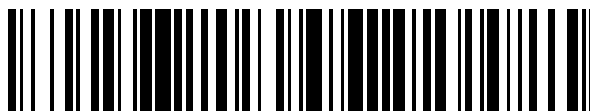


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 573 835**

51 Int. Cl.:

C21D 9/60 (2006.01)

C23C 2/28 (2006.01)

H05B 6/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.01.2013 E 13701956 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.04.2016 EP 2807280**

54 Título: **Procedimiento para perfeccionar un recubrimiento metálico sobre un fleje de acero**

30 Prioridad:

23.01.2012 DE 102012100509

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

10.06.2016

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP RASSELSTEIN GMBH (100.0%)
Koblenzer Strasse 141
56626 Andernach, DE**

72 Inventor/es:

**MATUSCH, DIRK;
SAUER, REINER;
OBERHOFFER, HELMUT;
THOMAS, RAINER y
OPPER, MARKUS**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 573 835 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 perfeccionar un recubrimiento metálico sobre un fleje de acero

5 La invención se refiere a un procedimiento para perfeccionar un recubrimiento metálico sobre un fleje de acero o una chapa de acero según el preámbulo de la reivindicación 1 así como a un dispositivo para aplicar un recubrimiento metálico sobre un fleje de acero, en particular una instalación de estañado de cinta, según el preámbulo de la reivindicación 10.

10 En la fabricación de flejes de acero recubiertos por galvanizado, por ejemplo en la fabricación de hojalata, se sabe cómo aumentar la resistencia a la corrosión del recubrimiento mediante una fusión del recubrimiento tras la operación de recubrimiento por galvanizado. Para ello se calienta el recubrimiento realizado por deposición galvánica sobre el fleje de acero hasta una temperatura que está por encima del punto de fusión del material de recubrimiento y a continuación se temple en un baño de agua. Mediante la fusión del recubrimiento, la superficie del
15 recubrimiento obtiene un aspecto brillante y se reduce la porosidad del recubrimiento, por lo que aumenta su resistencia a la corrosión y se reduce su permeabilidad a sustancias agresivas, por ejemplo ácidos orgánicos.

La fusión del recubrimiento puede producirse, por ejemplo, mediante calentamiento inductivo de fleje de acero recubierto. Del documento DE 1 186 158-A así como del documento GB 922 714 o US 2 502 770 se conoce, por
20 ejemplo, una disposición para calentar por inducción flejes metálicos para la fusión de recubrimientos aplicados en particular electrolíticamente, tales como, por ejemplo, capas de estaño sobre flejes de acero. Esta disposición presenta varios rodillos sobre los que se conduce el fleje recubierto, así como varias bobinas de inducción dispuestas por grupos una detrás de otra y que rodean el fleje que se mueve, con las que el fleje recubierto se calienta por inducción hasta temperaturas por encima de la temperatura de fusión del material de recubrimiento para
25 fundir el recubrimiento. Para conseguir que se alcance la temperatura de fusión de manera uniforme sobre la totalidad del ancho del fleje, están dispuestos en los cantos de fleje del fleje recubierto inductores adicionales con conductores de calor de efecto lenticular. Con esta medida debe evitarse que la temperatura del fleje recubierto con las bobinas de inducción tenga que calentarse hasta temperaturas muy por encima de la temperatura de fusión del material de recubrimiento para fundir el recubrimiento de manera uniforme a lo largo de la totalidad del ancho del
30 fleje. De esta manera debe evitarse a su vez la formación de una capa intermedia de aleación, que se compone de átomos de hierro y átomos del material de recubrimiento, por ejemplo estaño.

En el procedimiento conocido para fundir recubrimientos metálicos sobre flejes o chapas de acero, por regla general se calienta la totalidad del fleje o de la chapa de acero, incluido el recubrimiento aplicado, hasta temperaturas por
35 encima de la temperatura de fusión del material de recubrimiento y a continuación, por ejemplo en un baño de agua, se refrigera de nuevo hasta temperatura normal. Para ello es necesario un consumo de energía considerable.

Por consiguiente, la invención se basa en el objetivo de mostrar un procedimiento así como un dispositivo para perfeccionar un recubrimiento metálico sobre un fleje o una chapa de acero que, en comparación con los
40 procedimientos y dispositivos conocidos, posibiliten un tratamiento esencialmente de mayor eficiencia energética del fleje de acero recubierto. Además, el procedimiento y el dispositivo deben alcanzar una estabilidad frente a la corrosión elevada del recubrimiento tratado según la invención también en capas de recubrimiento delgadas.

Estos objetivos se consiguen con un procedimiento con las características de la reivindicación 1 así como con un
45 dispositivo con las características de la reivindicación 10. En las reivindicaciones dependientes se indican ejemplos de realización preferentes del procedimiento y del dispositivo según la invención.

