

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 856 958**

51 Int. Cl.:

C21D 8/12 (2006.01)

C22C 38/00 (2006.01)

C22C 38/06 (2006.01)

C22C 38/38 (2006.01)

H01F 1/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA
TRAS OPOSICIÓN

T5

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.10.2015** **PCT/IB2015/001944**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.04.2016** **WO16063118**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.10.2015** **E 15802190 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **24.07.2024** **EP 3209807**

54 Título: **Procedimiento de producción de estaño que contiene lámina de acero de silicio de grano no orientado**

30 Prioridad:

20.10.2014 WO PCT/IB2014/002174

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente modificada:
12.02.2025

73 Titular/es:

ARCELORMITTAL (100.00%)
24-26 Boulevard d'Avranches
1160 Luxembourg, LU

72 Inventor/es:

LEUNIS, ELKE;
VAN DE PUTTE, TOM;
JACOBS, SIGRID y
SAIKALY, WAHIB

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 856 958 T5

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de producción de estaño que contiene lámina de acero de silicio de grano no orientado

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento de producción de láminas de acero eléctrico de Fe-Si que presentan propiedades magnéticas. Dicho material se usa, por ejemplo, en la fabricación de rotores y/o estatores para motores eléctricos para vehículos.
- [0002]** Conferir propiedades magnéticas al acero de Fe-Si es la fuente más económica de inducción magnética.
- 10 Desde un punto de vista de la composición química, añadir silicio al hierro es un modo muy común de aumentar la resistividad eléctrica, mejorándose por tanto las propiedades magnéticas, y reduciéndose al mismo tiempo las pérdidas de energía totales. Dos familias coexisten en la actualidad para la construcción de aceros para equipos eléctricos: aceros de grano orientado y de grano no orientado.
- 15 **[0003]** Los aceros de grano no orientado tienen la ventaja de poseer propiedades magnéticas que son casi equivalentes en todas las direcciones de magnetización. Como consecuencia, dicho material está más adaptado para aplicaciones que requieren movimientos rotatorios tales como motores o generadores, por ejemplo.
- [0004]** Las siguientes propiedades se usan para evaluar la eficiencia de los aceros eléctricos en materia de las
- 20 propiedades magnéticas:
- la inducción magnética, expresada en Tesla. Esta inducción se obtiene bajo un campo magnético específico expresado en A/m. Cuanto mayor sea la inducción, mejor.
 - la pérdida de energía en el núcleo, expresada en W/kg, se mide en una polarización específica expresada en teslas
- 25 (T) usando una frecuencia expresada en hercios. Cuanto menores sean las pérdidas totales, mejor.
- [0005]** Muchos parámetros metalúrgicos pueden influir en las propiedades mencionadas anteriormente, siendo los más comunes: el contenido de aleación, la textura del material, el tamaño de grano ferrítico, el tamaño y la distribución de los precipitados y el espesor del material. De aquí en adelante, el procesamiento termomecánico desde
- 30 el moldeo hasta el recocido final de acero laminado en frío es esencial para alcanzar las especificaciones deseadas.
- [0006]** El documento JP201301837 describe un procedimiento para producir una lámina de acero electromagnético que comprende 0,0030 % o menos de C, 2,0 - 3,5 % de Si, 0,20 - 2,5 % de Al, 0,10 - 1,0 % de Mn y 0,03 - 0,10 % de Sn, donde $Si+Al+Sn \leq 4,5$ %. Dicho acero se somete a laminado en caliente y, a continuación, a
- 35 laminado primario en frío con una velocidad de laminado de 60 - 70 % para producir una lámina de acero con un espesor medio. A continuación, la lámina de acero se somete a recocido de proceso, a continuación, a laminado secundario en frío con una velocidad de laminado de 55 - 70 % y a recocido final adicional a 950 °C o más durante 20 - 90 segundos. Dicho procedimiento consume bastante energía e implica una larga ruta de producción.
- 40 **[0007]** El documento JP2008127612 se refiere a una lámina de acero electromagnético de grano no orientado que tiene una composición química que comprende, en % en masa, 0,005 % o menos de C, 2 a 4 % de Si, 1 % o menos de Mn, 0,2 a 2 % de Al, 0,003 a 0,2 % de Sn, siendo el resto Fe e impurezas inevitables. La lámina de acero electromagnético de grano no orientado con un espesor de 0,1 a 0,3 mm se fabrica mediante las etapas de: laminar en frío la placa laminada en caliente antes y después de una etapa de recocido intermedio y posterior recristalización-
- 45 recocido de la lámina. Dicha ruta de procesamiento es, al igual que para la primera aplicación, perjudicial para la productividad, ya que implica una larga ruta de producción.
- [0008]** El documento WO 2006/068399 describe un ejemplo de un procedimiento de producción de una lámina de acero de Fe-Si de grano no orientado laminada en frío recocida.
- 50 **[0009]** Parece que sigue existiendo la necesidad de un procedimiento de producción de dichos aceros de FeSi que sea simplificado y más robusto, pero que no comprenda las propiedades de pérdida de energía e inducción.
- [0010]** El procedimiento según la invención sigue una ruta de producción simplificada para alcanzar un buen
- 55 equilibrio de pérdida de energía e inducción. Además, el desgaste de la herramienta se limita con el acero obtenido según la invención.
- [0011]** La presente invención tiene como objetivo proporcionar un procedimiento de producción de lámina de acero de Fe-Si de grano no orientado laminada en frío recocida según la reivindicación 1.
- 60 **[0012]** En la invención, el procedimiento de producción de lámina de acero de Fe-Si de grano no orientado según la invención tiene un contenido de silicio tal que $2,2 \leq Si \leq 3,3$.
- [0013]** En una realización preferida, el procedimiento de producción de lámina de acero de Fe-Si de grano no
- 65 orientado según la invención tiene un contenido de aluminio tal que: $0,2 \leq Al \leq 1,5$, incluso más preferentemente, 0,25

