducirá a temperaturas de recocido más altas para tener el mismo equilibrio microestructural al igual que todos los demás parámetros. Como consecuencia, para fines de ahorro de costes y energía, su contenido se limita preferentemente al 0,05 %. Preferentemente, el contenido de Ti es tal que  $0,02 Ti \leq 0,05$  %. En una realización preferida, el contenido de Ti es al menos 3,4 veces el contenido de nitrógeno, para asegurar su combinación con nitrógeno y para obtener un refinamiento eficiente del grano.

**[0026]** El boro puede suprimir la formación de ferrita durante la etapa de enfriamiento del recocido de la banda laminada en frío. Como resultado, evita una caída en la resistencia por debajo de 980 MPa. Si el contenido de boro es superior o igual a 0,0025 % (25 ppm), el exceso de boro precipitará como nitruro de boro en los límites de grano austenítico y estos servirán como sitios de nucleación para la formación de ferrita con el mismo efecto de caída de tracción en las propiedades mecánicas. Por debajo de 0,0001 % (1 ppm) grados más altos, los términos de resistencia a la tracción son más difíciles de alcanzar. Idealmente, el boro debe ser de  $0,001 \leq B \leq 0,0022$  % para obtener propiedades mecánicas por encima de 1180 MPa con un mínimo de 8 % de alargamiento total.

**[0027]** En cuanto al vanadio, si el contenido es superior al 0,01 %, el vanadio consumirá el carbono formando carburos y/o nitrocarburos y esto ablandará la martensita. Además, la ductilidad del acero según la invención se verá afectada y caerá por debajo del 8 %.

**[0028]** En cuanto al nitrógeno, si el contenido de nitrógeno es superior al 0,02 %, se formarán nitruros de boro y se reducirá la capacidad de endurecimiento del acero, ya que estará disponible un bajo contenido de boro libre. También formará una gran fracción de AlN, lo que es perjudicial para el alargamiento total y la relación de expansión del orificio. Como consecuencia, el contenido de nitrógeno está limitado al 0,02 % para no caer por debajo del 8 % del alargamiento y/o el 20 % de la relación de expansión del orificio.

**[0029]** En cuanto al fósforo, con un contenido superior al 0,05 % en peso, el fósforo se segrega a lo largo de los límites de grano del acero y causa el deterioro de la resistencia a la fractura retardada y la soldabilidad de la lámina de acero. Por lo tanto, el contenido de fósforo debe limitarse al 0,05 % en peso.

**[0030]** En cuanto al azufre, los contenidos superiores al 0,01 % en peso conducen a una gran cantidad de inclusiones no metálicas (MnS), y esto provoca el deterioro de la resistencia a la fractura retardada y la ductilidad de la lámina de acero. En consecuencia, el contenido de azufre debe limitarse al 0,01 % en peso.

**[0031]** El resto del acero según la invención está hecho de hierro e impurezas inevitables.

**[0032]** El procedimiento para producir el acero según la invención implica fundir acero con la composición química de la invención.

**[0033]** El acero fundido se recalienta por encima de 1180 °C. Cuando la temperatura de recalentamiento de la plancha es inferior a 1180 °C, el acero no será homogéneo y los precipitados no se disolverán completamente.

**[0034]** Luego, la placa se lamina en caliente, teniendo lugar la última pasada de laminación en caliente a una temperatura  $T_{ip}$  por encima de los 800 °C. Si  $T_{ip}$  está por debajo de 800 °C, se reduce la trabajabilidad en caliente y aparecerán grietas y aumentarán las fuerzas de laminación.

- Enfriar el acero a una velocidad de enfriamiento típica conocida en sí por el experto en la técnica hasta la temperatura de enrollamiento  $T_{enrollamiento}$ .

-La  $T_{enrollamiento}$  debe ser inferior a la última temperatura  $T_{ip}$  °C de pasada. Esta temperatura está entre 500 °C y 800 °C, preferentemente, la temperatura de enrollamiento es tal que  $500 \text{ °C} \leq T_{enrollamiento} \leq 750 \text{ °C}$ .

65 - Después de enrollar, el acero laminado en caliente se desincrusta.

- Luego, opcionalmente, el acero laminado en caliente se recuece a una temperatura superior a 300 °C durante más de 20 minutos. Si el tratamiento térmico se realiza por debajo de 300 °C, las fuerzas para la laminación en frío serán demasiado altas y en menos de 20 minutos se obtendrá el mismo resultado, el material será demasiado duro para laminarse en frío fácilmente. Además, los inventores han descubierto que este tratamiento térmico intermedio mejora enormemente la homogeneidad del espesor de la lámina de una manera sorprendente. Preferentemente, el tratamiento térmico se realiza entre 500 °C y 650 °C durante 30 horas a 100 horas.
- Opcionalmente, el acero laminado en caliente se coloca debajo de una cubierta, aislada si es necesario, para cubrir uno o más serpentines para facilitar el enfriamiento uniforme del producto laminado en caliente. Además, los inventores han descubierto que este tratamiento de cobertura también puede mejorar la homogeneidad del espesor de la lámina.