En el procedimiento según la invención, el recubrimiento metálico se funde de manera conveniente en todo su
50 grosor mediante calentamiento hasta una temperatura por encima de la temperatura de fusión del material de recubrimiento, en el que se produce el calentamiento mediante inducción electromagnética por medio de un horno de inducción con al menos una bobina de inducción o un inductor. A la temperatura máxima del recubrimiento alcanzada, a este respecto, se hace referencia en lo sucesivo como temperatura máxima. Tras el calentamiento inductivo, la temperatura del recubrimiento se mantiene por un tiempo de mantenimiento hasta una temperatura por encima de la temperatura de fusión del material de recubrimiento, antes de que se temple el fleje de acero recubierto
55 en una unidad de refrigeración hasta una temperatura de temple que está por debajo de la temperatura de fusión. Como tiempo de mantenimiento se considera, a este respecto, el intervalo de tiempo en el que la temperatura del recubrimiento está por encima de la temperatura de fusión del material de recubrimiento. El tiempo de mantenimiento se adapta, a este respecto, mediante el desplazamiento de al menos una de las bobinas de inducción con respecto a la unidad de refrigeración a los parámetros de proceso restantes, en particular la temperatura máxima, la velocidad de cinta y el grosor del recubrimiento, para fundir completamente el recubrimiento en todo su grosor hasta la capa límite con el fleje de acero. De esta manera, los parámetros de proceso pueden encajar entre sí de manera que el recubrimiento se funde (en esencia con precisión) en todo su grosor hasta la capa límite con el
60 fleje de acero, sin que el fleje de acero que está por debajo se caliente de manera considerable. El desplazamiento previsto según la invención de al menos una de las bobinas de inducción con respecto a la unidad de refrigeración posibilita, a este respecto, el ajuste del tiempo de mantenimiento a la velocidad de cinta (fijada mediante el proceso de producción en el procedimiento de recubrimiento por galvanizado) así como al grosor del recubrimiento aplicado
65

en el procedimiento de recubrimiento. El último se detecta de manera conveniente en el extremo del equipo de recubrimiento por medio de sensores de grosor adecuados. Los tiempos de mantenimiento que tienen que respetarse preferentemente están, a velocidades de cinta típicas de instalaciones de estañado de cinta (que se mueven entre 300 m/min y 700 m/min), en el intervalo de 150 ms a 800 ms. Para no empeorar la conformabilidad del fleje, preferentemente se ajusta el tiempo de mantenimiento reducido (no obstante, sin ajustar, a este respecto, la temperatura máxima a valores por encima de 360 °C).

El aporte de energía generado mediante la inducción electromagnética se produce en el procedimiento según la invención preferentemente de manera esencial al recubrimiento que debe fundirse y a los estratos más elevados del fleje de acero que está por debajo. A este respecto, la profundidad de penetración de la corriente de inducción puede controlarse a través de la frecuencia de funcionamiento de la bobina de inducción o del inductor. El intervalo de las frecuencias aplicables en caso de rendimientos de inducción necesarios están, a este respecto, en el intervalo de la alta frecuencia (50 kHz a 1 MHz, donde se prefieren frecuencias alrededor de 150 kHz hasta alcanzar las profundidades de penetración en el intervalo de 10 a 100 μm).

Se ha demostrado que los flejes de acero recubiertos presentan valores especialmente buenos para su resistencia a la corrosión cuando el recubrimiento metálico se calienta por inducción hasta una temperatura máxima de más de 310 °C, para fundir el recubrimiento a lo largo del tiempo de mantenimiento. El intervalo de 310 °C a 360 °C se ha revelado como especialmente ventajoso y el intervalo de 320 °C a 350 °C para la temperatura máxima, como especialmente preferente. En un calentamiento hasta temperaturas por encima de 360 °C empeora la conformabilidad de los flejes o chapas tratados según la invención debido a una reducción del límite de elasticidad.

Mediante ensayos comparativos pudo demostrarse, sorprendentemente, que al mantener una temperatura máxima de más de 310 °C en esencia independientemente del tiempo de mantenimiento elegido en la capa límite entre el recubrimiento y el fleje de acero o la chapa de acero se forma una capa de aleación delgada (comparada con el grosor del recubrimiento), que consiste en átomos de hierro y átomos del material de recubrimiento cuando el recubrimiento se funde completamente en todo su grosor hasta la capa límite con el fleje de acero. En flejes de acero (hojalata) estañados se forma por tanto en la capa límite del recubrimiento de estaño con el acero una capa de aleación de hierro y estaño (FeSn_2) muy delgada.

Mediante la medición del valor de ATC (valor "*Alloy Tin Couple*", par de aleación de estaño), que como ensayo electroquímico es una medida de la porosidad de la capa de aleación, se comprobó que la capa de aleación formada mediante la fusión inductiva en comparación con las capas de aleación que surgen en conducción del procedimiento convencional (es decir, fusión del recubrimiento en un horno de recocido por ejemplo mediante calentamiento eléctrico por resistencia a temperaturas justo por encima de la temperatura de fusión del estaño de 232 °C), presentan una porosidad reducida y una densidad considerablemente mayor. Por tanto, se supone que esta capa de aleación delgada y con pocos poros influye de manera especialmente positiva en la estabilidad frente a la corrosión. Por tanto, el procedimiento según la reivindicación 2 se considera como invención distinta, independientemente de las características de la parte caracterizadora de la reivindicación 1.

El parámetro de procedimiento para la fusión inductiva del recubrimiento, en particular la temperatura máxima y el tiempo de mantenimiento, se eligen de manera conveniente y se adaptan a la velocidad de cinta y al grosor del recubrimiento de modo que solo una parte del recubrimiento se alea con los átomos de hierro del fleje de acero o de la chapa de acero y, por tanto, tras la fusión está presente un recubrimiento aún no aleado y una capa de aleación delgada que está por debajo del mismo. El grosor de la capa de aleación se corresponde a este respecto, según los parámetros de proceso elegidos, con aproximadamente un peso por unidad de superficie o una capa de solo 1,3 g/m² o menos. Con respecto a la estabilidad frente a la corrosión y la conformabilidad, se han revelado como especialmente adecuadas capas de aleación que son más delgadas de 1,0 g/m² y como especialmente preferidas se han revelado capas de aleación con un grosor en el intervalo de 0,05 a 0,6 g/m². En capas de aleación más gruesas correspondientes a una capa de más de 1,3 g/m² empeora la conformabilidad de la chapa de acero recubierta, por ejemplo para la fabricación de latas de bebidas o de conservas.

