

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 593 490**

51 Int. Cl.:

C22C 38/02	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01)
C22C 38/06	(2006.01)
C22C 38/18	(2006.01)
C22C 38/22	(2006.01)
C22C 38/38	(2006.01)
C23C 2/02	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.07.2012 PCT/EP2012/063069**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **17.01.2013 WO13007578**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.07.2012 E 12735114 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.06.2016 EP 2732062**

54 Título: **Procedimiento para la producción de un producto plano de acero provisto de una capa metálica de protección mediante revestimiento por inmersión en baño fundido**

30 Prioridad:

11.07.2011 DE 102011051731

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.12.2016

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG (100.0%)
Kaiser-Wilhelm-Strasse 100
47166 Duisburg, DE**

72 Inventor/es:

**BLUMENAU, MARC;
BREHM, OLIVER;
PETERS, MICHAEL;
SCHÖNENBERG, RUDOLF;
WESTERFELD, ANDREAS y
NORDEN, MARTIN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 593 490 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la producción de un producto plano de acero provisto de una capa metálica de protección mediante revestimiento por inmersión en baño fundido

5 La invención se refiere a un procedimiento para la producción de un producto plano de acero provisto de una capa metálica de protección mediante revestimiento por inmersión en baño fundido, en particular de un producto plano de acero de alta resistencia con una resistencia a la tracción de al menos 500 MPa o de un producto plano de acero de la resistencia más alta con una resistencia a la tracción de al menos 1000 MPa.

10 Cuando, en adelante, se habla de productos planos de acero, que quiere expresar con ello aquellas bandas de acero, chapas de acero o recortes de chapa de acero laminados en frío o en caliente o similares, en los que en este caso está en el epicentro, en particular, el procesamiento de productos planos de acero que se encuentran en forma de banda.

15 Los productos planos de acero de alta resistencia o de la más alta resistencia se demandan debido a su ventajosa combinación de resistencia y conformabilidad cada vez en mayor cantidad. Esto se aplica en particular para aplicaciones de chapa en la construcción de carrocerías para automóviles. A este respecto, las propiedades mecánicas excelentes de tales productos planos de acero se basan en una microestructura de múltiples fases del material, dado el caso soportada por una plasticidad inducida de partes de fase austenítica (efecto TRIP, TWIP o SIP). Para obtener una microestructura compleja de este tipo, los productos planos de acero mencionados en este caso presentan habitualmente contenidos considerables en determinados elementos de aleación, entre los que
20 figuran, normalmente manganeso (Mn), aluminio (Al), silicio (Si) o cromo (Cr). Un acabado superficial en forma de una capa metálica de protección no solo aumenta a este respecto la resistencia de los productos planos de acero frente a la corrosión y, con ello, su vida de producto, sino que mejora también su aspecto visual.

25 Son conocidos distintos procedimientos para la aplicación de una capa metálica de protección. Entre ellos figuran la deposición electrolítica y el revestimiento por inmersión en baño fundido. Además de un acabado generado por electrolisis, el acabado por inmersión en baño fundido se ha establecido como procedimiento especialmente favorable desde el punto de vista económico y ecológico. En el revestimiento por inmersión en baño fundido se sumerge el producto plano de acero que va a revestirse en un baño fundido metálico.

30 Resulta especialmente rentable el acabado por inmersión en baño fundido cuando se somete un material previo de producto plano de acero proporcionado en el estado endurecido en por laminación en un proceso continuo a las etapas de procedimiento limpieza, recocido por recristalización, revestimiento por inmersión en baño fundido, enfriamiento, tratamiento posterior térmico, mecánico o químico opcional y bobinado para dar una bobina.

El tratamiento de recocido llevado a cabo de esta manera puede usarse para la activación de la superficie de acero. Para ello se mantiene habitualmente en el horno de recocido que recorrido en el proceso continuo una atmósfera de recocido de N_2-H_2 con trazas inevitables normalmente de H_2O y O_2 .

35 La presencia de oxígeno en la atmósfera de recocido tiene la desventaja de que los elementos de aleación afines al oxígeno contenidos en el que va a tratarse en cada caso (Mn, Al, Si, Cr,...) forman óxidos no humectables, selectivamente pasivos, sobre la superficie de acero, mediante lo cual puede empeorarse de forma duradera la calidad o la adherencia del revestimiento sobre el sustrato de acero. Se efectuaron por lo tanto distintos ensayos que llevan a cabo el tratamiento de recocido de aceros de alta resistencia y de la más alta resistencia del tipo mencionado en este caso, de modo que se suprime en su mayor parte la oxidación selectiva de la superficie de
40 acero.

Un primer procedimiento de este tipo se conoce por el documento DE 10 2006 039 307 B3. En este procedimiento para el acabado por inmersión en baño fundido de aceros con el 6 - 30 % en peso de Mn se somete a recocido al brillante el producto plano de acero revestido por inmersión en baño fundido en condiciones de atmósfera especialmente reductora (baja relación H_2O/H_2 de la atmósfera de recocido y alta temperatura de recocido).

45 En el documento EP 1 936 000 A1 y el documento JP 2004 315 960 A se describen en cada caso conceptos de procedimiento en los que las condiciones atmosféricas en el horno continuo se ajustan dentro de determinados límites y en función de la temperatura del producto plano de acero procesado en cada caso. De esta manera se promoverá en cada caso la oxidación interna de los elementos de aleación afines al oxígeno, sin que a este respecto se forme FeO sobre la superficie del producto plano de acero. Una condición para ello es, no obstante, una interacción apropiada de los distintos factores de influencia en la reacción de gas de recocido-metal, tal como composición, humedad de gas de recocido o temperatura de recocido. Estos se encuentran, por regla general, en cuanto a la instalación, distribuidos de manera inhomogénea por el espacio completo del horno. Esta inhomogeneidad hace difícil aprovechar de manera efectiva estos procesos a escala industrial.

55 Otra posibilidad de la preparación llevada a cabo en el transcurso de un tratamiento de recocido de un producto plano de acero para el revestimiento por inmersión en baño fundido consiste en que en un horno de recocido continuo empleado para el recocido dentro de una zona de precalentamiento del tipo constructivo DFF ("DFF" = Direct Fired Furnace) se llevan a cabo oxidaciones previas. En el caso de un horno DFF, las llamas esparcidas por

quemadores de gas actúan directamente sobre el producto plano de acero que va a tratarse. Al hacerse funcionar los quemadores con exceso de O₂ (guarnición para un factor de aire $\lambda > 1$), se ajusta el potencial de oxidación de la atmósfera que rodea el producto plano de acero de modo que sobre las superficies del producto plano de acero se forma de manera dirigida una capa de FeO de cubierta. Esta capa de FeO impide la oxidación selectiva de los elementos de aleación afines al oxígeno del producto plano de acero. En una segunda etapa de recocido llevada a cabo posteriormente en una zona de mantenimiento, la capa de FeO se reduce de vuelta por completo para dar hierro metálico.

Un planteamiento de procedimiento de este tipo es conocido desde hace tiempo por el documento DE 25 22 485 A1. La ventaja del precalentamiento del producto plano de acero en un horno precalentador realizado en el modo constructivo DFF consiste a este respecto, además de los efectos explicados anteriormente, en que pueden conseguirse tasas de calentamiento especialmente altas de la banda de acero, lo que acorta notablemente la duración del ciclo de recocido y, por lo tanto, puede aumentar claramente el esparcimiento de la instalación de revestimiento por inmersión en baño fundido acoplada con un horno continuo correspondiente. El ajuste de un grosor de capa de FeO considerado óptimo de 20 - 200 nm en una distribución uniforme, homogénea, a lo largo de el ancho de banda, solo puede controlarse con dificultad, sin embargo, solamente a través de una guarnición de las llamas de quemador DFF. Tanto una capa de FeO demasiado pequeña como una demasiado gruesa pueden llevar a alteraciones en la humectación y adherencia.

Una oxidación previa muy uniforme debido al contacto de banda directo con una llama envolvente, permite un denominado "refuerzo DFI" (booster DFI) ("DFI" - Direct Flame Impingement), tal como se describe en el documento DE 10 2006 005 063 A1. No obstante, el uso de un refuerzo DFI de este tipo es posible solamente bajo determinados requisitos constructivos, tal como no se dan en muchas instalaciones de revestimiento por inmersión en baño fundido existentes.

Por el documento EP 2 010 690 B1 y el documento DE 10 2004 059 566 B3 se conocen además procedimientos en los que se genera una capa de FeO sobre la superficie del producto plano de acero procesado en cada caso mediante alimentación del 0,01 - 1 % en volumen de O₂ a lo largo de una duración de 1 - 10 s en una cámara de reacción cerrada. La instalación de una cámara de reacción de este tipo es posible solamente en un horno RTF calentado indirectamente, en el que tiene lugar el calentamiento del producto plano de acero a través de radiación térmica ("RTF": Radiant Tube Furnace).