$\leq \text{Al} \leq 1,1$.

[0014] En una realización preferida, el procedimiento de producción de lámina de acero de Fe-Si de grano no orientado según la invención tiene un contenido de manganeso tal que: $0,1 \leq \text{Mn} \leq 1,0$.

[0015] En la invención, el procedimiento de producción de lámina de acero de Fe-Si de grano no orientado según la invención tiene un contenido de estaño tal que $0,11 \leq \text{Sn} \leq 0,15$.

[0016] En otra realización preferida, el procedimiento de producción de lámina de acero de Fe-Si de grano no orientado según la invención implica un recocido de banda caliente realizado usando una línea de recocido continuo.

[0017] En otra realización preferida, el procedimiento de producción de lámina de acero de Fe-Si de grano no orientado según la invención implica un recocido de banda caliente realizado usando un recocido por lotes.

[0018] En una realización preferida, la temperatura de impregnación está entre 900 y 1120 °C.

[0019] En otra realización, se recubre la lámina de acero recocida laminada en frío de grano no orientado obtenida según la invención.

[0020] Los motores industriales de alta eficiencia, los generadores para la producción de electricidad, los motores para vehículos eléctricos pueden usar el acero de grano no orientado producido según la invención. Además, los motores para vehículo híbrido pueden usar el acero de grano no orientado producido según la invención.

[0021] Para alcanzar las propiedades deseadas, el acero según la invención incluye los siguientes elementos de composición química en porcentaje en peso:
se incluye carbono en una cantidad limitada a 0,006. Este elemento puede ser perjudicial porque puede provocar el envejecimiento del acero y/o precipitaciones que deteriorarían las propiedades magnéticas. Por lo tanto, la concentración debe limitarse a menos de 60 ppm (0,006 % en peso).

[0022] El contenido mínimo de Si es del 2,0 % mientras que su máximo se limita al 5,0 %, ambos límites incluidos. Si desempeña un papel importante en el aumento de la resistividad del acero y, por tanto, la reducción de las pérdidas de corriente de Eddy. Por debajo del 2,0 % en peso de Si, los niveles de pérdida para grados de pérdida bajos son difíciles de lograr. Por encima del 5,0 % en peso de Si, el acero se vuelve frágil y el procesamiento industrial posterior se vuelve difícil. En consecuencia, el contenido de Si es tal que $2,2 \text{ \% en peso} \leq \text{Si} \leq 3,3 \text{ \% en peso}$.