**[0035]** La temperatura del acero laminado en caliente antes de ingresar a la cubierta debe ser superior a 400 °C. La velocidad de enfriamiento del acero debe ser menor o igual a 1 °C/min y mayor o igual a 0,01 °C/min. Si la velocidad de enfriamiento es superior a 1 °C/min, la banda caliente será demasiado dura para seguir la laminación en frío. Una velocidad de enfriamiento inferior a 0,01 °C/min, sería perjudicial para la productividad.

- Laminar en frío el acero con una relación de laminación en frío que dependerá del espesor final previsto. La relación de laminación en frío se define por: (espesor antes de laminación en frío) - (espesor después de laminación en frío) / (espesor antes de laminación en frío). La relación de reducción de frío está comprendida entre el 40 y el 60 %. Por lo tanto, la energía de deformación almacenada es adecuada para asegurar una recristalización adicional durante el recocido.
- Calentar el acero hasta la temperatura de recocido  $T_{\text{recocido}}$  que debe estar entre 750 °C y 950 °C.

**[0036]** La lámina de acero laminada en frío se recuece aun más de forma continua para obtener la recristalización y obtener la microestructura deseada por transformación. El recocido comprende las etapas siguientes:

La lámina laminada en frío se calienta en un horno de fuego directo (o "DFF") dentro de una atmósfera que tiene un porcentaje de volumen de oxígeno en exceso de entre el 0,2 % y el 4 %. El volumen de oxígeno en exceso se refiere al oxígeno que está presente en exceso de la cantidad de oxígeno necesaria para combinar con el combustible utilizado para calentar el horno, es decir: Porcentaje de volumen de oxígeno en exceso = (volumen de oxígeno total - volumen de oxígeno necesario para la combustión) / (volumen de oxígeno total) Por lo tanto, cuando el exceso de oxígeno está presente en la atmósfera de combustión dentro de la proporción de la invención, está disponible para reaccionar con la banda de acero. En el intervalo entre 500 y 750 °C, tiene lugar la oxidación, es decir, se forma una capa de óxido de hierro en la superficie de la lámina de acero mientras se produce una oxidación interna bajo este óxido de hierro: por lo tanto se crean óxidos internos a una profundidad de 100 µm, que pueden contener uno o más de Si, Mn, Al, Ti. Si la profundidad de oxidación es superior a 100 µm, la superficie del acero estará muy oxidada, lo que será difícil de reducir, y la calidad del revestimiento se deteriorará.

- La lámina de acero se calienta aún más desde este intervalo de temperatura de oxidación hasta una temperatura de recocido  $T_{\text{recocido}}$  en un horno de tubo de radiación, comprendiéndose la velocidad de calentamiento entre 0,5 y 2,5 °C/s. Si la velocidad de calentamiento es inferior a 0,5 °C/s, el crecimiento excesivo de grano reducirá el límite elástico final. Si la velocidad de calentamiento es superior a 2,5 °C/s, se consumirá demasiada energía.

**[0037]** La atmósfera en el horno de tubo radiante es una atmósfera de gas mixto que tiene un punto de rocío inferior o igual a 25 °C. Más de 25 °C causará una oxidación excesiva de la superficie del acero, lo que puede afectar la calidad del revestimiento.

**[0038]** En una realización preferida, el punto de rocío está por debajo de 0 °C, por lo que se obtiene una calidad de superficie muy buena.

- el acero se recuece aún más de forma continua en el horno de tubo de radiación, en las mismas condiciones atmosféricas, a la temperatura  $T_{\text{recocido}}$  entre 750 °C y 950 °C y se mantiene a esta temperatura durante 30 a 300 segundos. El control de la temperatura de recocido es una característica importante del procedimiento, ya que permite controlar las fracciones iniciales de austenita y ferrita, así como su composición química. Por debajo de los 750 °C, la ferrita no se recristalizará completamente y el alargamiento estará por debajo del 8 %, mientras que es inútil ir por encima de los 950 °C por razones de ahorro de energía y costes. Preferentemente, el recocido se realiza a una temperatura de entre 775 y 860 °C.

**[0039]** La lámina de acero se enfría luego aún más a una temperatura  $T_{\text{OA}}$  de entre 440 °C y 470 °C:

- durante estas etapas de calentamiento, recocido y enfriamiento, el acero se oxida y luego se reduce, es decir, la capa de óxido de hierro en la superficie de la lámina de acero, mencionada anteriormente, se reduce completamente, mientras que una zona interna oxidada, con una profundidad de entre 200 nm y 100 µm, que comprende óxidos que contienen uno o más de Si, Mn, Al, Ti, está presente.

**[0040]** Esta oxidación seguida de una etapa de reducción es necesaria para que la superficie de acero sea adecuada para el revestimiento por inmersión en caliente.