Por el documento US 2010/0173072 A1 se conoce por último que el punto de condensación de la atmósfera de oxidación en un horno de recocido puede ajustarse mediante humectación dirigida de modo que está garantizada la oxidación interna pretendida de los elementos de aleación del producto plano de acero procesado en cada caso. La oxidación previa del producto plano de acero se lleva a cabo a este respecto en un horno calentado indirectamente del tipo RTF. El documento DE 10 2009 018577 divulga también un procedimiento para la producción de un producto plano de acero recubierto por medio de revestimiento por inmersión en baño fundido. En el contexto del estado de la técnica explicado anteriormente, el objetivo de la invención consistía en desarrollar un procedimiento con el que puedan revestirse por inmersión en baño fundido de manera rentable y con aceros de alta resistencia y de la más alta resistencia con partes de aleación considerables de elementos de aleación afines al oxígeno (Mn, Al, Si, Cr,...) en una instalación que trabaja de forma continua.

Este objetivo se ha conseguido de acuerdo con la invención mediante el procedimiento indicado en la reivindicación 1.

Configuraciones y variantes ventajosas de la invención se indican en las reivindicaciones dependientes y se explican en detalle a continuación como la idea general de la invención.

Un procedimiento de acuerdo con la invención para la producción de un producto plano de acero provisto de una capa metálica de protección mediante revestimiento por inmersión en baño fundido, comprende por consiguiente al menos las siguientes etapas de trabajo:

- a) proporcionar un producto plano de acero laminado en frío o en caliente, que contiene además de Fe e impurezas inevitables (en % en peso) hasta el 35,0 % de Mn, hasta el 10,0 % de Al, hasta el 10,0 % de Si, hasta el 5,0 % de Cr, hasta el 2,0 % de Ni, en cada caso hasta el 0,5 % de Ti, V, Nb, Mo, en cada caso hasta el 0,1 % de S, P, N, hasta el 1,0 % C;
- b) limpiar opcionalmente el producto plano de acero;
- c) calentar el producto plano de acero hasta una temperatura de mantenimiento que asciende a 600 - 1100 °C, en el que el calentamiento
 - c.1) tiene lugar en el plazo de un tiempo de calentamiento de 5 - 60 s
 - c.2) en un horno precalentador del tipo DFF,
 - c.3) en el que está configurada una sección de preoxidación, en la que el producto plano de acero presenta

- 5 una temperatura de preoxidación de 550 - 850 °C y en la que el producto plano de acero se expone durante 1 - 15 s a una atmósfera oxidante con un contenido en oxígeno del 0,01 - 3,0 % en volumen, que mediante inyección de una corriente de gas que contiene oxígeno en la llama de al menos un quemador asociado a la sección de preoxidación se introduce en la atmósfera de preoxidación, para formar sobre la superficie del producto plano de acero una capa de FeO de cubierta,
- c.4) mientras que fuera de la sección de preoxidación en el horno precalentador reina una atmósfera neutra o reductora frente a la superficie de acero, que se compone de N₂ y adicionalmente el 5 - 15 % en volumen de CO₂, el 0,1 - 2,0 % en volumen de CO y en total como máximo el 10 % en volumen de H₂, O₂ y H₂O;
- 10 d) recocido de recristalización del producto plano de acero manteniendo el producto plano de acero durante una duración de mantenimiento de 30 - 120 s a la temperatura de mantenimiento en un horno de recocido, que se hace pasar a continuación a través del horno precalentador, para provocar una recristalización del producto plano de acero, en el que
- 15 d.1) en el horno de recocido reina una atmósfera de recocido de acción reductora frente a FeO, que contiene el 0,01 - 85,0 % en volumen de H₂, hasta el 5 % en volumen de H₂O, menos del 0,01 % en volumen de O₂ y como resto N₂ y
- d.2) el punto de condensación de la atmósfera de recocido se mantiene entre -40 °C y +25 °C a lo largo de todo el recorrido del producto plano de acero a través del horno de recocido, compensándose mediante suministro de humedad por medio de al menos un equipo de humectación pérdidas o irregularidades de la distribución de la humedad de la atmósfera;
- 20 e) enfriar el producto plano de acero hasta una temperatura de entrada en el baño que asciende a 430 - 800 °C, teniendo lugar el enfriamiento bajo una atmósfera de enfriamiento, que se compone del 100 % de N₂, de N₂ con hasta el 50,0 % en volumen de H₂ o el 100% de H₂ así como impurezas inevitables;
- f) mantener opcionalmente el producto plano de acero durante 5 - 60 s a la temperatura de entrada en el baño y bajo la atmósfera de enfriamiento;
- 25 g) introducir el producto plano de acero en un baño fundido, cuya temperatura asciende a 420 - 780 °C, manteniéndose en la zona de transición al baño fundido la atmósfera de enfriamiento y ajustándose el punto de condensación de la atmósfera de enfriamiento a de -80 °C a -25 °C;
- h) conducir el producto plano de acero a través del baño fundido y ajustar el grosor de la capa metálica de protección presente sobre el producto plano de acero que sale del baño fundido;
- 30 i) tratamiento térmico opcional del producto plano de acero provisto de la capa metálica de protección.

Es decir, de acuerdo con la invención se trata por precalentamiento el producto plano de acero proporcionado en cada caso en un proceso de procesamiento continuo en una instalación de revestimiento por inmersión en baño fundido con precalentador DFF y una zona de mantenimiento, inmediatamente después se enfría y se acaba superficialmente en línea. En función del fin de uso puede aplicarse a este respecto sobre el producto plano de acero un recubrimiento por inmersión en baño fundido de zinc, zinc/ aluminio, zinc/ magnesio, aluminio o aluminio/ silicio. Los recubrimientos de este tipo se denominan en la técnica también por ejemplo con las abreviaturas "Z", "ZF", "ZM", "ZA", "AZ", "AS". Una humectación y adherencia que satisface los más altos requisitos mediante el recubrimiento por inmersión en baño fundido se garantizan a este respecto porque el producto plano de acero respectivo, en el transcurso del procedimiento de acuerdo con la invención, se prepara mediante una combinación dirigida de una preoxidación especialmente homogénea en el precalentador DFF y una humectación dirigida de la atmósfera de recocido en la zona de mantenimiento de modo que la superficie del producto plano de acero a la entrada en el baño de inmersión en baño fundido respectivo esté en su mayor parte libre de óxidos perturbadores.

45 El producto plano de acero procesado de acuerdo con la invención, proporcionado en estado laminado en caliente o en frío presenta normalmente un grosor de 0,2 -4,0 mm y contiene además de Fe e impurezas inevitables (en % en peso)

- hasta el 35 % de Mn, en particular hasta el 2,5 % de Mn, siendo típicos contenidos en Mn de al menos el 0,5 %,
- hasta el 10,0 % de Al, en particular hasta el 2,0 % de Al, siendo típicos, siempre que Al esté presente en contenidos efectivos, contenidos en Al de al menos el 0,005 %,
- 50 - hasta el 10,0 % de Si, en particular hasta el 2,0 % de Si, siendo típicos, siempre que Si esté presente en contenidos efectivos, contenidos en Si de al menos el 0,2 %,
- hasta el 5,0 % de Cr, en particular hasta el 2,0 % de Cr, siendo típicos, siempre que Cr esté presente en contenidos efectivos, contenidos en Cr de al menos el 0,005 %,
- contenidos en Ni de hasta el 2,0 %, siendo típicos, siempre que Ni esté presente en contenidos efectivos, contenidos en Ni de al menos el 0,01 %,
- 55 - contenidos en Ti, V, Nb, Mo de en cada caso hasta el 0,5 %, ascendiendo, siempre que Ti, V, Nb, Mo esté presente en contenidos efectivos, el contenido en estos elementos en cada caso al menos el 0,001 %,

- opcionalmente contenidos en B del 0,0005 - 0,01 %,
- contenidos en S, P, N de en cada caso hasta el 0,1 %, así como
- contenidos en C de hasta el 1,0 %, en particular al menos el 0,005 %, estando limitado el límite superior del contenido en C al 0,2 %.

5 El producto plano de acero así proporcionado se somete, siempre que sea necesario a una limpieza llevada a cabo de manera convencional.

Además, el producto plano de acero se calienta en el plazo de un tiempo de calentamiento de 5 - 60 s, en particular 5 - 30 s, en un horno precalentador del tipo DFF hasta una temperatura de mantenimiento que asciende a 600 - 1100 °C, en particular 750 - 850 °C. Un tiempo de calentamiento de al menos 5 s es necesario para calentar el producto plano de acero hasta la temperatura mínima necesaria de 600 °C. Un tiempo de calentamiento de como máximo 60 s no debería superarse para ajustar una estructura inicial óptima para el proceso de recocido. Además Tiempos de calentamiento superiores esconden el riesgo de no alcanzar las propiedades mecánicas necesarias del producto final. Un acortamiento del tiempo de calentamiento hasta como máximo 30 s contribuye a la mejora del volumen de producción de la instalación y la rentabilidad del proceso.