Con el procedimiento según la invención puede garantizarse que, por ejemplo, al estañar chapa de acero también en el caso de capas de estaño completas de 1,0 g/m² o menos se consigue una capa de aleación delgada y a la vez esencialmente sin poros y, con ello, muy gruesa con una superficie de recubrimiento ópticamente atractiva (es decir, brillante). La capa de aleación muy delgada y a la vez densa en comparación con el grosor del recubrimiento conduce a una mayor resistencia a la corrosión del acero recubierto y a una adherencia mejorada del recubrimiento sobre el fleje o la chapa de acero. Según la invención, esto se posibilita ya que los parámetros de proceso en la fusión del recubrimiento puedan adaptarse entre sí para realizar un ajuste selectivo del grosor de la capa de aleación formada durante la fusión del recubrimiento. En particular, en el procedimiento según la invención, según la reivindicación 1 el grosor de la capa de aleación formada se desacopla de la distancia ajustada de manera fija en el anterior procedimiento entre el equipo de fusión y la unidad de refrigeración. Al contrario, en el procedimiento según la invención, la distancia de la bobina de inducción con respecto a la unidad de refrigeración puede ajustarse continuamente de manera conveniente para ajustar el tiempo de mantenimiento a un valor deseado. A través de una adaptación del tiempo de mantenimiento a los parámetros de proceso restantes, tales como, por ejemplo, la temperatura máxima y el grosor del recubrimiento realizado por deposición sobre el fleje de acero, pueden

controlarse de manera precisa finalmente el grosor de la capa de aleación y, con ello, finalmente las propiedades de material del fleje de acero recubierto, tales como su resistencia a la corrosión y conformabilidad. A este respecto, los mejores resultados pudieron alcanzarse al haberse ajustado la temperatura máxima a valores entre 310 °C y 360 °C y el tiempo de mantenimiento, entre 0,1 s y 1,0 s y preferentemente entre 0,2 s y 0,3 s.

5 El objetivo en el que se basa la invención se soluciona además con un dispositivo para aplicar un recubrimiento metálico sobre un fleje de acero. En el dispositivo se mueve un fleje de acero sin fin con una velocidad de cinta en un sentido de recorrido de cinta y en un equipo de recubrimiento se dota electrolíticamente de un recubrimiento metálico. En el dispositivo puede tratarse, en particular, de una instalación de estañado de cinta con un equipo de recubrimiento electrolítico, en el que el fleje de acero se mueve con la velocidad de cinta por un electrolito que contiene estaño para depositar una capa de estaño sobre el fleje de acero. En sentido de recorrido de cinta, aguas abajo del equipo de recubrimiento está dispuesto un equipo de fusión, en el que el recubrimiento se funde mediante calentamiento inductivo hasta una temperatura máxima por encima de la temperatura de fusión del material del recubrimiento. En sentido de recorrido de cinta, aguas abajo del equipo de fusión está dispuesta una unidad de refrigeración, en la que el fleje de acero recubierto se refrigera hasta una temperatura de temple que está por debajo de la temperatura de fusión. Según la invención, el equipo de fusión puede desplazarse con respecto a la unidad de refrigeración para poder ajustar a un valor deseado la distancia entre el equipo de fusión y la unidad de refrigeración en sentido de recorrido de cinta.

20 El equipo de fusión comprende para ello al menos una bobina de inducción dispuesta de manera que puede moverse en sentido de recorrido de cinta. Además de esta bobina de inducción que puede moverse, el equipo de fusión también puede contener más bobinas de inducción que están dispuestas en sentido de recorrido de cinta una detrás de otra. A este respecto, estas bobinas de inducción adicionales pueden fijarse *in situ* con respecto a la unidad de refrigeración o también pueden desplazarse. No obstante, en una disposición de varias bobinas de inducción dispuestas una detrás de otra, de manera conveniente al menos la última bobina de inducción, que es la más próxima a la unidad de refrigeración, o la totalidad de la disposición de bobinas, debe configurarse de manera que desplazable.

30 Con la o las bobinas de inducción, puede calentarse por inducción el fleje de acero recubierto a velocidades de calentamiento ajustables hasta la temperatura máxima. Se ha comprobado que para ello son convenientes velocidades de calentamiento entre 600 K/s y 1300 K/s y preferentemente entre 900 K/s y 1100 K/s.

35 En el caso de la unidad de refrigeración puede tratarse de un depósito de temple relleno de un líquido refrigerante, por ejemplo agua. No obstante, también puede utilizarse otra unidad de refrigeración, por ejemplo una refrigeración de gas o refrigeración por ventiladores, en particular una refrigeración por aire.

A continuación, la invención se explica en mayor detalle mediante un ejemplo de realización con referencia a los dibujos adjuntos. Los dibujos muestran:

40 **Figura 1:** representación esquemática de un dispositivo para aplicar un recubrimiento metálico sobre un fleje de acero;

Figura 2: representación esquemática del equipo de fusión y de la unidad de refrigeración del dispositivo de la Figura 1;

45 **Figura 3:** representación en perspectiva del equipo de fusión que puede moverse del dispositivo de la Figura 1;

50 En el caso del dispositivo representado esquemáticamente en la Figura 1 se trata, por ejemplo, de una instalación de estañado de cinta con un equipo de recubrimiento, en el que sobre una chapa fina o negra se deposita un recubrimiento de estaño, al conducirse el fleje de acero con una velocidad de cinta v_B por un electrolito que contiene estaño. No obstante, el ámbito de aplicación de la invención no se limita a este ejemplo de realización. La invención de manera correspondiente también puede utilizarse, por ejemplo, en procedimientos para recubrir electrolíticamente flejes de acero con otros metales, tales como, por ejemplo, cinc, para fabricar la denominada chapa negra cincada de manera especial. La aplicación del procedimiento según la invención tampoco está limitado al recubrimiento de flejes de acero en instalaciones de estañado de cinta, sino que puede utilizarse de manera correspondiente, por ejemplo, también en el recubrimiento por inmersión de chapas de acero en forma de paneles, en la que el recubrimiento de metal no se aplica electrolíticamente sobre el fleje de acero.

