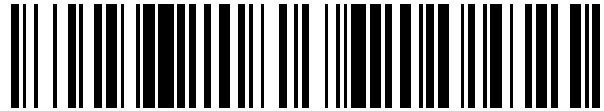


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 874 752**

51 Int. Cl.:

**C21D 1/34** (2006.01)  
**C21D 1/52** (2006.01)  
**C21D 9/46** (2006.01)  
**C23C 8/10** (2006.01)  
**C23C 8/18** (2006.01)  
**C23C 8/80** (2006.01)  
**F27B 9/28** (2006.01)  
**C21D 9/56** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2019 E 19218200 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.03.2021 EP 3686534**

54 Título: **Procedimiento y horno para el tratamiento térmico de una banda de acero de alta resistencia que comprende una cámara de homogeneización de temperatura**

30 Prioridad:

**23.01.2019 BE 201905038**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.11.2021**

73 Titular/es:

**DREVER INTERNATIONAL (100.0%)  
Allée des Noisetiers 15  
4031 Liège (Angleur), BE**

72 Inventor/es:

**CRUTZEN, JEAN-PIERRE;  
KÜMMEL, LUTZ;  
MASCHLER, FRANK y  
RENARD, MICHEL**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 874 752 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 y horno para el tratamiento térmico de una banda de acero de alta resistencia que comprende una cámara de homogeneización de temperatura

### Campo técnico

- 5 Según un primer aspecto, la invención se refiere a un procedimiento de tratamiento térmico de una banda de acero de alta resistencia. Según un segundo aspecto, la invención se refiere a un horno para el tratamiento térmico de una banda de acero de alta resistencia.

### Estado de la técnica

10 Unos aceros de alta resistencia comúnmente utilizados comprenden unos elementos de aleación, por ejemplo, manganeso, silicio, cromo y/o aluminio. Durante una etapa de recocido, los elementos de aleación presentes en el acero de alta resistencia pueden difundirse hacia la superficie del acero y oxidarse rápidamente a causa de su gran afinidad por el oxígeno y, esto, incluso en unas zonas con tubos radiantes donde, así y todo, la atmósfera es reductora para los óxidos de hierro. Esta oxidación selectiva crea unos defectos de superficie que hacen difícil la adherencia del revestimiento de zinc (o de otro metal o aleación) aplicado durante la galvanización de la superficie. Este problema de humectabilidad es un aspecto limitante de la galvanización que no se puede realizar correctamente.

15 Se han llevado a cabo unos estudios, con el fin de comprender la cinética de estos fenómenos de oxidación y de aportar unas soluciones a los problemas planteados durante la galvanización. Una vía particularmente estudiada consiste en someter, en el horno de recocido, la superficie de las bandas a unas condiciones de temperatura y de atmósfera propias para oxidar rápidamente y en profundidad los elementos de aleación y, de este modo, evitar su migración a superficie. Durante esta operación, se forma una capa de óxido de hierro que posteriormente se eliminará en unas zonas siguientes del horno de recocido bajo atmósfera reductora.

20 Se conoce por los documentos del estado de la técnica y, en particular, por el documento EP 2 732 062 B1, que se puede realizar una oxidación de los productos metálicos durante el calentamiento por llama directa. Según este documento, el potencial de oxidación de la atmósfera alrededor del producto metálico durante el calentamiento por llama directa se puede ajustar modificando el exceso de oxígeno. El documento US 9 279 175 B2 subraya la importancia de formar una capa de óxido lo más homogénea posible, con el fin de constituir una barrera de difusión eficaz. El documento EP 2 732 062 B1 precisa, no obstante, que el ajuste específico de un espesor de óxido, es decir, obtener una distribución uniforme sobre la superficie del acero, no se puede controlar solamente más que con gran dificultad. Lo que describe, igualmente, el documento EP 2 010 690 B1. Los documentos US 2017/137906 A1 y KR 20160085830 A describen una oxidación de una banda metálica durante su pasaje por una sección de calentamiento con llama directa con un exceso de oxígeno en la atmósfera de combustión. Los documentos US 2010/173072 A1 y KR 20160085830 A describen la oxidación de una banda metálica con inyección de un oxidante durante su pasaje por una sección de calentamiento con tubos radiante.

25 De este modo, un problema que se encuentra, generalmente, durante el tratamiento térmico de productos metálicos con oxidación y reducción de la superficie es la obtención de un estado de superficie no homogénea antes de la etapa de galvanización.

### Sumario de la invención

30 Según un primer aspecto, una de las finalidades de la presente invención es proporcionar un procedimiento de tratamiento térmico de una banda de acero de alta resistencia que permita obtener en su superficie una formación de óxido con un espesor más homogéneo y más controlado.

Para ello, los inventores proponen un procedimiento de tratamiento térmico de una banda de acero de alta resistencia en desplazamiento, comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas:

- a) calentamiento de la banda en una zona de calentamiento con llama directa;
- 45 b) homogeneización de temperatura de la banda en una cámara de homogeneización que comprende al menos un tubo de calentamiento radiante, para homogeneizar una temperatura de la banda después de su pasaje por la zona de calentamiento con llama directa de la etapa anterior;
- c) oxidación de la banda en una cámara de oxidación con una atmósfera oxidante que tiene una concentración volumétrica de oxígeno superior a un 1 %;
- d) reducción de la banda en una zona de reducción.