10

15 En el precalentador DFF se mantiene a este respecto una atmósfera neutra o reductora frente a la superficie de acero, que se compone esencialmente de N₂ y adicionalmente el 5 - 15 % en volumen de CO₂, el 0,1 - 2,0 % en volumen de CO y en total como máximo el 10 % en volumen de H₂, O₂ y H₂O. También en el caso de en total hasta el 10 % en volumen de H₂+O₂+H₂O, el porcentaje de oxígeno en la atmósfera es a este respecto tan bajo que la atmósfera es neutra o reductora frente al hierro del sustrato de acero.

20 En una ventana de proceso en la que el producto plano de acero está caliente a 550 - 850 °C, en particular 600 - 700 °C, se expone el producto plano de acero dentro de la fase de calentamiento durante 1 - 15 s a una atmósfera de preoxidación que contiene el 0,01 - 3,0 % en volumen de O₂. La preoxidación se llevará a cabo a temperaturas de al menos 550 °C, porque solo a partir de esta temperatura empieza comienza la oxidación selectiva de los elementos de aleación que va a impedirse mediante la preoxidación. La preoxidación se lleva a cabo a temperaturas hasta como máximo 850 °C, porque a temperaturas más altas la capa de óxido se vuelve demasiado gruesa. Experimentos han mostrado que una preoxidación en el intervalo de temperatura de 600 - 700 °C proporciona resultados óptimos de revestimiento. Bajo la atmósfera de preoxidación se forma sobre el producto plano de acero procesado en cada caso, una capa de FeO de 20 - 300 nm, de manera óptima 20 - 200 nm de grosor, que ocupa cubriendo la superficie de acero. Temperaturas de al menos 600 °C son necesarias a este respecto para conseguir una recristalización suficiente del material de base. Al mismo tiempo no deberán superarse temperaturas de cómo máximo 1100 °C, para evitar la formación de granos gruesos. La temperatura de mantenimiento se encuentra preferentemente en 750 - 850 °C, porque esto representa el intervalo de producción óptimo en cuanto a la tasa de utilización de la instalación o la rentabilidad del proceso.

25

30 La ventana de proceso en cuestión, dentro de la fase de calentamiento, puede realizarse de modo que al menos uno de los quemadores asociados a la zona de preoxidación se haga funcionar con exceso de O₂ ($\lambda > 1$). Un objetivo a este respecto es generar una capa de FeO muy homogénea de grosor uniforme sobre el producto plano de acero.

35

Con este fin puede inyectarse una corriente de O₂ o aire considerable por medio de un denominado "tubo de chorro" por separado en la llama de combustión. Un ejemplo de un tubo de chorro de este tipo se describe en el documento DE 10 2004 047 985 A1. Los tubos de chorro permite esparcir una corriente de gas concentrada con alta velocidad de flujo y, correspondientemente, alta energía cinética. La corriente de gas esparcida por el tubo de chorro, dirigida de acuerdo con la invención a la llama de quemador, provoca una fuerte turbulencia de la llama de quemador. De esta manera se iguala esencialmente la distribución de los constituyentes del gas, en particular del oxígeno inyectado en el horno precalentador a través de la sección transversal de horno. A este respecto resulta un efecto óptimo cuando la velocidad de inyección de la corriente de gas se ajusta a 60 - 180 m/s. La temperatura del gas inyectado puede encontrarse a este respecto hasta 100 °C por encima de la temperatura de preoxidación.

40

De manera óptima, en el horno precalentador se emplean al menos dos quemadores, de los que uno está asociado al lado superior y el otro al lado inferior del producto plano de acero procesado en cada caso.

45

Como alternativa, es también concebible generar, por medio de un refuerzo DFI, que está equipado con al menos una rampa asociada al lado superior y una asociada al lado inferior del producto plano de acero y se hace funcionar con exceso de O₂ ($\lambda > 1$), el exceso de oxígeno necesario en la atmósfera de preoxidación. Como "rampa" se designan a este respecto los armazones ocupados con boquillas de quemador, que dirigen las llamas directamente contra la superficie de producto plano asociada a las mismas en cada caso, de modo que el producto plano de acero está envuelto por las llamas de quemador.

50

En caso necesario, antes del horno precalentador DFF puede estar conectado un refuerzo DFI adicional, que sin preoxidar calienta de manera uniforme y rápida la banda de acero y mejora la limpieza de la banda. Con ello puede aumentarse adicionalmente el volumen de producción de la instalación.

55

Después del calentamiento hasta la temperatura de mantenimiento, el producto plano de acero preoxidado de acuerdo con la invención atraviesa durante 30 - 120 s, en particular 30 - 60 s, un horno de recocido conectado al

horno precalentador, en el que se somete a un recocido de recristalización a la temperatura de mantenimiento respectiva. El horno de recocido, en el que se lleva a cabo el mantenimiento a la temperatura de mantenimiento, está diseñado a este respecto normalmente en el tipo constructivo RTF. El tiempo de paso mínimo de 30 s es necesario para recristalizar completamente el material. El tiempo de paso máximo de 120 s no debería superarse para prevenir una formación de granos gruesos. Un tiempo de paso de 30 - 60 s ha resultado ser ventajoso no solo en cuanto a un paso del horno óptimo y un volumen de producción así mismo óptimo de la instalación por motivos económicos, sino también para evitar la separación de la capa de FeO, a lo que se llega como consecuencia de la atmósfera de acción reductora sobre Fe, una oxidación externa de los elementos de aleación (Mn, Si, Al, Cr, ...) del sustrato de acero.

La atmósfera de gas de recocido que reina en el horno de recocido se compone del 0,01 - 85,0 % en volumen de H₂, hasta el 5 % en volumen de H₂O, menos del 0,01 % en volumen de O₂ y como resto N₂. El intervalo preferido para el porcentaje de hidrógeno se encuentra en el 3,0 - 10,0 % en volumen. A partir del 3 % en volumen de hidrógeno en la atmósfera es posible ajustar también en el caso de duraciones cortas de recocido, un potencial de reducción suficiente frente a FeO. Se ajustan preferentemente porcentajes inferiores o iguales al 10,0 % en volumen de hidrógeno para ahorrar recursos y para reducir el consumo de H₂.

El punto de condensación "TP" de la atmósfera de recocido se mantiene a este respecto a de -40 °C a +25 °C. El punto de condensación asciende, por un lado a -40 °C o más, para minimizar la fuerza propulsora de la oxidación externa de los elementos de aleación (por ejemplo Mn, Al, Si, Cr). Por otro lado, se evita mediante un punto de condensación de como máximo +25 °C, una oxidación incompleta de hierro. Experimentalmente pudo mostrarse que en el caso de un punto de condensación de al menos -30 °C se ajustan resultados superficiales especialmente buenos. Al mismo tiempo, el punto de condensación se encuentra preferentemente en como máximo 0 °C, para minimizar el riesgo de descarburación.

Los parámetros de recocido del recocido de recristalización pueden ajustarse por consiguiente de modo que durante el recocido se provoca una reducción del FeO, que se ha formado en el transcurso de la preoxidación anterior (etapa de trabajo c)) sobre las superficies del producto plano de acero. A la salida del horno de recocido, el producto plano de acero recocido de acuerdo con la invención presenta una superficie que se compone esencialmente de hierro metálico.

Para este resultado de trabajo es decisivo que el punto de condensación de la atmósfera de recocido a lo largo de todo el recorrido del producto plano de acero a través del horno de recocido no caiga por debajo de -40 °C, ajustándose de forma especialmente segura la naturaleza deseada de la superficie del producto plano de acero cuando el punto de condensación se mantiene en cada caso por encima de -30 °C. En el caso de un punto de condensación que se encuentra por debajo del valor crítico de -40 °C, puede producirse una oxidación externa de los elementos de aleación afines al oxígeno del producto plano de acero, mediante lo cual pueden formarse sobre el producto plano de acero los óxidos indeseados, que perturban la humectación o adherencia del revestimiento metálico.

Este efecto se impide en el procedimiento de acuerdo con la invención mediante la reducción llevada a cabo de acuerdo con la invención en el horno de recocido del FeO presente sobre el producto plano de acero preoxidado en combinación con una humidificación dirigida de la sección de horno de recocido. La capa de FeO presente en la entrada en el horno de recocido aún completamente sobre producto plano de acero preoxidado se convierte mediante la reducción empleada mediante el H₂ contenido en la atmósfera de recocido con la formación de H₂O gaseoso para dar hierro metálico. Dado que a través de los tramos de transporte recorridos en el horno de recocido en la dirección a la salida del horno de recocido se encuentra disponible cada vez menos FeO sobre el producto plano de acero y el vapor de agua generado en el horno de recocido está distribuido de forma irregular debido a la instalación, está previsto de acuerdo con la invención al menos un equipo de humectación, con el que puede suministrarse humedad de forma dirigida a la atmósfera de recocido, para compensar pérdidas o irregularidades de humedad.