5 - Después del enfriamiento, el acero se mantiene a una temperatura de entre 440 °C y 470 °C durante más de 30 segundos y menos de 180 segundos. Por debajo de 440 °C, se formará una gran fracción de bainita o martensita y la resistencia a la tracción y el alargamiento total estará por debajo de las expectativas de la presente invención: 980 MPa y 8 % respectivamente. Por encima de 470 °C, aparecerán problemas de inmersión en caliente con la vaporización de la masa fundida y la reacción entre la masa fundida y la banda no se controlará.

10

- Luego, el acero se reviste por inmersión en caliente para obtener un acero laminado en frío revestido, preferentemente el revestimiento por inmersión en caliente se realiza en un baño de aleación de Zn o Zn para obtener un acero galvanizado de alta resistencia laminado en frío.

15 - opcionalmente, el acero laminado en frío revestido por inmersión en caliente se alea al sustrato para obtener un acero galvano-recocido de alta resistencia laminado en frío, conteniendo el revestimiento de aleación Zn o Zn entre el 7 y el 15 % de hierro.

**[0041]** La zona oxidada interna está presente bajo el revestimiento de aleación de Zn o Zn.

20

- Luego, el acero laminado en frío revestido por inmersión en caliente se enfría a temperatura ambiente a una velocidad de enfriamiento de al menos 1 °Cs.

**[0042]** La ferrita en el marco de la presente invención se define por una estructura central cúbica con un tamaño de grano inferior a 10 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ). La suma del contenido de ferrita y bainita, en el marco de la invención, debe estar entre el 5 y el 50 % para tener al menos el 8 % del alargamiento total; cuando la suma de ferrita y bainita sea inferior al 5 %, no se alcanzará dicho nivel de alargamiento. Por encima del 50 % de la suma de ferrita y bainita, no se alcanzará el objetivo de resistencia a la tracción de 980 MPa. Preferentemente, la suma del contenido de ferrita y bainita está entre el 5 y el 30 %. En otra realización, la suma del contenido de ferrita y bainita está entre el 20 y el 40 %.

30

**[0043]** El tamaño de grano de ferrita está por debajo de 10  $\mu\text{m}$ , preferentemente, está por debajo de 5  $\mu\text{m}$  e incluso más preferentemente está por debajo de 3  $\mu\text{m}$ . La ferrita de tamaño de grano bajo, es decir, por debajo de 10  $\mu\text{m}$ , mejora el límite elástico. Este intervalo de contenido de ferrita con tamaño limitado se obtiene gracias a la combinación de bajas temperaturas de recocido, elementos de composición química tal como Nb y Ti que fijan tamaños de grano ferríticos y limitan su crecimiento, así como la presencia de Cr y Mo que limitan la formación de ferrita al enfriarse después del recocido. Por encima de 10  $\mu\text{m}$ , el límite elástico será demasiado bajo y por debajo del objetivo de 500 MPa.

35

**[0044]** La relación de aspecto del tamaño de grano de ferrita, es decir, los valores medios de las relaciones de la longitud por la altura de cada grano de ferrita están entre 1 y 3. Dichas medidas se toman en al menos 3 poblaciones de granos de ferrita, observándose las muestras analizadas con un microscopio óptico o de barrido electrónico en el tercer espesor del material para fines de homogeneidad. Esta relación de aspecto del tamaño de grano de ferrita mejora la homogeneidad de las propiedades, si el tamaño de grano de ferrita es un tipo de aguja, es decir, por encima de 3 o por debajo de 1, la diferencia de propiedades entre la dirección longitudinal y la dirección transversal será demasiado alta y las propiedades del material serán heterogéneas y dependiendo demasiado de la dirección de la tensión.

40

45

**[0045]** La martensita es la estructura formada durante el enfriamiento después del remojo de la austenita inestable formada durante el recocido. Su contenido debe estar dentro del intervalo del 50 al 95 %. Menos del 50 % no se alcanza el objetivo de resistencia a la tracción de 980 MPa y, por encima del 95 %, el alargamiento total será inferior al 8 %.

50

**[0046]** Los buenos resultados de la expansión del orificio en esta invención se deben al equilibrio de la fracción de fase y la pequeña diferencia en la dureza de las fases (ferrita y martensita).

55

#### Abreviaturas

**[0047]** UTS (MPa) se refiere a la resistencia a la tracción máxima medida por la prueba de tracción en la dirección transversal en relación con la dirección de laminación.

60

**[0048]** YS (MPa) se refiere al límite elástico medido por la prueba de tracción en la dirección transversal en relación con la dirección de laminación, TEI (%) se refiere al alargamiento total.

65

**[0049]** UTS, YS y Tel pueden medirse después de varias pruebas. Las pruebas utilizadas para los ejemplos

se realizan según el estándar JIS-T.