[0023] El contenido de aluminio estará comprendido entre el 0,1 % y el 3,0 %, ambos incluidos. Este elemento actúa de una manera similar a la del silicio en términos de efecto de resistividad. Por debajo del 0,1 % en peso de Al, no hay efecto real sobre la resistividad o las pérdidas. Por encima del 3,0 % en peso de Al, el acero se vuelve frágil y el procesamiento industrial posterior se vuelve difícil. En consecuencia, Al es tal que: $0,1 \text{ \% en peso} \leq \text{Al} \leq 3,0 \text{ \% en peso}$, en una realización preferida, $0,2 \text{ \% en peso} \leq \text{Al} \leq 1,5 \text{ \% en peso}$, incluso más preferiblemente, $0,25 \text{ \% en peso} \leq \text{Al} \leq 1,1 \text{ \% en peso}$.

[0024] El contenido de manganeso estará comprendido entre el 0,1 % y el 3,0 %, ambos incluidos. Este elemento actúa de una manera similar a la del Si o Al para la resistividad: aumenta la resistividad y, por lo tanto, reduce las pérdidas de corriente de Eddy. Además, el Mn ayuda a endurecer el acero y puede ser útil para grados que requieren propiedades mecánicas más altas. Por debajo del 0,1 % en peso de Mn, no hay un efecto real sobre la resistividad, las pérdidas o sobre las propiedades mecánicas. Por encima del 3,0 % en peso de Mn, se formarán sulfuros tales como MnS, que pueden ser perjudiciales para las pérdidas del núcleo. En consecuencia, el Mn es tal que $0,1 \text{ \% en peso} \leq \text{Mn} \leq 3,0 \text{ \% en peso}$, en una realización preferida, $0,1 \text{ \% en peso} \leq \text{Mn} \leq 1,0 \text{ \% en peso}$.

[0025] Al igual que el carbono, el nitrógeno puede ser dañino porque puede dar lugar a precipitaciones de AlN o TiN que pueden deteriorar las propiedades magnéticas. El nitrógeno libre también puede causar envejecimiento que deterioraría las propiedades magnéticas. Por lo tanto, la concentración de nitrógeno debe limitarse a 60 ppm (0,006 % en peso).

[0026] El estaño es un elemento esencial del acero de esta invención. Su contenido debe estar entre 0,04 y 0,2 %, ambos límites incluidos. Desempeña un papel beneficioso en las propiedades magnéticas, especialmente a través de la mejora de la textura. Ayuda a reducir el componente (111) en la textura final y, al hacerlo, ayuda a mejorar las propiedades magnéticas en general y la polarización/inducción en particular. Por debajo del 0,04 % en peso de estaño, el efecto es insignificante y por encima del 0,2 % en peso, la fragilidad del acero se convertirá en un problema. En consecuencia, el estaño es tal que $0,11 \text{ \% en peso} \leq \text{Sn} \leq 0,15 \text{ \% en peso}$.

[0027] La concentración de azufre debe limitarse al 0,005 % en peso porque S podría formar precipitados tales como MnS o TiS que deteriorarían las propiedades magnéticas.

[0028] El contenido de fósforo debe ser inferior al 0,2 % en peso. El P aumenta la resistividad lo que reduce las pérdidas y también podría mejorar la textura y las propiedades magnéticas debido al hecho de que es un elemento de segregación que podría desempeñar un papel en la recristalización y la textura. También puede aumentar las propiedades mecánicas. Si la concentración es superior al 0,2 % en peso, el procesamiento industrial será difícil debido al aumento de la fragilidad del acero. En consecuencia, P es tal que $P \leq 0,2 \%$ en peso, pero en una realización preferida, para limitar los problemas de segregación, $P \leq 0,05 \%$ en peso.

[0029] El titanio es un elemento formador de precipitados que puede formar precipitados tales como: TiN, TiS, $Ti_4C_2S_2$, Ti(C,N) y TiC que son perjudiciales para las propiedades magnéticas. Su concentración debe ser inferior al 0,01 % en peso.