60 La instalación de estañado de cinta representada esquemáticamente en la **Figura 1** para estañar electrolíticamente chapa de acero comprende un grupo de desenrollado 10, en el que un fleje de acero laminado en frío hasta dar una chapa fina o negra se retira de un rollo (bobina) y se suelda en un equipo soldador 11 hasta dar un fleje de acero sin fin. El fleje sin fin se conduce a una torre de bucle 12 para formar un depósito de fleje. El depósito de fleje alojado en la torre de bucle 12, también durante los tiempos de parada necesarios al soldarse o más tarde al separarse el fleje de acero recubierto y enrollarse sobre bobinas ya enrolladas, posibilita un paso continuo del fleje por la instalación de estañado de cinta con una velocidad de cinta predeterminada. A la torre de bucle 12 le sigue un equipo de tratamiento previo 13 y un equipo de recubrimiento 4. En el equipo de tratamiento previo 13 tienen lugar una

limpieza y desengrase, explicados en mayor detalle a continuación, de la superficie de fleje de acero y en el equipo de recubrimiento 4 se conduce el fleje que se mueve con la velocidad de cinta (v_B) por la instalación de estañado de cinta por un electrolito que contiene estaño para depositar una capa de estaño sobre el fleje de acero. Al equipo de recubrimiento 4 le sigue en sentido de recorrido de cinta un equipo de fusión 5, en el que el recubrimiento realizado por deposición sobre el fleje de acero se calienta hasta temperaturas por encima de la temperatura de fusión del material de recubrimiento (en el caso del estaño es de 232 °C), para fundir el recubrimiento realizado por deposición. Al equipo de fusión 5 le sigue una unidad de refrigeración 3 y un equipo de tratamiento posterior 14 así como una segunda torre de bucle 15. Finalmente se enrolla el fleje de acero recubierto en un grupo de enrollado 16 sobre rollos (bobinas).

El fleje de acero aún sin recubrir que procede de la primera torre de bucle 12 se somete en primer lugar a un tratamiento previo en el equipo de tratamiento previo 13, antes de dotarle de una capa de estaño en el equipo de recubrimiento 4. En el equipo de tratamiento previo 13 se desengrasa en primer lugar el fleje de acero sin recubrir y después se decapa. Para ello se conduce el fleje de acero aún sin recubrir con la velocidad de cinta (v_B) por un baño de desengrasado alcalino, por ejemplo una solución de carbonato sódico o hidróxido sódico. El baño de desengrasado debe liberarse en distancias regulares de contaminación que se genera por entrada de grasa y abrasión de hierro. Se ha demostrado que para llevar a cabo posteriormente el procedimiento de perfeccionamiento según la invención está presente una pureza suficiente del baño de desengrasado cuando la turbidez del baño (extinción de baño) del baño de desengrasado en una medición óptica con luz con una longitud de onda de 535 nm presenta un valor de extinción de < 1 (según la Ley de Lambert-Beer, correspondiente a un debilitamiento de luz inferior al factor 10).

Tras el desengrasado tiene lugar un primer lavado con un líquido de lavado y a continuación se decapa el fleje de acero en solución ácida, por ejemplo en una solución de ácido sulfúrico, y se lava otra vez. Para el desarrollo posterior del procedimiento de perfeccionamiento según la invención es conveniente que el fleje de acero se lave tras el desengrasado y el decapado con un líquido de lavado que presenta, preferentemente, una conductividad de $< 20 \mu\text{S/cm}$.

En el equipo de recubrimiento 4 que sigue al equipo de tratamiento previo 13 se conduce el fleje de acero desengrasado y decapado por un baño de electrolito que contiene estaño y ahí se conecta como cátodo y se lleva entre dos filas de ánodos de estaño. De esta manera se disuelve el estaño de los ánodos y se deposita sobre el fleje de acero como recubrimiento de estaño. A este respecto, puede aplicarse el estaño en cualquier grosor y, en caso necesario, a ambos lados del fleje de acero. El grosor de la capa de estaño aplicada normalmente está entre $1,0 \text{ g/m}^2$ y $5,6 \text{ g/m}^2$. No obstante, también es posible el recubrimiento del fleje de acero con capas de estaño más delgadas o más gruesas.

Para aumentar la resistencia a la corrosión del fleje de acero recubierto, tras la operación de recubrimiento en el equipo de recubrimiento 4 este se somete a un procedimiento de perfeccionamiento según la invención. El procedimiento de perfeccionamiento se lleva a cabo en el equipo de fusión 5 y en la unidad de refrigeración 3 conectada aguas abajo de este en sentido de recorrido de cinta. A continuación se describen en detalle las particularidades del procedimiento de perfeccionamiento según la invención y los equipos utilizados para ello con referencia a las Figuras 2 y 3.