**[0050]** HE (%) se refiere a la expansión del orificio. Dicha prueba se puede realizar con la ayuda de un punzón cónico hecho de una parte cilíndrica cuyo diámetro es de 45 mm, coronado por una parte cónica. Dicho punzón se coloca debajo de la lámina de acero para probar y que se ha provisto previamente con un orificio de un diámetro inicial  $D_0$  de 10 mm. El punzón cónico se mueve luego hacia arriba en dicho orificio y lo amplía hasta que aparece una primera grieta de desplazamiento. El diámetro final  $D$  del orificio luego se mide y la expansión del orificio se calcula utilizando la siguiente relación:

$$HE = \left( \frac{D - D_0}{D_0} \right) \times 100$$

**[0051]** Se observaron microestructuras utilizando un SEM en la ubicación de cuarto de espesor, utilizando un grabado al 2 % de Nital y se cuantificaron mediante análisis de imagen.

**[0052]** Los aceros según la invención se entenderán mejor al leer los ejemplos a continuación.

**[0053]** Los productos semiacabados se han producido a partir de fundición de acero. Las composiciones químicas de los productos semiacabados, expresadas en porcentaje en peso, se muestran en la tabla 1 a continuación.

Tabla 1: composición química de los aceros (% en peso)

ACERO	C	Mn	Si	Nb	Ti	Cr+Mo	B	Al	P	S	N	V
1	0,12	2,3	0,3	0,015	0,025	0,6	0,0010	0,03	0,011	0,003	0,008	<0,01
2	0,12	2,3	0,7	0,015	0,025	0,6	0,0010	0,04	0,010	0,003	0,007	<0,01
3	0,12	2,3	1,2	0,016	0,026	0,5	0,0013	0,04	0,012	0,003	0,008	<0,01
4	0,12	2,7	0,7	0,01	<0,01	0,2	<0,001	0,04	0,009	0,002	0,005	<0,01
5	0,14	2,5	0,7	0,01	<0,01	0,2	<0,001	0,04	0,010	0,002	0,006	<0,01
6	0,12	2,7	0,7	0,01	0,028	0,1	0,0021	0,04	0,009	0,002	0,005	<0,01
7	0,12	2,7	1,2	0,01	<0,01	0,1	<0,001	0,04	0,010	0,002	0,005	<0,01
8	0,12	2,7	0,7	0,01	0,02	0,3	0,0019	0,05	0,010	0,002	0,005	<0,01
9	0,13	2,5	0,7	0,01	0,03	0,3	0,0020	0,05	0,010	0,002	0,008	<0,01
10	0,13	2,7	0,7	0,01	0,03	0,3	0,0020	0,06	0,020	0,002	0,009	<0,01
11	0,14	2,7	0,7	0,01	0,03	0,3	0,0020	0,05	0,020	0,002	0,010	<0,01
12	0,09	2,2	0,3	0,015	0,03	0,5	0,0015	0,05	0,010	0,002	0,007	<0,01
13	0,09	<u>1,8</u>	0,3	0,002	<0,01	0,3	<u>&lt;0,001</u>	0,05	0,010	0,002	0,007	<0,01
14	<u>0,2</u>	2,2	<u>≥1,5</u>	0,015	<0,01	0,15	<u>&lt;0,001</u>	<u>≥0,1</u>	0,010	0,002	0,007	<0,01

Valores subrayados: fuera de la invención

**[0054]** El resto de la composición de acero en la tabla 1 consiste en hierro e impurezas inevitables resultantes de la fusión, siendo el nivel de impurezas inferior a 0,0005 pero superior a 0,0001 mill. en %.

**[0055]** Los lingotes de la composición 1 a 14 se recalentaron inicialmente y se laminaron en caliente. Las placas de acero laminadas en caliente se laminaron luego en frío y se recocieron. Los parámetros de procedimiento experimentados se muestran a continuación:

30 Temperatura de recalentamiento (HR recalentamiento), °C

Temperatura de laminación de acabado (HRFT): °C

Temperatura de enrollamiento (CT): °C

35 Temperatura de recocido intermedia (IA T): °C y tiempo (IA t): h

## ES 2 729 870 T3

banda caliente, enfriamiento lento, temperatura de entrada (°C) a la cubierta y velocidad de enfriamiento (°C/min)

Laminado en frío aplicado (CR):

5

Temperatura de oxidación en dirección del horno de fuego (temperatura DFF): °C

El porcentaje de volumen de oxígeno en exceso en DFF,

10 La velocidad de calentamiento antes de alcanzar la temperatura de recocido (° C/s)

El punto de rocío en el horno de recocido (°C)

Temperatura de remojo durante el recocido (AT): °C

15

Duración del remojo durante el recocido (At): s

Intervalo de temperatura de sobre-envejecimiento OAT

20 Tiempo de envejecimiento OAt

Tipo de revestimiento: GI para galvanizado a 465 °C y GA para galvano-recocido con temperatura variada.