[0030] El resto es hierro e impurezas inevitables tales como las que se enumeran aquí a continuación con su contenido máximo permitido en el acero según la invención:

Nb $\leq 0,005 \%$ en peso
V $\leq 0,005 \%$ en peso
Cu $\leq 0,030 \%$ en peso
Ni $\leq 0,030 \%$ en peso
Cr $\leq 0,040 \%$ en peso
B $\leq 0,0005$

[0031] Otras posibles impurezas son: Pb, Se, Zr, Ca, O, Co, Sb y Zn, que pueden estar presentes a nivel de trazas.

[0032] El yeso con la composición química según la invención se recalienta posteriormente, y la temperatura de recalentamiento de la losa (SRT) se encuentra entre 1050 °C y 1250 °C hasta que la temperatura sea homogénea a través de toda la losa. Por debajo de 1050 °C, el laminado se vuelve difícil y las fuerzas en el laminador serán demasiado altas. Por encima de 1250 °C, los grados altos de silicio se vuelven muy suaves y pueden mostrar algo de flacidez y, por lo tanto, se vuelven difíciles de manejar.

[0033] La temperatura de acabado del laminado en caliente desempeña un papel en la microestructura laminada en caliente final y tiene lugar entre 750 y 950 °C. Cuando la temperatura del laminado de acabado (FRT) es inferior a 750 °C, la recristalización es limitada y la microestructura está altamente deformada. Por encima de 950 °C significaría más impurezas en solución sólida, además de la posible y consiguiente precipitación y deterioro de las propiedades magnéticas.

[0034] La temperatura de bobinado (CT) de la banda laminada en caliente también desempeña un papel en el producto laminado en caliente final; tiene lugar entre 500 °C y 750 °C. El bobinado a temperaturas inferiores a 500 °C no permitiría una recuperación suficiente si bien esta etapa metalúrgica es necesaria para las propiedades magnéticas. Por encima de 750 °C, aparecería una capa gruesa de óxido y causaría dificultades para las etapas de procesamiento posteriores, tales como laminado en frío y/o decapado.

[0035] La banda de acero laminada en caliente presenta una capa superficial con textura de Goss que tiene un componente de orientación como $\{110\} \langle 100 \rangle$, midiéndose dicha textura de Goss al 15 % de espesor de la banda de acero laminada en caliente. La textura de Goss proporciona a la banda una densidad de flujo magnético mejorada, disminuyendo de este modo la pérdida de núcleo, que es bien evidente a partir de la tabla 2, 4 y 6 que se proporcionan a continuación en esta invención. La nucleación de la textura de Goss se promueve durante el laminado en caliente manteniendo la temperatura del laminado de acabado por encima de 750 grados centígrados.

[0036] El espesor de la banda de fleje en caliente varía de 1,5 mm a 3 mm. Es difícil obtener un espesor inferior a 1,5 mm mediante los laminadores de laminado en caliente habituales. El laminado en frío desde una banda de más de 3 mm de espesor hasta el espesor laminado en frío deseado reduciría fuertemente la productividad después de la etapa de bobinado y también deterioraría las propiedades magnéticas finales.

[0037] El recocido de banda caliente (HBA) se puede realizar a temperaturas entre 650 °C y 950 °C. Puede ser un recocido continuo o un recocido por lotes. Por debajo de una temperatura de impregnación de 650 °C, la recristalización no estará completa y la mejora de las propiedades magnéticas finales será limitada. Por encima de una temperatura de impregnación de 950 °C, los granos recristalizados se volverán demasiado grandes y el metal se volverá frágil y difícil de manejar durante las etapas industriales posteriores. La duración de la impregnación dependerá de si se trata de recocido continuo (entre 10 s y 60 s) o recocido por lotes (entre 24 h y 48 h). Posteriormente, la banda recocida se lamina en frío. En esta invención, el laminado en frío se realiza en una etapa, es decir, sin recocido intermedio.

[0038] El decapado se puede realizar antes o después de la etapa de recocido.