Normalmente, los hornos de recocido empleados para el recocido de recristalización de un producto plano de acero se atraviesan por un flujo de gas dirigido desde su entrada en la dirección a su entrada en contra de la dirección de transporte del producto plano de acero que va a tratarse en cada caso. Es especialmente conveniente por lo tanto disponer el al menos un equipo de humectación previsto para el suministro dirigido de humedad adyacente a la salida del horno de recocido. Esta disposición no lleva solo a la distribución uniforme, soportada por la corriente de gas, de la humedad, sino que tiene en cuenta también la circunstancia de que la cantidad de vapor de agua generado por la reducción de la capa de FeO del producto plano de acero disminuye constantemente en la dirección a la salida del horno de recocido y, por consiguiente, sin el aporte de humedad adicional el punto de condensación podría caer por debajo del valor crítico. Como resultado, mediante la incorporación dirigida de la humedad en la atmósfera de recocido se garantiza por lo tanto a lo largo de toda la longitud del recorrido de transporte a través del horno de recocido una atmósfera cuyo punto de condensación se encuentra siempre por encima del valor umbral crítico.

El dispositivo de humidificación previsto de acuerdo con la invención puede componerse de un tubo ranurado o perforado, disponiéndose de manera óptima en cada caso un tubo de este tipo transversalmente a la dirección de

transporte del producto plano de acero alineada por encima y por debajo del recorrido de transporte. El diseño de la instalación individual puede hacerse necesario instalar distribuidos por la longitud de la zona de mantenimiento, dispositivos de humidificación adicionales, para garantizar la homogeneidad deseada de la atmósfera de recocido con respecto al punto de condensación.

- 5 Como medio de soporte para la humedad alimentada se recomienda vapor o gas N_2O N_2 - H_2 humidificado.

Una regulación del punto de condensación así como la distribución del punto de condensación en el horno de recocido pueden tener lugar adicionalmente mediante una regulación de la corriente volumétrica de gas portador alimentada en cada caso o de la velocidad del flujo de gas dentro del horno de recocido. La velocidad del flujo de gas que atraviesa el horno de recocido puede manipularse a este respecto de modo que se varíe la caída de presión entre la zona de salida del horno de recocido y una aspiración, que está situada normalmente al principio del horno precalentador. Esta variación puede suceder a través de una regulación del rendimiento de succión o de la cantidad de gas de recocido alimentada a la cámara del horno. La caída de presión se ajusta a este respecto habitualmente a valores de 2 - 10 mmWs.

15 Para evitar que llegue H_2 desde el horno de recocido hasta la zona del horno precalentador y allí impida la oxidación deseada del producto plano de acero mediante una reacción parásita del H_2 que penetra con el O_2 presente en la atmósfera de preoxidación para formar H_2O , debería separarse el horno precalentador del horno de recocido de modo que los porcentajes en volumen de H_2 que salen posiblemente del horno de recocido, que fluyen en la dirección del horno precalentador se suelten antes de alcanzar la zona de preoxidación. Para ello puede introducirse, al principio del horno de recocido H_2 en la zona de la transición del horno precalentador al horno de recocido, un flujo de gas que contiene O_2 , por ejemplo presente como flujo de gas de O_2 puro o flujo de aire, para poder hacer reaccionar H_2 que penetra desde el horno de recocido en esta zona para dar H_2O . La cantidad de O_2 alimentada en cada caso se regula a este respecto de modo que en la zona de transición diseñada por regla general a modo de túnel entre horno precalentador y horno de recocido no puede detectarse principalmente por la técnica de medición nada de H_2 .

25 Como alternativa o de forma complementaria, la reacción dirigida del hidrógeno que llega al horno precalentador también puede tener lugar porque al menos un último quemador dispuesto en las cercanías de la salida del horno precalentador del horno precalentador se hace funcionar con un exceso de O_2 demasiado alto, de modo que a consecuencia de este exceso se une el porcentaje de O_2 en exceso de la atmósfera de preoxidación a su vez al hidrógeno que penetra a su vez opcionalmente en el horno precalentador para formar vapor de agua.

30 A continuación del recocido de recristalización bajo la atmósfera de recocido que actúa de forma reductora con respecto al FeO presente sobre el producto plano de acero después de la preoxidación, se enfría el producto plano de acero, que presenta ahora una superficie activa que se compone esencialmente de hierro metálico, hasta la temperatura de entrada en el baño necesaria. En función del tipo del baño de inmersión en baño fundido la temperatura de entrada en el baño a este respecto varía entre 430 - 800 °C. De este modo, la temperatura de entrada en el baño, en el caso de que el producto plano de acero daba recubrirse por inmersión en baño fundido con una capa metálica de protección a base de zinc, se encuentra normalmente a 430 - 650 °C y la temperatura del baño fundido se encuentra en el intervalo de 420 - 600 °C. Si, por el contrario, el producto plano de acero se recubrirá por inmersión en baño fundido con una capa metálica de protección a base de aluminio, entonces se seleccionan normalmente temperaturas de entrada en el baño del producto plano de acero de 650 - 800 °C a temperaturas de baño fundido de 650 - 780 °C.

45 Opcionalmente, después del enfriamiento puede seguir un tratamiento de envejecimiento que se extiende durante 5 - 60 s a la temperatura de entrada en el baño. Un tratamiento de envejecimiento de este tipo es conveniente en algunos aceros, para ajustar las microestructuras necesarias para alcanzar las propiedades de materiales requeridas. Este es el caso por ejemplo en los aceros TRIP, en los que mediante el tratamiento de envejecimiento se proporcionan el tiempo y la temperatura para la difusión del carbono.

50 El producto plano de acero enfriado a la temperatura de entrada en el baño se conduce, evitando un contacto con una atmósfera que contiene oxígeno, en particular con la atmósfera del entorno, al baño fundido metálico. Para ello se usa habitualmente una denominado espita, que está conectada al extremo de la zona de enfriamiento o la zona de envejecimiento opcionalmente presente del horno de recocido y se sumerge con su extremo libre en el baño fundido. En la zona de enfriamiento, la zona de envejecimiento opcionalmente presente y en la espita reina a este respecto una atmósfera de gas protector del 100 % de N_2 , N_2 con hasta el 50,0 % en volumen, en particular hasta el 10,0 % en volumen de H_2 , o el 100 % de H_2 que actúa de manera reductora o no reactiva frente a la banda de acero. Una adición de hidrógeno a la atmósfera de gas protector en la espita no es en principio necesaria. No obstante, esta resulta ventajosa en función de la velocidad de la banda y las dimensiones de la banda, para evitar fallos de revestimiento mediante escoria superior. Una adición de hidrógeno de hasta el 10 % en volumen ha resultado ser especialmente favorable en este contexto.

Dentro de la espita, el punto de condensación se encontrará a este respecto entre -80 - -25 °C, en particular -50 °C a -25 °C. El punto de condensación de la atmósfera de gas protector en la espita no se encontrará por debajo de -80 °C, porque por debajo, la atmósfera se vuelve demasiado seca. Esto podría llevar a la formación de polvo, mediante

lo cual, a su vez, se influiría negativamente en el resultado de revestimiento. Al mismo tiempo, el punto de condensación de la atmósfera de gas protector en la espita no se encontrará por encima de -25 °C, porque, de lo contrario, la atmósfera se volvería demasiado húmeda, lo que conllevaría a su vez, una formación de escoria multiplicada. Un riesgo minimizado de la formación de polvo y una estabilidad de proceso al mismo tiempo alta resultan cuando el punto de condensación en la espita asciende a entre -50 °C y -25 °C.

El producto plano de acero conducido al baño fundido atraviesa el baño fundido en el plazo de un tiempo de permanencia que asciende a 1 - 10 s, en particular 2 - 5 s. Al ascender el tiempo de paso al menos a 1 s, se garantiza que en el baño fundido transcurra una humectación reductora entre superficie de acero y baño de revestimiento. A este respecto el tiempo de paso no debería durar más de 10 s, para evitar un fallo indeseado del recubrimiento. El periodo de tiempo de 2 - 5 s para el tiempo de paso ha resultado ser especialmente adecuado para garantizar una naturaleza superficial optimizada en cuanto al resultado de revestimiento y de adherencia.