**[0056]** Los aceros 1 a 14 han sido sometidos a los parámetros de procedimiento descritos en la tabla 2.

25



Tabla 2 parámetros de procedimiento desde recalentamiento hasta laminado en frío

Número de acero	Condición de fabricación	HR, recalentamiento (°C)	HR FT, (°C)	CT, (°C)	IAT, (°C)	IA t, (h)	Cubierta	Temperatura de entrada a la cubierta C	Velocidad de enfriamiento (C/min)	CR
1	A, I, O, V	1230	871	620	No		No			40-50 %
2	B, J, P, W	1230	865	620	No		No			40-50 %
3	C, K, Q, X	1230	874	620	No		No			40-50 %
4	D, L, R, Y	1230	872	580	No		No			40-50 %
5	E, Z	1230	865	580	No		No			40-50 %
6	F, S, AA	1230	874	580	No		No			40-50 %
7	G, M, T, BB	1230	865	580	No		No			40-50 %
8	H, N, U, CC	1230	890	700	No		No			40-50 %
9	DD	1250	913	609	No		No			45 %
9	EE	1250	916	679	560	60	No			45 %
9	FF	1250	909	571	560	60	No			55 %
9	GG	1250	943	737	No		Si	648	0,2	45 %
10	HH	1250	904	636	560	60	No			45 %
10	II	1250	905	566	560	60	No			45 %
11	JJ	1250	906	722	560	60	No			45 %
11	KK	1250	907	569	560	60	No			45 %
12	XA	1250	898	676	No		No			45 %
13	XB	1250	880	650	No		No			45 %
14	XC	1250	930	700	560	60	No			45 %

**[0057]** Los efectos de la  $T_{IA}$  de recocido intermedio y del tratamiento de cobertura se evaluaron sobre el producto final, es decir, después del laminado en frío, el recocido y el revestimiento final. En comparación con el ejemplo DD que no se ha sometido a recocido intermedio, el ejemplo de EE se recoció de forma intermedia; su microestructura fue homogeneizada durante este procedimiento. Después del laminado en frío y del procedimiento de revestimiento final, la variación del espesor a lo largo de la longitud del serpentín fue inferior al 5 %, mientras que la variación del espesor a lo largo de la longitud del serpentín en el ejemplo DD fue significativamente mayor.

**[0058]** El Ejemplo GG se trató dentro de un dispositivo de cubierta que hizo que el acero laminado en caliente se enfriara mucho más lento, lo que también mejoró la homogeneidad de la microestructura dentro del acero. Como consecuencia, la variación de espesor de su producto final también fue inferior al 5 %.

**[0059]** En la tabla 3 a continuación, todos los aceros han sufrido una oxidación durante el calentamiento utilizando un horno de fuego directo, seguido de una reducción en un horno de tubo radiante según la presente invención. Como consecuencia, las láminas de acero son adecuadas para recibir un revestimiento GI o GA, ya que su superficie no incluye una capa de óxido de hierro, sino una zona oxidada interna, con una profundidad entre 200 nm y 100  $\mu$ m, que comprenden óxidos que contienen uno o más de Si, Mn, Al, Ti, que corresponde a la aleación del revestimiento al sustrato. El enfriamiento desde la temperatura de GA hasta la temperatura ambiente después del galvano-recocido se realizó a 5 °C/s.

20

Tabla 3: parámetros de recocido para producir aceros revestidos por inmersión en caliente de muy alta resistencia

Número de acero	Condición de fabricación	Temperatura DFF (°C)	exceso de oxígeno (%)	velocidad de calentamiento (°C/s)	Punto de rocío (°C)	AT, (°C)	At. (s)	OAT, (°C)	OAT, (s)	tipo revestimiento temperatura de galvanización-recocido
1	A	621	n.m.	1	n.m.	775	135	460-470	40	GA-570 °C
2	B									
3	C									
4	D									
5	E									
6	F									
7	G									
8	H									
1	I	621	n.m.	1,1	n.m.	800	135	460-470	40	GA-570 °C
2	J									
3	K									
4	L									
7	M									
8	N									
1	O									
2	P									
3	Q	621	n.m.	1,3	n.m.	825	135	460-470	40	GA-570 °C
4	R									
6	S									
7	T									
8	u									
1	V									
2	W									
3	X									
4	Y	621	n.m.	1,4	n.m.	850	135	460-470	40	GA-570 °C
5	z									
6	AA									



**[0060]** Con respecto a la microestructura, los valores medios para los ejemplos seleccionados de la tabla 3 tienen las siguientes características microestructurales:

Tabla 4: características microestructurales

Número de acero	Condición de fabricación	Bainita + fracción de superficie de ferrita (%)	Fracción de superficie de martensita (%)	Tamaño medio de grano de ferrita (µm)	Relación de aspecto de ferrita	Profundidad oxidada internamente (µm)
8	N	24	76	1,4	1,8	n.m.
1	O	50	50	2,5	1,8	n.m.
3	Q	25	75	1,7	1,8	n.m.
4	R	49	51	2	1,7	n.m.
6	S	23	77	2,1	1,7	n.m.
7	T	35	65	1,6	1,7	n.m.
2	W	7	93	2	1,9	n.m.
5	Z	49	51	1,1	1,8	n.m.
9	DD	36	64	1,4	1,9	2
9	EE	30	70	2	1,9	3
9	FF	28	72	1,4	1,9	7
9	GG	36	64	1,6	1,8	3
10	HH	27	73	1,3	2,1	7
10	II	20	80	1,3	2	2
11	JJ	30	70	1,6	1,9	n.m.
11	KK	23	77	1,2	1,9	2
12	XA	49	51	1,2	1,9	5
13	XB	65	35	3,2	2,1	0
14	XC	50	50	2,1	2,2	10
Valores subrayados: fuera de la invención						