En la Figura 2 está mostrado, esquemáticamente, el equipo de fusión 5 y la unidad de refrigeración 3 dispuesta aguas abajo en sentido de recorrido de cinta. El fleje de acero movido con la velocidad de cinta se conduce a través de poleas de desviación 19 y hacia el interior del equipo de fusión 5 y, desde este, a la unidad de refrigeración 3. Entre el equipo de fusión 5 y la unidad de refrigeración 3 discurre el fleje de acero movido esencialmente en dirección vertical de arriba hacia abajo, tal como se muestra en la Figura 2. En el caso del equipo de fusión 5 se trata de un horno de inducción con al menos una bobina de inducción 2. El horno de inducción puede comprender también varias bobinas de inducción o inductores dispuestos uno detrás de otro en sentido de recorrido de cinta. A continuación se considera que el horno de inducción únicamente contiene una bobina de inducción 2. La bobina de inducción 2 se expone a corriente alterna eléctrica, preferentemente en el intervalo de alta frecuencia (50 kHz a 30 MHz) y el fleje de acero 1 recubierto se mueve con la velocidad de cinta (v_B) por la bobina de inducción 2. De esta manera se inducen corrientes de Foucault en el fleje de acero recubierto, que calientan el fleje de acero recubierto. Para fundir el recubrimiento aplicado sobre el fleje de acero, se calienta el fleje de acero recubierto en el horno de inducción hasta temperaturas por encima de la temperatura de fusión del material de recubrimiento (T_s , este es de 232 °C en el caso del estaño). La temperatura máxima que se alcanza a este respecto se denomina temperatura máxima (*peak metal temperature*, PMT). Se ha demostrado que para llevar a cabo el procedimiento de perfeccionamiento según la invención se prefieren temperaturas máximas que sean mayores que 310 °C y estén preferentemente en el intervalo entre 320 °C y 350 °C. La temperatura máxima puede controlarse mediante la potencia de la bobina de inducción 2. La profundidad de penetración de la corriente de inducción generada mediante inducción electromagnética en la superficie del fleje de acero recubierto puede controlarse mediante la frecuencia de la corriente alterna electromagnética, a la que se expone la bobina de inducción 2. Las potencias de la bobina de inducción 2 necesarias para llevar a cabo el procedimiento de perfeccionamiento según la invención están en el intervalo de 1500 a 2500 kW.

Con el horno de inducción, el fleje de acero recubierto puede calentarse con velocidades de calentamiento entre 600 K/s y 1300 K/s hasta temperaturas por encima de la temperatura de fusión T_s del material de recubrimiento. De manera conveniente, las velocidades de calentamiento del horno de inducción se ajustan a entre 900 K/s y 1100 K/s. El equipo de fusión 5 (horno de inducción) o la bobina de inducción 2 se extiende en sentido de recorrido de cinta entre la entrada de bobinas 2a y la salida de bobinas 2b a lo largo de una longitud L que, de manera conveniente, está en el intervalo de 2 a 3 m. Esta longitud L representa la zona de calor efectiva en la que el fleje de acero recubierto se calienta en el equipo de fusión 5.

Al equipo de fusión 5 le sigue en sentido de recorrido de cinta y con distancia con respecto al equipo de fusión 5 una unidad de refrigeración 3. En el ejemplo de realización representado aquí gráficamente, la unidad de refrigeración 3 comprende un depósito de temple 6 relleno de un líquido refrigerante. En el depósito de temple 6 está dispuesta una polea de desviación 19 adicional, a través de la que el fleje de acero templado se conduce hacia fuera de la unidad de refrigeración 3. El nivel de líquido del líquido refrigerante está indicado en la Figura 2 con la referencia 7. En el trayecto entre la salida de bobinas 2b y el nivel de líquido 7 se refrigera ligeramente el recubrimiento fundido entre el equipo de fusión 5 y la unidad de refrigeración 3 mediante conducción y convección de calor. No obstante, como se ha calentado el recubrimiento en el equipo de fusión 5 hasta temperaturas muy por encima de la temperatura de fusión T_s , el recubrimiento fundido permanece en su camino entre el equipo de fusión 5 y la unidad de refrigeración 3 aún en un estado fundido. La duración del recorrido de un punto predeterminado sobre el fleje entre la salida de bobinas 2b y el nivel de líquido 7 del líquido refrigerante está determinado por la distancia D entre la salida de bobinas 2b y el nivel de líquido 7 así como la velocidad de cinta (v_B) y se calcula con $t_H = D/v_B$. Este intervalo de tiempo t_H se denomina en lo sucesivo tiempo de mantenimiento.

Cuando el fleje se sumerge en el líquido refrigerante, se produce un temple rápido del fleje calentado en el equipo de fusión 5 hasta la temperatura del líquido refrigerante, que por regla general está en el intervalo de la temperatura ambiente. Mediante la fusión y temple rápido del recubrimiento se genera una superficie brillante del fleje recubierto. Además, se aumenta la adherencia del recubrimiento aplicado sobre el fleje de acero mediante la fusión y el temple rápido.

Según la invención ahora está previsto que la totalidad del equipo de fusión 5 o al menos una bobina de inducción 2 dispuesta en el mismo con respecto a la unidad de refrigeración 3 pueda desplazarse para poder ajustar la distancia D entre la salida de bobinas 2b y la entrada de la unidad de refrigeración 3, en particular el nivel de líquido 7, a un valor deseado y adecuado para llevar a cabo el procedimiento según la invención. Para ello está dispuesta la totalidad del equipo de fusión 5 o al menos su bobina de inducción 2 de manera que puede moverse en un marco bastidor 8, tal como se muestra en la Figura 3. De manera conveniente, la totalidad del equipo de fusión 5 está dispuesta en el marco bastidor 8 de manera que puede desplazarse continuamente en sentido de recorrido de cinta. Al utilizar un equipo de fusión 5 con una fila de bobinas de inducción (que consiste en una pluralidad de bobinas de inducción dispuestas en sentido de recorrido de cinta de manera conveniente una detrás de otra) debe formarse de manera desplazable en sentido de recorrido de cinta preferentemente al menos la última bobina de inducción vista en sentido de recorrido de cinta (es decir, la bobina de inducción adyacente a la unidad de refrigeración 3) para poder ajustar su distancia con respecto a la unidad de refrigeración 3 adyacente a un valor adecuado. La distancia adecuada entre el equipo de fusión 5 o la (última) bobina de inducción de una fila de bobinas de inducción se determina, a este respecto, de manera que el recubrimiento se funde justamente en todo su grosor hasta la capa límite con el fleje de acero, sin proporcionar, a este respecto, (mediante la inducción electromagnética) exceso de energía al recubrimiento.