La composición del baño fundido depende a este respecto de las especificaciones respectivas del usuario final y puede crearse por ejemplo tal como sigue (todos los datos de contenido en % en peso):

i) denominados recubrimientos "Z-", "ZA-", "AZ":

0,1 - 60,0 %, en particular 0,15 - 0,25 %, de Al, hasta el 0,5 % de Fe, y como resto Zn e impurezas inevitables, entre ellas trazas de Si, Mn, Pb y tierras raras;

ii) denominados "recubrimientos ZM":

0,1 - 8,0 % de Al, 0,2 - 8,0 % de Mg, menos del 2,0 % de Si, menos del 0,1 % de Pb, menos del 0,2 % de Ti, menos del 1 % de Ni, menos del 1 % de Cu, menos del 0,3 % de Co, menos del 0,5 % de Mn, menos del 0,1 % de Cr, menos del 0,5 % de Sr, menos del 3,0 % de Fe, menos del 0,1 % de B, menos del 0,1 % de Bi, menos del 0,1 % de Cd, resto Zn e impurezas inevitables, entre ellas trazas de tierras raras, siendo válido para la relación % de Al/% de Mg del contenido en Al respectivo % de Al con respecto al contenido en Mg respectivo % de Mg: $\%Al/\%Mg < 1$;

iii) recubrimientos del tipo documentado en el documento EP 1 857 566 Al, el documento EP 2 055 799 A1 o el documento EP 1 693 477 A1;

iv) denominados recubrimientos AS: menos del 15 % de Si, menos del 5,0 % de Fe, resto Al e impurezas inevitables, entre ellas trazas de Zn y tierras raras;

A la salida del baño fundido se ajusta de manera convencional el grosor de la capa metálica de protección presente sobre el producto plano de acero que sale del baño fundido. Para ello pueden emplearse equipos en sí conocidos, tales como boquillas rascadoras o similares.

Si se proporciona un denominado "producto recocido galvanizado", entonces el producto plano de acero revestido por inmersión en baño fundido puede tratarse posteriormente de manera térmica en línea sobre revestimiento por inmersión en baño fundido siguiendo a la generación de un recubrimiento de aleación de Fe-Zn- ("recubrimiento ZF"). En este caso ha dado buen resultado un baño fundido que además de zinc e impurezas inevitables, contienen, entre otros, trazas de Si, Mn y Pb, el 0,1 - 0,15 % en peso de Al y hasta el 0,5 % en peso de Fe.

A continuación se explica en detalle invención por medio de ejemplos de realización. Muestran en cada caso esquemáticamente:

la Figura 1 una instalación de revestimiento por inmersión en baño fundido adecuada para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención;

la Figura 2 una combinación de quemador y tubo de chorro empleada en la instalación de revestimiento por inmersión en baño fundido según la Figura 1 para la generación de una distribución de O₂ especialmente homogénea dentro de la llama de combustión con el fin de la preoxidación;

la Figura 3 una representación de una equipo de humectación instalado de acuerdo con la invención para la humidificación dirigida de la atmósfera del horno de recocido;

la Figura 4 una representación del establecimiento del punto de condensación de acuerdo con la invención por encima del límite del punto de condensación crítico a lo largo de toda la longitud del horno de recocido mediante uso combinado de preoxidación dirigida (punto de condensación a consecuencia de la reducción de FeO) y humidificación (punto de condensación a consecuencia de la humidificación).

La instalación de revestimiento por inmersión en baño fundido A presenta, en la dirección de transporte F alineada en horizontal del producto plano de acero S que va a revestirse, que se encuentra como banda de acero, en sucesión directa, un refuerzo DFI 1 previsto opcionalmente para el precalentamiento del producto plano de acero S, un horno precalentador 3 conectado con su entrada 2 al refuerzo DFI, en el que está configurada una sección de preoxidación 4, un horno de recocido 6, que está conectado con una zona de transición 7 en la salida 8 del horno

5 precalentador 3, una zona de enfriamiento 10 conectada a la salida 9 del horno de recocido 6, una espita 11 conectada a la zona de enfriamiento 10, que está conectada a la salida 12 de la zona de enfriamiento 10 y se sumerge con su extremo libre en un baño fundido 13, un primer equipo de desviación 14 dispuesto en el baño fundido 13, un equipo 15 para ajustar el grosor del recubrimiento metálico aplicado sobre el producto plano de acero S en el baño fundido 13 así como un segundo equipo de desviación 16.

10 El horno precalentador 3 es de tipo DFF. En este están dispuestos quemadores no representados por claridad en la Figura 1, distribuidos a lo largo de los tramos de transporte del horno precalentador 3. Un grupo de estos quemadores está asociado a este respecto al lado inferior y otro grupo al lado superior del producto plano de acero S que va a revestirse. Fuera de la sección de preoxidación 4 están configurados los quemadores de manera convencional y se abastecen de manera conocida con el gas de combustión y el oxígeno necesarios.

15 En la zona de la sección de preoxidación 4, los quemadores forman en cada caso con un tubo de chorro una combinación de quemador/tubo de chorro 17 del tipo representado en la Figura 2. Los quemadores 18 de las combinaciones de quemador/tubo de chorro 17 están conectados a este respecto en cada caso a través de una conducción de gas de combustión 19 a un suministro de gas de combustión no representado en este caso y a través de una conducción de suministro de oxígeno 20 a un suministro de oxígeno así mismo no mostrado en este caso. Antes de la entrada en el quemador 18 está conectada una válvula de regulación 21 en cada caso una conducción de ramificación de oxígeno 22 a la conducción de suministro de oxígeno 20. La conducción de ramificación de oxígeno 22 lleva en cada caso a un tubo de chorro 23 configurado a modo del estado de la técnica explicado en el documento DE 10 2004 047 985 A1, que dirige el chorro de gas oxígeno que sale del mismo con alta energía de flujo y concentración a la llama de quemador. De esta manera se provoca una fuerte turbulencia de la llama de quemador y con ello un contacto intensivo de la llama de quemador y de la atmósfera de preoxidación que reina en la zona de preoxidación con el producto plano de acero S que va a revestirse.

25 En la zona de transición 7 está previsto un equipo así mismo no mostrado en detalle en este caso para la alimentación dirigida de oxígeno o aire a la zona de transición 7. El fin de esta alimentación es la unión de hidrógeno, que llega a la zona de transición 7 posiblemente a consecuencia del flujo de gas G que fluye en el horno de recocido 6 desde su salida 9 en la dirección de su entrada. Al mismo tiempo, en la zona de la entrada del horno de recocido 6 está dispuesto un equipo de succión 24, que succiona el flujo de gas G que llega a la entrada del horno de recocido.

30 Adyacentes a la salida 9 del horno de recocido 6 están dispuestos dos equipos de humectación 25,26, de los que uno está asociado al lado superior y el otro al lado inferior del producto plano de acero S que va a revestirse. Los equipos de humectación 25,26 están configurados como tubos ranurados o perforados, alineados transversalmente a la dirección de transporte F del producto plano de acero S y están conectados a una conducción de suministro 27, a través de la cual se abastecen los equipos de humectación 25,26 con vapor o un gas portador humedecido, tal como N₂ o N₂/H₂.

35 La zona de enfriamiento 10 puede estar diseñada de modo que el producto plano de acero S enfriado hasta la temperatura de entrada en el baño respectiva, antes de su entrada en la espita 11 atravesase aún en la zona de enfriamiento 10 un tratamiento de envejecimiento a la temperatura de entrada en el baño.

40 En el baño fundido 13, el producto plano de acero S se desvía al primer equipo de desviación 14 dirección vertical y atraviesa el equipo 15 para el ajuste del grosor de la capa metálica de protección. A continuación se desvía el producto plano de acero S provisto de la capa metálica de protección al segundo equipo de desviación 16 de nuevo en la dirección de transporte horizontal F y opcionalmente se somete a etapas de tratamiento adicionales en partes de la instalación no representadas en este caso.

45 En una línea de recubrimiento correspondiente a la instalación de inmersión en baño fundido A se han revestido por inmersión en baño fundido, para determinar el efecto del procedimiento de acuerdo con la invención, distintas muestras de productos planos de acero en los ensayos V1 - V14 con una capa metálica de protección.

Las muestras revestidas por inmersión en baño fundido se componían a este respecto en cada caso de un acero S1 - S7 de alta resistencia o la más alta resistencia, cuya composición está indicada en la Tabla 1.