[0039] Finalmente, el acero laminado en frío se somete a un recocido final a una temperatura (FAT) que se encuentra entre 850 °C y 1150 °C, preferentemente entre 900 y 1120 °C, durante un tiempo entre 10 y 100 s, dependiendo de la temperatura usada y del tamaño de grano deseado. Por debajo de 850 °C, la recrystalización no estará completa y las pérdidas no alcanzarán su máximo potencial. Por encima de 1150 °C, el tamaño de grano será demasiado alto y la inducción se deteriorará. En cuanto al tiempo de impregnación, por debajo de 10 segundos, no se da suficiente tiempo para la recrystalización, mientras que por encima de 100 s el tamaño de grano será demasiado grande y afectará negativamente a las propiedades magnéticas finales, tales como el nivel de inducción.

[0040] El espesor de la lámina final (FST) está entre 0,14 mm y 0,67 mm.

[0041] La microestructura de la lámina final producida según esta invención contiene ferrita con un tamaño de grano de entre 30 µm y 200 µm. Por debajo de 30 µm, las pérdidas serán demasiado altas mientras que por encima de 200 µm, el nivel de inducción será demasiado bajo.

[0042] En cuanto a las propiedades mecánicas, el límite elástico estará entre 300 MPa y 480 MPa, mientras que la resistencia a la tracción final estará entre 350 MPa y 600 MPa.

[0043] Los ejemplos siguientes tienen fines ilustrativos y no están destinados a ser interpretados como limitantes del alcance de la descripción de esta invención:

Ejemplo 1

[0044] Se produjeron dos calores de laboratorio con las composiciones dadas en la tabla 1 a continuación. Los valores subrayados no son según la invención. A continuación, sucesivamente: se realizó el laminado en caliente después de recalentar las losas a 1150 °C. La temperatura de laminado final fue de 900 °C y los aceros se enrollaron a 530 °C. Las bandas calientes se recoció por lotes a 750 °C durante 48 h. Los aceros se laminaron en frío hasta 0,5 mm. No tuvo lugar el recocido intermedio. El recocido final se realizó a una temperatura de impregnación de 1000 °C y el tiempo de impregnación fue de 40 s.

Tabla 1: composición química en % en peso de los calores 1 y 2

Elemento (% en peso)	Calor 1	Calor 2
C	0,0024	0,0053
Si	2,305	2,310
Al	0,45	0,50
Mn	0,19	0,24
N	0,001	0,0021
Sn	<u>0,005</u>	0,12
S	0,0049	0,005
P	<0,05 %	<0,05 %
Ti	0,0049	0,0060

[0045] Se realizaron mediciones magnéticas para ambos calores. Se midieron las pérdidas magnéticas totales a 1,5 T y 50 Hz, así como la inducción B5000 y los resultados se muestran en la tabla a continuación. Se puede observar que la adición de Sn da como resultado una mejora significativa de las propiedades magnéticas usando esta ruta de procesamiento.

Tabla 2: Propiedades magnéticas de los calores 1 y 2

	Calor 1	Calor 2
Pérdidas a 1,5 T/50 Hz (W/Kg)	2,98	2,92
B5000 (T)	1,663	1,695

Ejemplo 2

[0046] Se produjeron dos calores con las composiciones dadas en la tabla 3 a continuación. Los valores subrayados no son según la invención. El laminado en caliente se realizó después de recalentar las losas a 1120 °C. La temperatura de laminado final fue de 870 °C, la temperatura de bobinado fue de 635 °C. Las bandas calientes se

recocieron por lotes a 750 °C durante 48 h. A continuación, el laminado en frío se llevó a cabo hasta 0,35 mm. No tuvo lugar un recocido intermedio. El recocido final se realizó a una temperatura de impregnación de 950 °C y el tiempo de impregnación fue de 60 s.

5

Tabla 3: composición química en % en peso de los calores 3 y 4

Elemento (% en peso)	Calor 3	Calor 4
C	0,0037	0,0030
Si	2,898	2,937
Al	0,386	0,415
Mn	0,168	0,135
N	0,0011	0,0038
Sn	<u>0,033</u>	0,123
S	0,0011	0,0012
P	0,0180	0,0165
Ti	0,0049	0,0041

[0047] Se realizaron mediciones magnéticas para ambos calores. Se midieron las pérdidas magnéticas totales a 1,5 T y 50 Hz, así como la inducción B5000 y los resultados se muestran en la tabla a continuación. Se puede observar que la adición de Sn da como resultado una mejora significativa de las propiedades magnéticas usando esta

10 ruta de procesamiento.