5

**[0061]** En cuanto a las propiedades mecánicas, la tabla 4 anterior muestra los resultados para el límite elástico, la resistencia a la tracción, el alargamiento total y la expansión del orificio. BOG significa quebrado en el calibre, el valor no se ha obtenido.

10

Tabla 5: propiedades mecánicas

Número de acero	Condición de fabricación	YS (MPa)	TS (MPa)	TE (%)	HE (%)
1	A	686	1193	12,2	n.m.
2	B	697	1193	12,9	n.m.
3	C	596	1167	11,7	n.m.
8	H	770	1133	12,6	n.m.
1	I	681	1147	9,7	n.m.
2	J	795	1262	8,3	n.m.
3	K	723	1249	13,8	n.m.
4	L	654	1147	10,6	n.m.
7	M	719	1273	9,7	n.m.

# ES 2 729 870 T3

(continuación)

8	N	833	1181	8,9	n.m.
1	O	698	1111	8,9	n.m.
2	P	783	1253	10,1	n.m.
3	Q	826	1294	12,3	37
4	R	626	1066	11,7	n.m.
6	S	609	1066	BOG	n.m.
7	T	868	1315	10,7	n.m.
8	U	661	1177	10,5	n.m.
1	V	733	1138	8,8	n.m.
2	W	842	1266	8,7	57
3	X	877	1264	11,7	n.m.
4	Y	641	1084	12,6	n.m.
5	Z	624	1101	BOG	n.m.
6	AA	960	1357	8,2	n.m.
7	BB	640	1085	9,6	n.m.
9	DD	770	1219	10,7	21
9	EE	836	1259	9,1	21
9	FF	892	1236	9,9	20
9	GG	851	1180	8,0	n.m.
10	HH	949	1316	10,2	n.m.
10	II	827	1238	8,5	n.m.
11	JJ	876	1246	10,1	25
11	KK	842	1248	8,6	n.m.
12	XA	652	977	16,5	20
13	XB	351	599	27,3	n.m.
14	XC	651	1269	4,1	<10
n.m.: no medido. Valores subrayados: fuera de la invención					

**[0062]** Los aceros según la invención presentan una buena capacidad de revestimiento. Además, los ejemplos de la invención muestran una resistencia a la tracción superior a 980 MPa e incluso superior a 1180 MPa (véase el ejemplo W). Además, los niveles de ductilidad también son superiores al 8 % en todos los casos correspondientes a la invención, el límite elástico es superior a 500 MPa e incluso superior a 780 MPa en algunos ejemplos (véase el ejemplo W) y los valores de expansión de los orificios son claramente superiores al 20 % y en los mejores casos superiores al 40 % (véase el ejemplo W).

**[0063]** El Ejemplo XA se procesó con un punto de rocío a 28 °C, que fue superior a 25 °C. La resistencia a la tracción del acero fue inferior a 980MPa debido a la descarburación excesiva causada por un punto de rocío demasiado alto en el horno.

**[0064]** El acero del ejemplo XB tiene 1,8 % de Mn, que es inferior al 2 %. La lámina revestida obtenida al final del procedimiento contiene un 65 % de ferrita más bainita, que en consecuencia da como resultado una resistencia a la tracción mucho menor que 980MPa.

**[0065]** El acero del ejemplo XC tiene más de 0,15 % de C, más de 1,5 % de Si y más de 0,1 % de Al, lo que hizo que la martensita fuera muy dura en el acero. En consecuencia, el alargamiento total fue mucho menor que el 8 % y la relación de expansión del orificio fue mucho menor que el 20 %.

**[0066]** El acero según la invención se puede utilizar para carrocerías de automóviles en piezas blancas para vehículos de motor.