Tabla 1

Acero	C	Mn	Si	Cr	Al	Mo
S1	0,23	1,60	0,12	0,05	1,00	0,004
S2	0,07	1,45	0,11	0,49	0,03	<0,002
S3	0,12	1,75	0,10	0,50	1,30	0,100
S4	0,22	1,75	0,10	0,10	1,55	0,100
S5	0,16	1,60	1,60	0,06	0,05	0,010
S6	0,15	1,85	0,25	0,70	0,70	<0,002
S7	0,24	1,22	0,25	0,13	0,03	<0,002

Todos los datos en % en peso, resto hierro e impurezas inevitables

En la Tabla 2 están indicados los parámetros de ensayo ajustados en los ensayos para el acabado por inmersión en baño fundido de las muestras examinadas. En este sentido son válidas las siguientes denominaciones:

acero = composición de aleación química del producto plano de acero según la Tabla 1

- 5 T1 = temperatura de preoxidación en °C
 5 Atm1 = composición de la atmósfera de preoxidación durante la etapa de preoxidación (los datos de % designan los contenidos del constituyente respectivo en % en volumen)
 T2 = temperatura de mantenimiento en °C
 10 Atm2 = composición de la atmósfera de recocido durante el mantenimiento (los datos de % designan los contenidos del constituyente respectivo en % en volumen)
 10 TP1 = punto de condensación al principio del horno de recocido en °C
 TP2 = punto de condensación en el centro del horno de recocido en °C
 TP3 = punto de condensación al final del horno de recocido en °C
 B = ¿está conectada la humidificación activa del horno de recocido?
 15 T4 = temperatura de entrada de banda en °C
 15 Atm3 = composición de la atmósfera zona de espita (los datos de % designan los contenidos del constituyente respectivo en % en volumen)
 TP4 = punto de condensación de la atmósfera de enfriamiento en la zona de espita en °C
 Bad = composición del baño fundido (datos en % en peso)
 Galv = ¿se ha llevado a cabo un tratamiento térmico posterior (recocido galvánico)?
- 20 Las evaluaciones de los resultados de revestimiento están resumidos en la Tabla 3. Estos prueban inequívocamente que la aplicación del procedimiento de acuerdo con la invención da resultados óptimos, mientras que los productos planos de acero generados no de acuerdo con la invención presentan carencias.

25 Un producto plano de acero revestido por inmersión en baño fundido de acuerdo con el procedimiento de acuerdo con la invención es adecuado, debido a sus propiedades mecánicas y sus propiedades superficiales, de forma excelente, para reprocesarse por medio de un conformado en frío o en caliente de una, dos o varias etapas para dar un elemento constructivo de chapa de alta resistencia/ la más alta resistencia. Esto es válido prioritariamente para aplicaciones de la industria automovilística, pero también para la construcción de aparatos, máquinas o electrodomésticos así como la industria de la construcción. Además de las excelentes propiedades de elementos constructivos mecánicos, un elemento constructivo de chapa de este tipo se caracteriza además por una resistencia especial frente a las influencias medioambientales. La aplicación de un producto plano de acero acabado por inmersión en baño fundido de acuerdo con la invención no eleva por lo tanto solo el potencial de construcción ligera, sino que prolonga también la duración de vida del producto.

35 En resumen, puede decirse que mediante el procedimiento de acuerdo con la invención en el caso de un producto plano de acero revestido por inmersión en baño fundido puede conseguirse una humectación y adherencia óptimas del recubrimiento por inmersión en baño fundido mediante una preoxidación en un horno precalentador DFF y una humidificación de la atmósfera de recocido en una zona de mantenimiento. Para ello se expone en primer lugar, el producto plano de acero caliente a 550 - 850 °C en una sección de preoxidación del horno DFF en el plazo de 1 - 15 s, a una atmósfera introducida mediante inyección de una corriente de gas que contiene oxígeno en la llama de un quemador, para formar sobre su superficie una capa de FeO de cubierta, mientras que fuera de la sección de preoxidación en el horno DFF reina una atmósfera neutra o reductora frente a la superficie de acero. Entonces se somete a recocido de recristalización el producto plano de acero calentado hasta una temperatura de mantenimiento de 600 - 1100 °C bajo una atmósfera reductora de FeO, cuyo punto de condensación se mantiene mediante adición de humedad a de -40 °C a +25 °C, bajo una atmósfera que presenta ≤ 100 % de N2 y un punto de condensación de -80 °C a -25 °C se enfría hasta una temperatura de entrada en el baño de 420 - 780 °C y se conduce a través de un baño fundido.

Símbolos de referencia

- 1 refuerzo DFI
 2 entrada 2 del horno precalentador 3
 3 horno precalentador
 50 4 sección de preoxidación del horno precalentador 3
 6 horno de recocido
 7 zona de transición entre el horno precalentador 3 y el horno de recocido 6
 8 salida del horno precalentador 3
 9 salida del horno de recocido 6
 55 10 zona de enfriamiento
 11 espita
 12 salida de la zona de enfriamiento 10
 13 baño fundido
 60 14 equipo de desviación

ES 2 593 490 T3

- 15 equipo para ajustar el grosor del recubrimiento metálico aplicado sobre el producto plano de acero S en el baño fundido 13
- 16 equipo de desviación
- 17 combinaciones de quemador/tubo de chorro
- 5 18 quemador
- 19 conducción de gas de combustión
- 20 conducción de suministro de oxígeno
- 21 válvula de regulación
- 22 conducción de ramificación de oxígeno
- 10 23 tubo de chorro
- 24 equipo de succión
- 25,26 equipos de humectación
- 27 conducción de suministro
- A instalación de revestimiento por inmersión en baño fundido
- 15 F dirección de transporte del producto plano de acero S que va a revestirse
- G flujo de gas
- S producto plano de acero que va a revestirse

Tabla 2

	Acero	T1 [°C]	Atm1	T2 [°C]	Atm2	TP1 [°C]	TP2 [°C]	TP3 [°C]	B	T4 [°C]	Atm3	TP4 [°C]	Bad	Galv
V1	S1	610	N ₂ +0, 5 % de O ₂	791	N ₂ +5 % de H ₂	-5	-12	-20	activa	482	N ₂ +5 % de H ₂	-27	Zn+0, 18 % de Al	no
V2	S1	650	N ₂ +0, 5 % de O ₂	797	N ₂ +5 % de H ₂	-5	-12	-22	activa	485	N ₂ +5 % de H ₂	-27	Zn+0, 18 % de Al	no
V3	S2	630	N ₂ +0, 8 % de O ₂	850	N ₂ +5 % de H ₂	-7	-18	-25	activa	483	N ₂ +5 % de H ₂	-29	Zn+0, 18 % de Al	no
V4	S2	*)	N ₂	843	N ₂ +5 % de H ₂	-15	-30	-46	apagada	479	N ₂ +5 % de H ₂	-31	Zn+0, 18 % de Al	no
V5	S3	675	N ₂ +2, 5 % de O ₂	866	N ₂ +5 % de H ₂	-7	-17	-23	activa	480	N ₂ +5 % de H ₂	-27	Zn+0, 22 % de Al	no
V6	S3	560	N ₂ +5, 5 % de O ₂	850	N ₂ +5 % de H ₂	-15	-26	-44	apagada	480	N ₂ +5 % de H ₂	-27	Zn+0, 22 % de Al	no
V7	S4	*)	N ₂	815	N ₂ +10 % de H ₂	-18	-33	-51	apagada	476	N ₂ +10 % de H ₂	-30	Zn+0, 19 % de Al	no
V8	S4	650	N ₂ +2, 0 % de O ₂	815	N ₂ +10 % de H ₂	-10	-15	-22	activa	470	N ₂ +10 % de H ₂	-30	Zn+0, 19 % de Al	no
V9	S5	650	N ₂ +0, 6 % de O ₂	812	N ₂ +5 % de H ₂	-5	-14	-25	activa	481	N ₂ +5 % de H ₂	-29	Zn+0, 18 % de Al	no
V10	S5	700	N ₂ +0, 8 % de O ₂	814	N ₂ +5 % de H ₂	-9	-15	-22	activa	480	N ₂ +5 % de H ₂	-27	Zn+0, 9 % de Al+0, 9 % de Mg	no
V11	S6	695	N ₂ +1, 5 % de O ₂	832	N ₂ +5 % de H ₂	-3	-12	-22	activa	481	N ₂	-28	Zn+0, 12 % de Al	sí
V12	S6	*)	N ₂	835	N ₂ +5 % de H ₂	-15	-29	-44	apagada	475	N ₂	-28	Zn+0, 12 % de Al	sí
V13	S7	685	N ₂ +1, 2 % de O ₂	760	N ₂ +5 % de H ₂	-5	-14	-22	activa	678	N ₂	-50	Al+11, 5 % de de Si	no
V14	S7	670	N ₂ +1, 2 % de O ₂	765	N ₂ +5 % de H ₂	-6	-18	-24	activa	680	N ₂	-50	Al+11, 5 % de de Si	no

*) no se ha llevado a cabo ninguna preoxidación.