En la Figura 3 está representado el marco bastidor 8 con el equipo de fusión 5 (horno de inducción) dispuesto en el mismo. El equipo de fusión 5 comprende, a este respecto, una carcasa 9, en la que está dispuesta la bobina de inducción 2. La carcasa 9 está dispuesta de manera que puede desplazarse en el marco bastidor 8 por carriles de deslizamiento de manera que puede moverse entre una posición final superior 2c y una posición final inferior 2d. El desplazamiento del marco 9 se produce de manera conveniente a través de un accionamiento a motor.

Con esta disposición ahora es posible adaptar el tiempo de mantenimiento tras la fusión del recubrimiento hasta el temple del recubrimiento fundido en la unidad de refrigeración 3 a los parámetros de proceso restantes, tales como, por ejemplo, la temperatura máxima, la velocidad de cinta y el grosor del recubrimiento aplicado en el equipo de recubrimiento 4. De esta manera es posible ajustar los parámetros de proceso mencionados y el tiempo de mantenimiento de manera que el recubrimiento se funda en condiciones definidas. En particular se posibilita que el recubrimiento se funda (justamente) en todo su grosor hasta la capa límite con el fleje de acero. Se ha demostrado que una fusión del recubrimiento hasta la capa límite con el fleje de acero es muy ventajosa porque se forma, a este respecto, en la capa límite entre el recubrimiento y el fleje de acero una capa de aleación delgada y a la vez muy densa en comparación con el grosor del recubrimiento. Esta capa de aleación consiste en átomos de hierro del fleje de acero y en los átomos del material de recubrimiento (es decir, por ejemplo en el caso de un recubrimiento de estaño a partir de átomos de estaño y hierro, en la estequiometría $FeSn_2$). La formación de esta capa intermedia de aleación tiene considerables repercusiones en las propiedades del fleje de acero recubierto. En particular, la formación de la capa de aleación aumenta la resistencia a la corrosión del fleje de acero recubierto y mejora la adherencia del recubrimiento al fleje de acero.

5 Mediante ensayos comparativos pudo comprobarse que con el procedimiento de perfeccionamiento según la invención, en particular cuando la temperatura máxima es mayor que 310 °C, se forma una capa de aleación especialmente estable y densa. Mediante la medición del valor de ATC pudo comprobarse que esta capa de aleación, en comparación con las capas intermedias que se forman en caso de conducción convencional del procedimiento, tiene especialmente pocos poros y con ello es densa. Esta capa de aleación densa con porosidad reducida conduce a una estabilidad frente a la corrosión mejorada del fleje de acero recubierto.