**REIVINDICACIONES**

1. Lámina de acero laminada en frío y revestida por inmersión en caliente, con una resistencia a la tracción de al menos 980 MPa, con un límite elástico superior o igual a 500 MPa, con un alargamiento total superior o igual al 8 %, y con una expansión de orificio de al menos el 20 %, cuya composición consiste, en porcentaje en peso:

	$0,05 \leq Cr \leq 0,15 \%$
10	$2 \leq Mn \leq 3 \%$
	$Al \leq 0,1 \%$
15	$0,3 \leq Si \leq 1,5\%$
	$0,01 \% \leq Nb \leq 0,05 \%$
	$N \leq 0,02 \%$
20	$0,1 \leq Cr + Mo \leq 1 \%$
	$0,0001 \leq B < 0,0025 \%$
25	$Ti \leq 0,5 \%$
	$V \leq 0,01 \%$
	$S \leq 0,01 \%$
30	$P \leq 0,05 \%$

siendo el resto de la composición hierro e impurezas inevitables resultantes de la fundición y la microestructura consiste en, en la fracción de superficie: entre el 50 y el 95 % de martensita y entre el 5 y el 50 % de la suma de ferrita y bainita, en la que el tamaño de grano de ferrita es inferior a 10  $\mu\text{m}$ , en la que la relación de aspecto del tamaño de grano de ferrita está entre 1 y 3 y en la que una profundidad oxidada internamente de al menos 200 nm y de menos de 100  $\mu\text{m}$ , que comprende óxidos que contienen uno o más de Si, Mn, Al, Ti, está presente bajo el revestimiento por inmersión en caliente.

2. Lámina de acero según la reivindicación1, en la que  $0,09 \leq C \leq 0,14 \%$ .
3. Lámina de acero según una cualquiera de las reivindicaciones1 o 2, en la que  $2,2 \leq Mn \leq 2,7 \%$ .
4. Lámina de acero según una cualquiera de las reivindicaciones1 a 3, en la que  $Al \leq 0,05 \%$ .
5. Lámina de acero según una cualquiera de las reivindicaciones1 a 4, en la que  $0,6 < Si \leq 1,3 \%$ .
6. Lámina de acero según una cualquiera de las reivindicaciones1 a 5, en la que  $Nb \leq 0,03 \%$ .
7. Lámina de acero según una cualquiera de las reivindicaciones1 a 6, en la que  $0,1 \leq Cr + Mo \leq 0,7 \%$ .
8. Lámina de acero según una cualquiera de las reivindicaciones1 a 7, en la que  $0,001 \leq B \leq 0,0022 \%$ .
9. Lámina de acero según una cualquiera de las reivindicaciones1 a 8, en la que  $0,02 \% \leq Ti \leq 0,05 \%$ .
10. Lámina de acero según una cualquiera de las reivindicaciones1 a 9, en la que la fracción superficial de la suma de ferrita y bainita está entre el 20 % y el 40 %, con el tamaño medio de grano de ferrita por debajo de 3  $\mu\text{m}$ .
11. Lámina de acero según una cualquiera de las reivindicaciones1 a 10, en la que la resistencia a la tracción es de al menos 1180 MPa y el límite elástico es de al menos 780 MPa.
12. Lámina de acero según una cualquiera de las reivindicaciones1 a 11, en la que el acero está galvanizado o galvano-recocido.
13. Procedimiento de producción de una lámina de acero laminada en frío y revestida por inmersión en caliente según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, que comprende las siguientes etapas sucesivas:



- fundir un acero cuya composición es según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 para obtener una plancha,
- recalentar la plancha a una temperatura  $T_{\text{recalentamiento}}$  por encima de 1180 °C,
- laminar en caliente la plancha recalentada a una temperatura superior a 800 °C para obtener un acero laminado en caliente,
- 5 - enfriar el acero laminado en caliente a una velocidad de enfriamiento convencional hasta una temperatura de enrollamiento  $T_{\text{enrollamiento}}$  de entre 500 °C y 800 °C, luego
- enrollar el acero laminado en caliente enfriado a la  $T_{\text{enrollamiento}}$ ,
- desincrustar el acero laminado en caliente
- 10 - Opcionalmente, el acero laminado en caliente se recuece a una temperatura  $T_{\text{IA}}$  superior a 300 °C durante más de 20 minutos.
- Opcionalmente, el acero laminado en caliente se coloca debajo de una cubierta para facilitar el enfriamiento uniforme del producto laminado en caliente y la temperatura del acero laminado en caliente antes de ingresar a la cubierta debe ser superior a 400 °C. La velocidad de enfriamiento del acero laminado en caliente debe ser menor o igual a 1 °C/min y mayor o igual a 0,01 °C/min.
- 15 - laminar en frío el acero para obtener una lámina de acero laminada en frío, comprendiéndose la relación de reducción de laminación en frío entre el 40 y el 60 %,
- recocer la lámina de acero laminado en frío que comprende las etapas de:
  - calentar dicha lámina de acero laminada en frío en un horno de fuego directo que tiene una atmósfera con un porcentaje de volumen de oxígeno en exceso comprendido entre el 0,2 % y el 4 %, de manera que: porcentaje de volumen de oxígeno en exceso = (volumen de oxígeno total - volumen de oxígeno necesario para la combustión)/(volumen de oxígeno total), en el que tiene lugar una etapa de oxidación entre 500 °C y 750 °C, formándose una capa de óxido de hierro en la superficie de la lámina de acero mientras se produce una oxidación interna bajo este óxido de hierro;
  - 20 - calentar desde dicho horno de fuego directo hasta una temperatura de recocido en un horno de tubo de radiación, comprendiéndose la velocidad de calentamiento entre 0,5 y 2,5 °C/s, siendo el punto de rocío de la atmósfera en dicho horno de tubo de radiación inferior o igual a 25 °C.
  - comprendiéndose dicha temperatura de recocido  $T_{\text{recocido}}$  entre 750 y 950 °C.
  - mantener el acero a dicha temperatura de recocido  $T_{\text{recocido}}$  durante al menos 30 segundos y menos o igual a 300 segundos,
  - 30 - enfriar el acero laminado en frío a una temperatura  $T_{\text{OA}}$  entre 440 °C y 470 °C,
  - mantener el acero laminado en frío a una  $T_{\text{OA}}$  durante más de 30 segundos y menos de 180 segundos,
  - y durante dichas etapas de calentamiento, mantenimiento a la  $T_{\text{recocido}}$  y enfriamiento, la superficie del acero laminado en frío se oxida y posteriormente se reduce, reduciéndose completamente la capa de óxido de hierro para obtener una profundidad oxidada internamente de al menos 200 nm y menos de 100 μm, que comprende óxidos que contienen uno o más de Si, Mn, Al, Ti,
  - revestir por inmersión en caliente el acero laminado en frío para obtener acero revestido laminado en frío,
  - opcionalmente, el acero laminado en frío revestido por inmersión en caliente se galvaniza y recuece para obtener un revestimiento de aleación de Zn o Zn que contiene entre el 7 y el 15 % de hierro.
  - 40 - el acero laminado en frío revestido por inmersión en caliente se enfría a temperatura ambiente a una velocidad de enfriamiento de al menos 1 °Cs.
- 14. Procedimiento de producción de una lámina de acero laminada en frío y revestida por inmersión en caliente según la reivindicación 13, en el que  $500\text{ °C} \leq T_{\text{enrollamiento}} \leq 750\text{ °C}$ .
- 45 15. Procedimiento de producción de una lámina de acero laminada en frío y revestida por inmersión en caliente según una cualquiera de las reivindicaciones 13 y 14, en el que  $500\text{ °C} \leq T_{\text{IA}} \leq 650\text{ °C}$  durante un tiempo entre 30 horas y 100 horas.
- 50 16. Procedimiento de producción de una lámina de acero laminada en frío y revestida por inmersión en caliente según una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15, en el que la superficie del acero laminado en frío se reduce dentro de dicho horno de tubo radiante que tiene una atmósfera de gas mixta que tiene un punto de rocío por debajo de 0 °C.
- 55 17. Procedimiento de producción de una lámina de acero laminada en frío y revestida por inmersión en caliente según una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 16, en el que  $775\text{ °C} \leq T_{\text{recocido}} \leq 860\text{ °C}$ .
- 18. Procedimiento de producción de una lámina de acero laminada en frío y revestida por inmersión en caliente según una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 17, en el que el revestimiento por inmersión en caliente se realiza en un baño de aleación de Zn o Zn para obtener un acero de laminado en frío galvanizado o galvanorecocido de alta resistencia.
- 60 19. Uso de una lámina de acero según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, para producir una pieza de carrocería en blanco para un vehículo de motor.

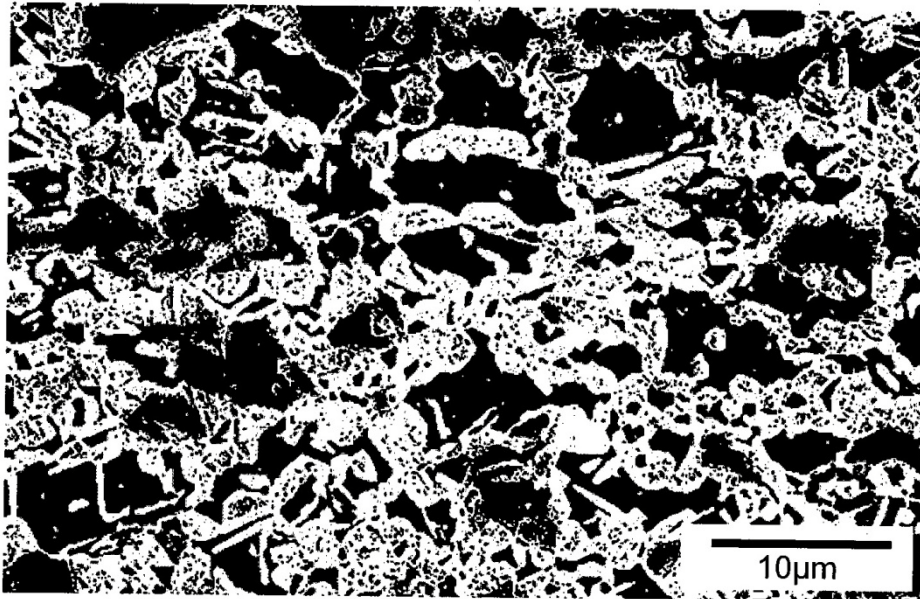


Figura 1