Tabla 3

Ensayo	De acuerdo con la invención	Resultado
V1	sí	humectación y adherencia adecuadas
V2	sí	humectación y adherencia adecuadas
V3	sí	humectación y adherencia adecuadas
V4	no	humectación y adherencia alteradas
V5	sí	humectación y adherencia adecuadas
V6	no	humectación alterada
V7	no	humectación y adherencia alteradas
V8	sí	humectación y adherencia adecuadas
V9	sí	humectación y adherencia adecuadas
V10	sí	humectación y adherencia adecuadas
V11	sí	humectación y adherencia adecuadas
V12	no	humectación y adherencia alteradas
V13	sí	humectación y adherencia adecuadas
V14	sí	humectación y adherencia adecuadas

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la producción de un producto plano de acero provisto de una capa metálica de protección mediante revestimiento por inmersión en baño fundido, que comprende las siguientes etapas de trabajo:

- 5 a) proporcionar un producto plano de acero laminado en frío o en caliente, que además de Fe e impurezas inevitables (en % en peso) contiene hasta el 35,0 % de Mn, hasta el 10,0 % de Al, hasta el 10,0 % de Si, hasta el 5,0 % de Cr, hasta el 2,0 % de Ni, en cada caso hasta el 0,5 % de Ti, V, Nb, Mo, en cada caso hasta el 0,1 % de S, P y N, hasta el 1,0 % C así como opcionalmente de 0,0005 - 0,01 % B;
- 10 b) limpiar opcionalmente el producto plano de acero;
- c) calentar el producto plano de acero hasta una temperatura de mantenimiento que asciende a 600 - 1100 °C, en el que el calentamiento

- c.1) tiene lugar en el plazo de un tiempo de calentamiento de 5 - 60 s
- c.2) en un horno precalentador del tipo DFF ("DFF" = "Direct Fired Furnace"),
- 15 c.3) en el que está configurada una sección de preoxidación, en la que el producto plano de acero presenta una temperatura de preoxidación de 550 - 850 °C y en la que el producto plano de acero se expone durante 1 - 15 s a una atmósfera oxidante con un contenido en oxígeno del 0,01 - 3,0 % en volumen, que mediante inyección de una corriente de gas que contiene oxígeno en la llama de al menos un quemador asociado a la sección de preoxidación se introduce en la atmósfera de preoxidación, para formar sobre la superficie del producto plano de acero una capa de FeO de cubierta,
- 20 c.4) mientras que fuera de la sección de preoxidación en el horno precalentador reina una atmósfera neutra o reductora frente a la superficie de acero, que se compone de N₂ y adicionalmente el 5 - 15 % en volumen de CO₂, 0,1 - 2,0 % en volumen de CO y en total como máximo el 10 % en volumen de H₂, O₂ y H₂O;

- d) recocido de recristalización del producto plano de acero manteniendo el producto plano de acero durante una duración de mantenimiento de 30 - 120 s a la temperatura de mantenimiento en un horno de recocido, que se hace pasar a continuación a través del horno precalentador, para provocar una recristalización del producto plano de acero, en el que
- 25

- d.1) en el horno de recocido reina una atmósfera de recocido de acción reductora frente a FeO, que contiene el 0,01 - 85,0 % en volumen de H₂, en total hasta el 5 % en volumen de H₂O, menos del 0,01 % en volumen de O₂ y como resto N₂ y
- 30 d.2) el punto de condensación de la atmósfera de recocido se mantiene entre -40 °C y +25 °C a lo largo de todo el recorrido del producto plano de acero a través del horno de recocido, compensándose mediante suministro de humedad por medio de al menos un equipo de humectación pérdidas o irregularidades de la distribución de la humedad de la atmósfera;

- e) enfriar el producto plano de acero hasta una temperatura de entrada en el baño que asciende a 430 - 800 °C, teniendo lugar el enfriamiento bajo una atmósfera de enfriamiento, que se compone del 100 % de N₂, de N₂ con hasta el 50,0 % en volumen de H₂ o del 100 % de H₂ así como impurezas inevitables;
- 35

- f) mantener opcionalmente el producto plano de acero durante 5 - 60 s a la temperatura de entrada en el baño y bajo la atmósfera de enfriamiento;

- g) introducir el producto plano de acero en un baño fundido, cuya temperatura asciende a 420 - 780 °C, manteniéndose en la zona de transición al baño fundido la atmósfera de enfriamiento y ajustándose el punto de condensación de la atmósfera de enfriamiento a de -80 °C a -25 °C;
- 40

- h) conducir el producto plano de acero a través del baño fundido y ajustar el grosor de la capa metálica de protección presente sobre el producto plano de acero que sale del baño fundido;

- i) tratamiento térmico opcional del producto plano de acero provisto de la capa metálica de protección.

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el tiempo de calentamiento asciende a 5 - 30 s.
- 45

3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la temperatura de preoxidación asciende a 600 - 700 °C.

4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el al menos un quemador asociado a la sección de preoxidación se hace funcionar con exceso de O₂ (factor de aire λ>1).

- 50 5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la corriente de gas que contiene oxígeno en la llama del quemador asociado a la sección de preoxidación se introduce por medio de una boquilla de chorro, que dirige un chorro de gas dirigido concentrado a la llama.

6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** a la sección de preoxidación están asociados al menos dos quemadores.

- 55 7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** como quemador se emplea un refuerzo DFI, en el que al lado superior y al lado inferior del producto plano de acero está asociada en

cada caso al menos una rampa de quemador.

8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la temperatura de mantenimiento asciende a 750 - 850 °C.
- 5 9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el horno de recocido es del tipo RTF ("RTF" = "Radiant Tube Furnace").
10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la atmósfera de recocido durante el mantenimiento contiene el 3,0 - 10,0 % en volumen de H₂, en total hasta el 5 % en volumen de H₂O, menos del 0,01 % en volumen de O₂ y como resto N₂.
- 10 11. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el punto de condensación de la atmósfera de recocido a lo largo de todo el recorrido del producto plano de acero a través del horno de recocido se mantiene entre -30 °C y 0 °C.
12. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el al menos un equipo de humectación está dispuesto adyacente a la salida del horno de recocido y el horno de recocido se atraviesa por una corriente de gas, que está dirigida en la dirección de la entrada del horno de recocido.
- 15 13. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** como medio de soporte para la alimentación de la humedad a través del equipo de humectación se usa vapor de agua o gas N₂ humidificado con contenidos opcionales en H₂.
- 20 14. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** en la zona de la transición del horno precalentador al horno de recocido se introduce un flujo de gas que contiene O₂, para poder hacer reaccionar H₂ que penetra desde el horno de recocido en esta zona para dar H₂O.
15. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la atmósfera de enfriamiento contiene como máximo el 10,0 % en volumen de H₂.