Tabla 4: Propiedades magnéticas de los calores 3 y 4

	Calor 3	Calor 4
Pérdidas a 1,5 T/50 Hz (W/Kg)	2,40	2,34
B5000 (T)	1,666	1,688

Ejemplo 3

[0048] Se produjeron dos calores con las composiciones dadas en la tabla 5 a continuación. Los valores subrayados no son según la invención. A continuación, sucesivamente: se realizó el laminado en caliente después de recalentar las losas a 1150 °C. La temperatura de laminado final fue de 850 °C y los aceros se enrollaron a 550 °C. Las bandas calientes se recocieron por lotes a 800 °C durante 48 h. Los aceros se laminaron en frío hasta 0,35 mm. No tuvo lugar el recocido intermedio. El recocido final se realizó a una temperatura de impregnación de 1040 °C y el tiempo de impregnación fue de 60 s.

20

Tabla 5: composición química en % en peso de los calores 5 y 6

Elemento (% en peso)	Calor 5	Calor 6
C	0,002	0,0009
Si	3,30	3,10
Al	0,77	0,61
Mn	0,20	0,21
N	0,0004	0,0014
Sn	<u>0,006</u>	<u>0,076</u>
S	0,0004	0,0012
P	≤ 0,05	≤ 0,05
Ti	0,0015	0,0037
Resistividad (μΩ cm)	55,54	53,07

[0049] Como se puede observar, a partir de estos ejemplos, Sn mejora las propiedades magnéticas usando la ruta metalúrgica con diferentes composiciones químicas.

[0050] El acero obtenido con el procedimiento según la invención se puede usar para motores de automóviles eléctricos o híbridos, para motores industriales de alta eficiencia, así como para generadores para la producción de electricidad.

5

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de producción de una lámina de acero de Fe-Si de grano no orientado laminada en frío recocida que consiste en las siguientes etapas sucesivas:
 - 5 - fundir una composición de acero que contiene un porcentaje en peso:

$C \leq 0,006$ $2,0 \leq Si \leq 5,0$ $0,1 \leq Al \leq 3,0$ $0,1 \leq Mn \leq 3,0$ $N \leq 0,006$ $0,04 \leq Sn \leq 0,2$ $S \leq 0,005$ $P \leq 0,2$ $Ti \leq 0,01$
 - siendo el resto Fe e impurezas inevitables
 - moldear dicha masa fundida en una losa
 - 20 - recalentar dicha losa a una temperatura entre 1050 °C y 1250 °C
 - laminar en caliente dicha losa con una temperatura de acabado de laminado en caliente entre 750 °C y 950 °C para obtener una banda de acero laminada en caliente
 - enrollar dicha banda de acero laminada en caliente a una temperatura entre 500 °C y 750 °C
 - recociéndose dicha banda de acero laminada en caliente a una temperatura entre 650 °C y 950 °C durante un tiempo entre 10 s y 48 horas
 - 25 - laminar en frío la banda de acero laminada en caliente para obtener una lámina de acero laminada en frío
 - calentar la lámina de acero laminada en frío hasta una temperatura de impregnación entre 850 °C y 1150 °C
 - mantener el acero laminado en frío a la temperatura de impregnación durante un tiempo entre 20 s y 100 s
 - enfriar el acero laminado en frío hasta la temperatura ambiente.
 - 30
2. Procedimiento según la reivindicación 1, donde $2,0 \leq Al \leq 3,5$.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, donde $0,25 \leq Al \leq 1,1$.
- 35 4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 donde $0,1 \leq Mn \leq 1,0$.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde el recocido de banda caliente se realiza mediante el uso de una línea de recocido continua.
- 40 6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde el recocido de banda caliente se realiza mediante el uso de un recocido por lotes.
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde la temperatura de remojo está entre 900 y 1120 °C.
- 45 8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde la lámina de acero recocida laminada en frío se recubre adicionalmente