10 A efectos de comparación se han comparado hojalatas fabricadas según procedimientos convencionales con hojalatas que se han perfeccionado con el procedimiento según la invención. Para ello se trataron según la invención hojalatas recubiertas con una capa de estaño de 2,0 a 8,6 g/m², donde en un ejemplo de realización en caso de una fusión inductiva del recubrimiento se ajustó una velocidad de calentamiento de 963 °C/s y una temperatura máxima (PMT) de 330 °C. La distancia del equipo de fusión que puede moverse con respecto a la unidad de refrigeración se ajustó a D = 3,9 m y el fleje se movió con una velocidad de cinta de 700 m/min por la instalación de estañado de cinta. A este respecto, se generó una capa de aleación con un grosor de capa que se
15 corresponde con una capa de 0,8 g/m². La hojalata fabricada de esta manera se comprobó con el procedimiento de ATC normalizado con respecto a su resistencia a la corrosión y se comparó con la hojalata fabricada de manera convencional. La hojalata fabricada de manera convencional presenta valores típicos de 0,12 (μA/cm² o más para el valor de ATC (valor "Alloy Tin Couple"). En cambio, las hojalatas tratadas según la invención tienen valores de ATC considerablemente más bajos de menos de 0,08 μA/cm². Incluso pudieron fabricarse hojalatas con el procedimiento
20 de perfeccionamiento según la invención que presenten valores de ATC de ya solo 0,04 μA/cm². Mediante ensayos comparativos pudo comprobarse que tales valores de ATC bajos pueden alcanzarse en particular cuando la temperatura máxima (PMT) está por encima de 310 °C.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para perfeccionar un recubrimiento metálico sobre un fleje de acero (1) o chapa de acero, en el que el recubrimiento, mediante calentamiento inductivo por medio de al menos una bobina de inducción (2), se funde a una temperatura máxima (PMT) por encima de la temperatura de fusión (T_s) del material del recubrimiento y a continuación se refrigera en una unidad de refrigeración (3) hasta una temperatura de temple (T_A) que está por debajo de la temperatura de fusión, **caracterizado por que** el recubrimiento durante un tiempo de mantenimiento (t_h) se mantiene en una temperatura por encima de la temperatura de fusión (T_s) y por que el tiempo de mantenimiento (t_h) mediante el desplazamiento de al menos una de las bobinas de inducción (2) con respecto a la unidad de refrigeración (3) se adapta a la temperatura máxima (PMT) y al grosor del recubrimiento para fundir completamente el recubrimiento en todo su grosor hasta la capa límite con el fleje de acero.
2. Procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1, **caracterizado por que** la temperatura máxima es superior a 310 °C y por que se funde completamente el recubrimiento en todo su grosor hasta la capa límite con el fleje de acero.
3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** la temperatura máxima (PMT) está entre 310 °C y 360 °C y preferentemente entre 320 °C y 350 °C.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la velocidad de calentamiento del calentamiento inductivo está entre 600 K/s y 1300 K/s y preferentemente entre 900 K/s y 1100 K/s.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el fleje de acero (1) recubierto se mueve con una velocidad de cinta (v_B) con respecto a la bobina de inducción (2).
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la distancia de la bobina de inducción (2) con respecto a la unidad de refrigeración (3) puede ajustarse de manera continua para ajustar el tiempo de mantenimiento (t_h) a un valor deseado.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el tiempo de mantenimiento (t_h) está entre 0,1 s y 1,0 s y preferentemente entre 0,2 s y 0,3 s.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** en la capa límite entre el recubrimiento y el fleje de acero se forma una capa de aleación delgada, que consiste esencialmente en átomos de hierro y átomos del material de recubrimiento.
9. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado por que** la capa de aleación es más delgada de 1,3 g/m² y preferentemente más delgada de 1,0 g/m².
10. Dispositivo para aplicar un recubrimiento metálico sobre un fleje de acero, en particular instalación de estañado de cinta, en el que un fleje de acero (1) sin fin se mueve en un sentido de recorrido de cinta con una velocidad de cinta (v_B) y en un equipo de recubrimiento (4) se dota electrolíticamente de un recubrimiento metálico, estando dispuesto el en sentido de recorrido de cinta aguas abajo del equipo de recubrimiento (4) un equipo de fusión (5) con al menos una bobina de inducción (2) dispuesta en el mismo, en la que el recubrimiento se funde mediante calentamiento inductivo hasta una temperatura máxima (PMT) por encima de la temperatura de fusión (T_s) del material del recubrimiento y estando dispuesta aguas abajo del equipo de fusión (5) una unidad de refrigeración (3), en la que el fleje de acero (1) recubierto se temple hasta una temperatura de temple (T_A) que está por debajo de la temperatura de fusión, **caracterizado por que** el equipo de fusión (5), o al menos una de las bobinas de inducción (2) dispuestas en el mismo, con respecto a la unidad de refrigeración (3) puede desplazarse para ajustar la distancia entre el equipo de fusión (5) y la unidad de refrigeración (3) en sentido de recorrido de cinta.
11. Dispositivo según la reivindicación 10, **caracterizado por que** el equipo de fusión (5) contiene al menos una bobina de inducción (2) dispuesta de manera que puede moverse en sentido de recorrido de cinta.
12. Dispositivo según la reivindicación 11, **caracterizado por que** el equipo de fusión (5) contiene una pluralidad de bobinas de inducción dispuestas una detrás de otra en sentido de recorrido de cinta, en el que al menos la última bobina de inducción, que es la más próxima a la unidad de refrigeración (3), puede desplazarse con respecto a la unidad de refrigeración (3).
13. Dispositivo según la reivindicación 10, **caracterizado por que** la unidad de refrigeración (3) comprende un depósito de temple (6) lleno de un líquido refrigerante.