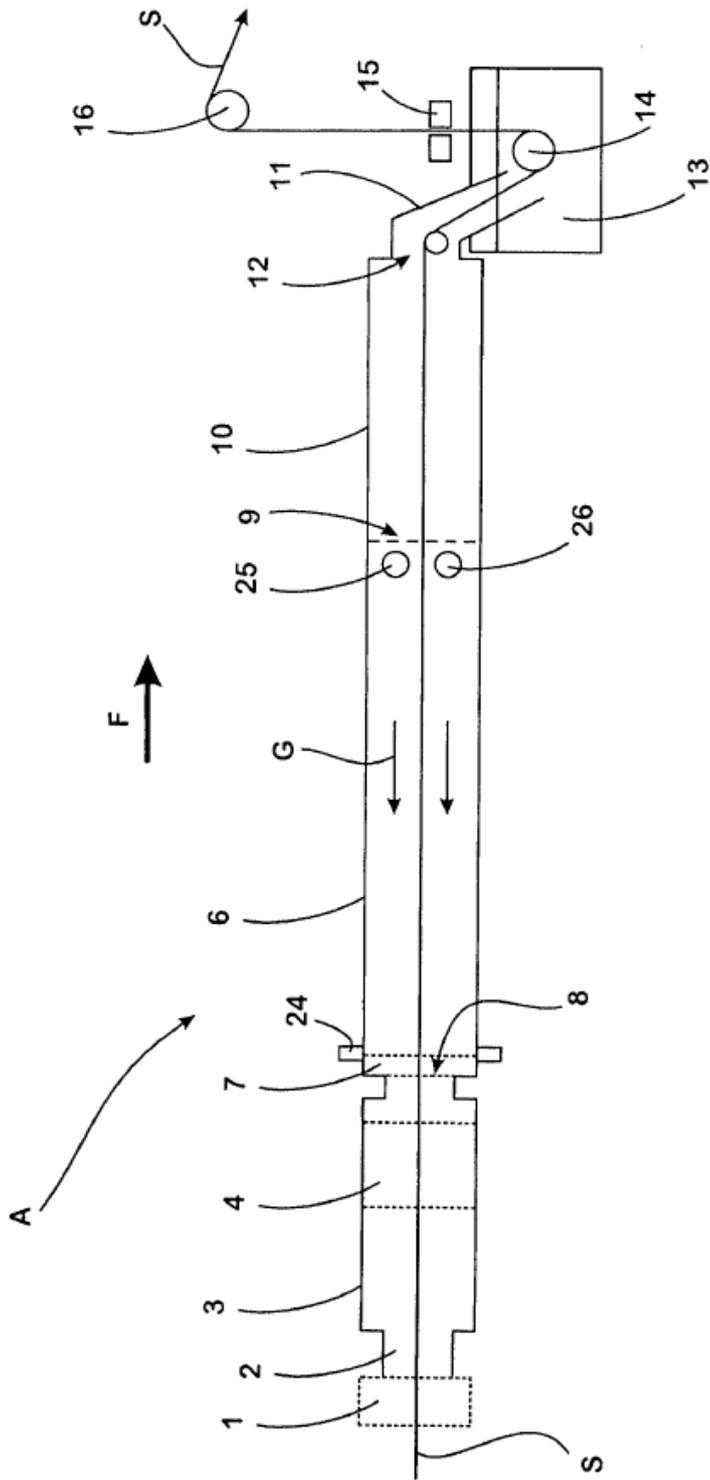


Fig. 1

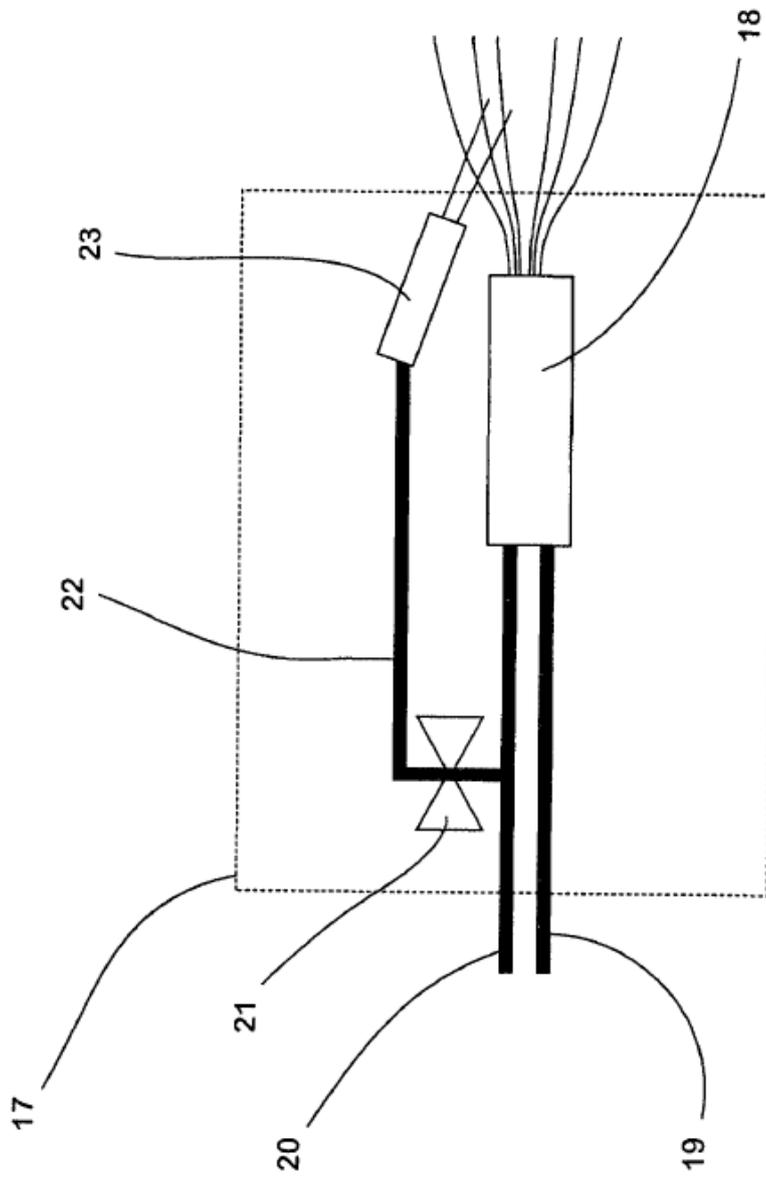


Fig. 2

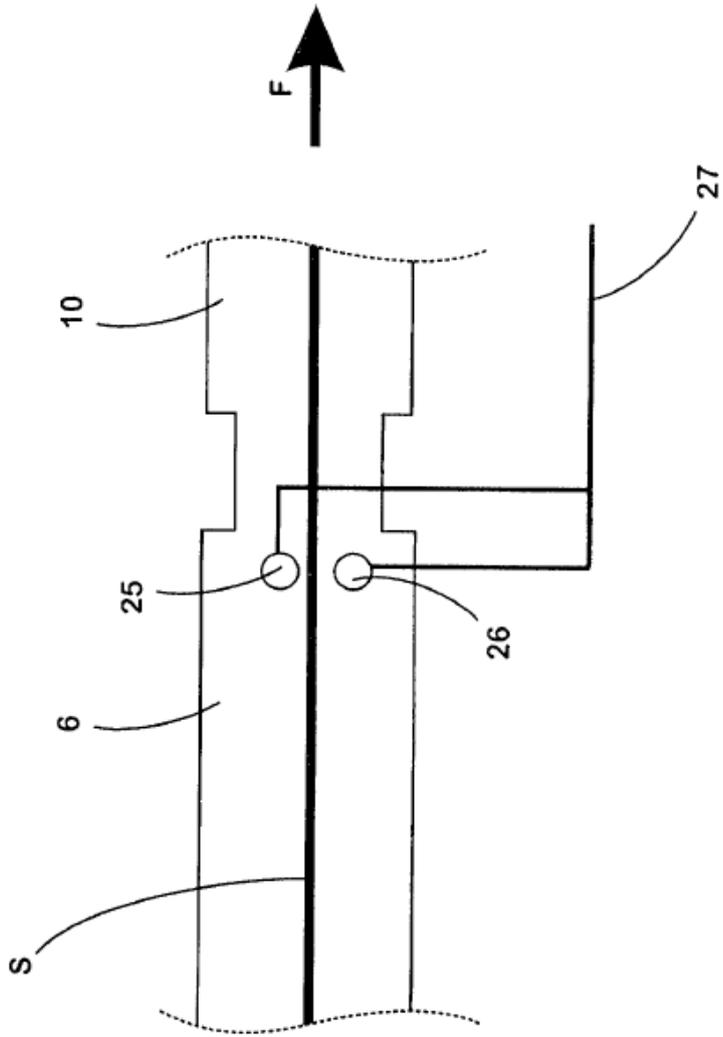


Fig. 3

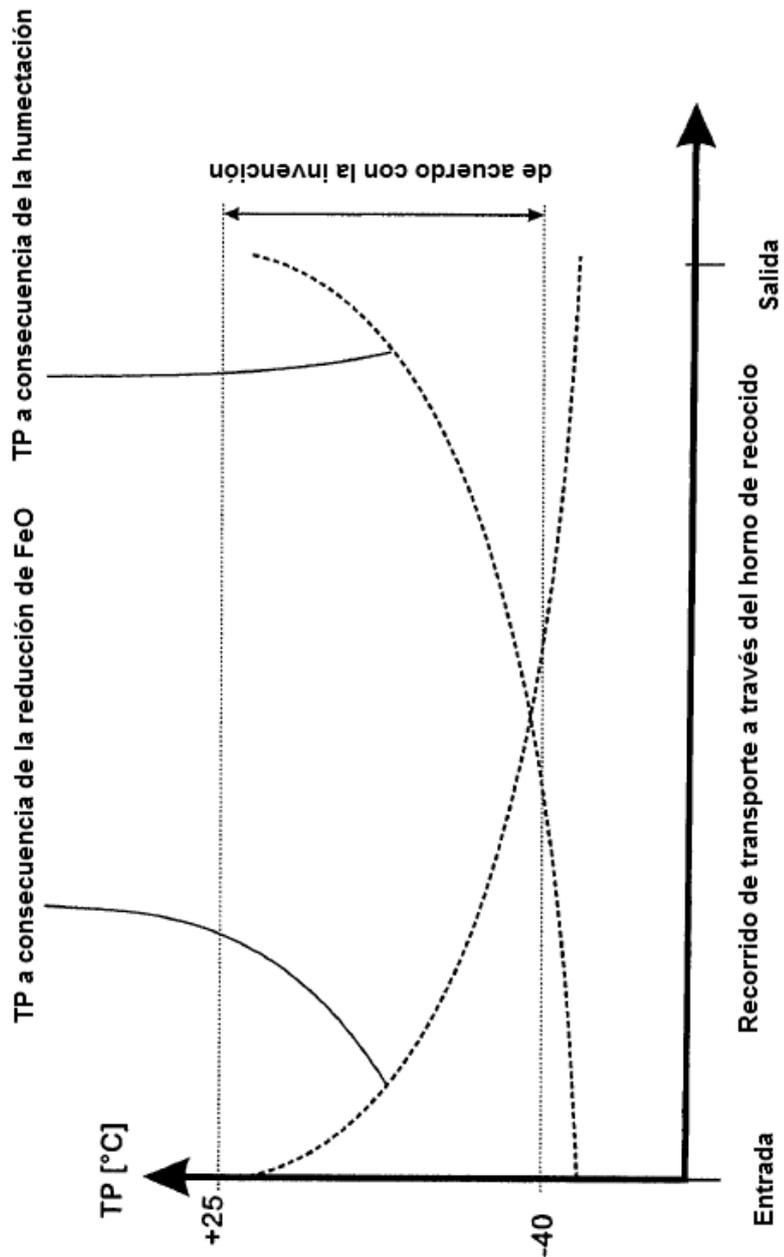


Fig. 4