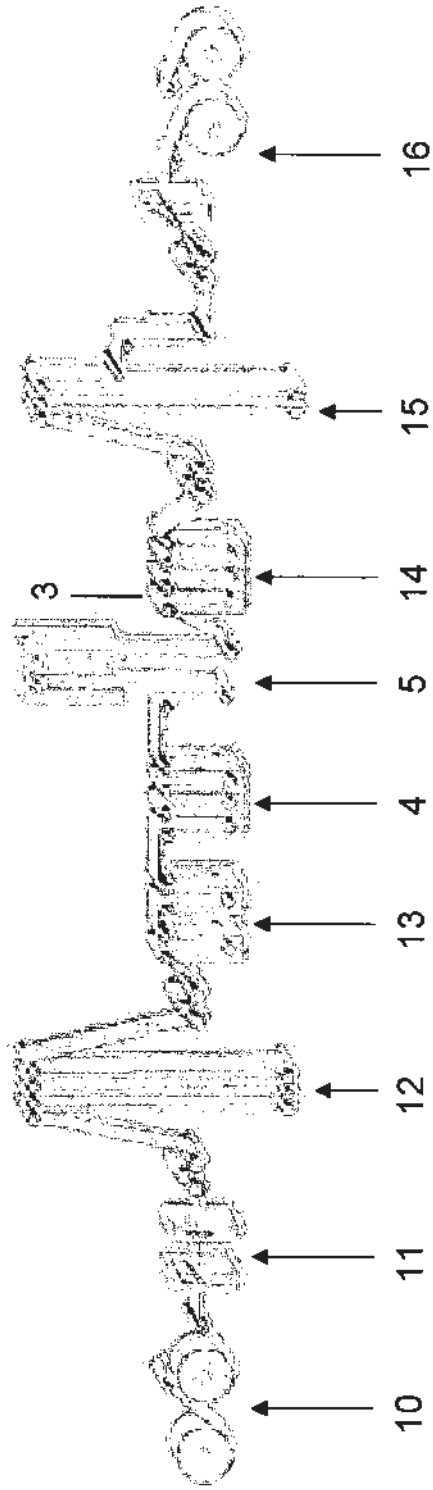


Fig. 1

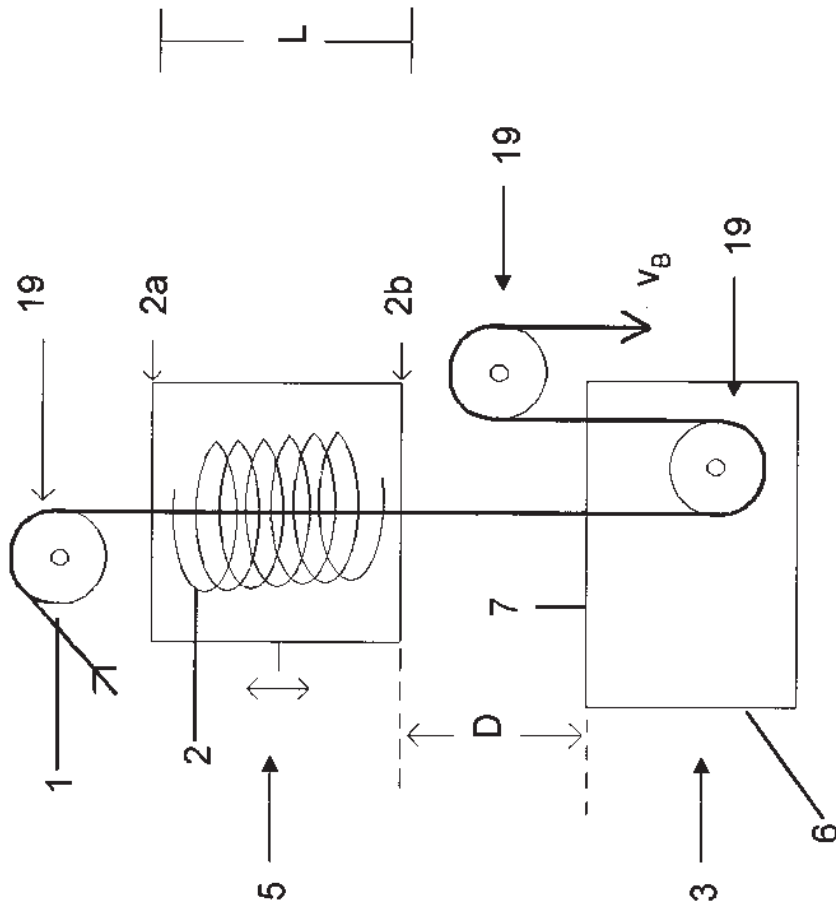


Fig. 2

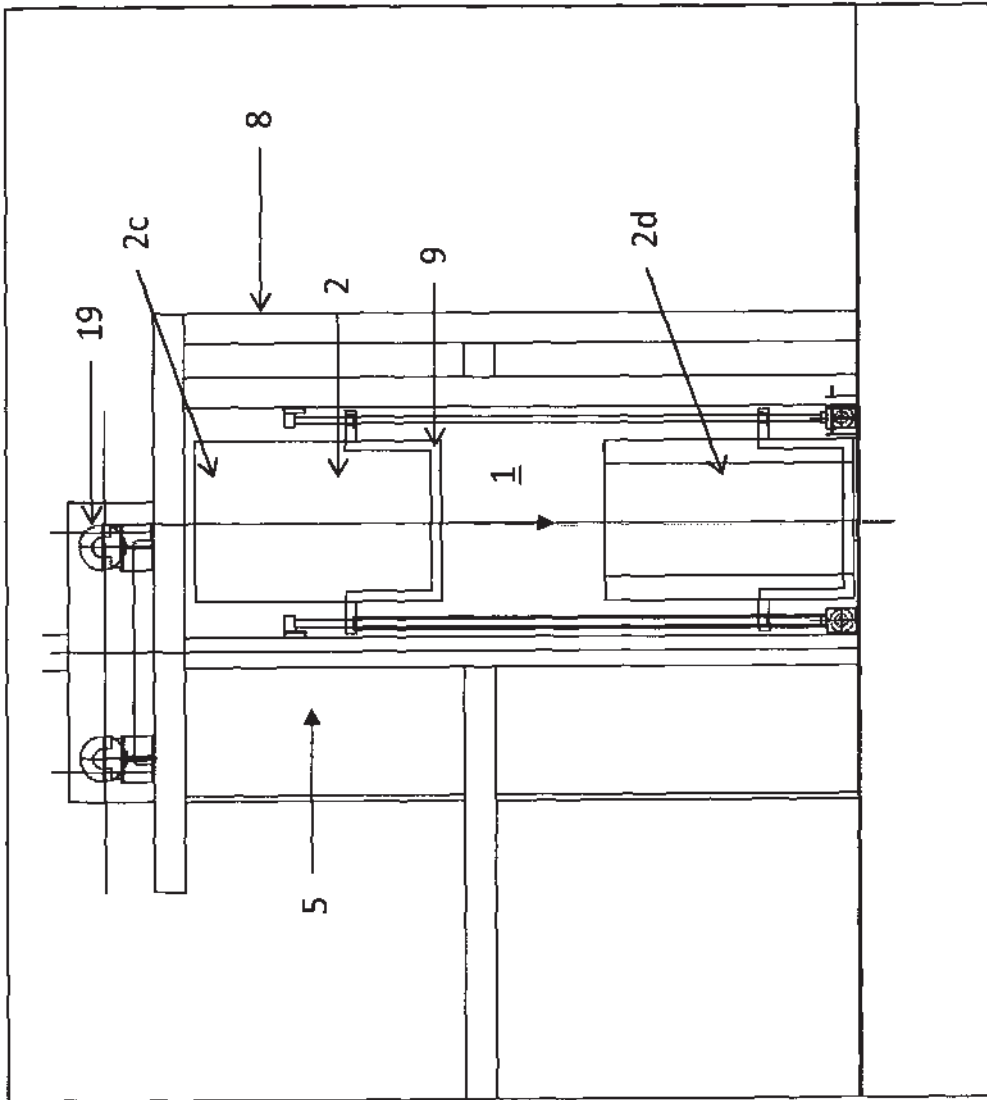


Fig. 3

o