50 El procedimiento de la invención permite durante el tratamiento térmico, gracias a la etapa de homogeneización de temperatura, la oxidación de la banda que presenta una superficie más homogénea de temperatura. Esto permite un crecimiento de una capa de óxido que tiene un espesor más homogéneo sobre toda la superficie de banda. Un espesor de óxido más homogéneo en la superficie de la banda permite tener una reducción ulterior de dicha capa de óxido

mejor controlada. En efecto, unas variaciones del espesor de la capa de óxido formada durante la etapa de oxidación necesitan una adaptación del tiempo de reducción durante la etapa de reducción, con el fin de reducir el óxido sobre la totalidad de la superficie de la banda. Una adaptación del tiempo de reducción de este tipo se basa en los espesores de óxido más importantes. El procedimiento de la invención permite un mejor control del tiempo de la etapa de reducción, ya que garantiza un espesor de óxido más homogéneo sobre la superficie de banda.

El procedimiento de la invención es particularmente ventajoso, ya que permite compensar la falta de homogeneidad de temperatura de la banda, en particular, de la superficie de la banda durante la etapa a) de calentamiento de la banda por llama directa. En efecto, la utilización de una zona de calentamiento con llama directa permite una subida de temperatura rápida de la banda en detrimento de la homogeneidad de temperatura del producto metálico. Ahora bien, en un gran número de hornos, la cámara de oxidación se posiciona directamente después de la zona de calentamiento con llama directa, de modo que la oxidación se realiza sobre una banda cuya homogeneidad de temperatura no está bien controlada.

Como se ha indicado anteriormente, un buen control de la temperatura de la banda durante su oxidación en la cámara de oxidación permite obtener una capa de óxido en superficie que tiene un espesor más homogéneo sobre toda la superficie de la banda. Se muestra que la cinética de formación de una capa de óxido en la superficie de una banda de acero de alta resistencia depende, principalmente, de la temperatura de superficie de la banda, así como de la composición de la atmósfera oxidante en la cámara de oxidación. Por lo tanto, unas faltas de homogeneidades de temperatura en la superficie de la banda pueden provocar unas grandes variaciones del espesor de la capa de óxido en la superficie de la banda.

Durante la reducción de la capa de óxido en la zona de reducción, es necesario reducir todo el espesor de óxido formado en cámara de oxidación. Ahora bien, cuando una capa de óxido presenta un espesor variable, es necesario asegurar una reducción suficiente para reducir la capa de óxido en los sitios donde esta es más espesa. Esto puede tener como resultado una ralentización de la velocidad de desplazamiento en la zona de reducción o una atmósfera reductora en zona de reducción, más rica de hidrógeno o también un alargamiento de la zona de reducción, con el fin de conservar una cadencia de producción aceptable. De este modo, la falta de homogeneidad de la temperatura de superficie de una banda de acero de alta resistencia durante la oxidación de esta en cámara de oxidación puede tener unas consecuencias sobre el rendimiento del procedimiento de tratamiento térmico en términos de cadencia de producción y/o de costes.

Una oxidación realizada durante el calentamiento por llama directa (etapa a)) hace un ajuste del espesor de la capa de FeO formada muy difícil de controlar. En efecto, en el documento EP 2 010 690 A1, se ha constatado que, para unas mismas condiciones oxidantes al nivel de la atmósfera durante el calentamiento por llama directa, una velocidad de desplazamiento elevada muestra una capa de FeO más fina con respecto a unas velocidades de desplazamiento más escasas, que demuestra la gran sensibilidad del procedimiento de formación de óxido de hierro a los diferentes parámetros involucrados.

Una ventaja del procedimiento de la invención con respecto a unos procedimientos donde la oxidación se realiza al mismo tiempo que el calentamiento de la banda en una zona de calentamiento con llama directa es que el procedimiento de la invención permite dissociar el calentamiento de la banda, la homogeneización de temperatura y su oxidación con unas etapas y unas cámaras de horno distintas. Esto permite un mejor control de los parámetros de formación del óxido de hierro en superficie de la banda, autorizando al mismo tiempo un calentamiento de banda por llama directa. De este modo, la invención permite mitigar los inconvenientes del calentamiento por llama directa introduciendo una cámara de homogeneización de temperatura. Gracias a la invención, es posible, por lo tanto, tener un horno que presenta una muy buena calidad de tratamiento térmico, así como un mejor estado de superficie de la banda antes de su galvanización y, esto, a unos costes de explotación razonables.

En el conjunto del documento, hay que comprender por concentración (volumétrica) de oxígeno, una concentración (volumétrica) de O<sub>2</sub>. Las etapas del procedimiento de la invención se han de realizar según el siguiente orden: etapa a), etapa b), etapa c) y etapa d).

Preferentemente, la zona de reducción tiene una atmósfera reductora que tiene una concentración volumétrica de hidrógeno superior a un 3 % y de manera preferida superior a un 5 % y de manera todavía más preferida superior a un 8 %. Una ventaja asociada a unas concentraciones volumétricas de hidrógeno de este tipo en la zona de reducción para estos modos de realización preferidos, es aumentar la garantía de que la reducción tendrá lugar bien. Preferentemente, el resto de la composición de la atmósfera de la zona de reducción comprende nitrógeno.

En el conjunto del documento, hay que comprender por concentración (volumétrica) de hidrógeno, una concentración (volumétrica) de H<sub>2</sub>.

Por otro lado, se ha constatado que el procedimiento de la invención es particularmente eficaz para unas bandas de acero de alta resistencia, por ejemplo, que tienen una composición en peso de Cr inferior a un 5 %, preferentemente inferior a un 3 % y todavía de manera más preferente inferior a un 1 %. En el sentido de la presente invención, se entiende por la expresión "acero de alta resistencia", un acero que comprende unos elementos de aleaciones, tales como manganeso, silicio, cromo y/o el aluminio. Preferentemente, la banda tiene un espesor comprendido entre

0,3 mm y 3,2 mm.

5 La cámara de homogeneización que comprende al menos un tubo de calentamiento radiante está destinada a permitir una uniformidad/homogeneización de la temperatura de la banda cuando esta última está presente en la cámara de homogeneización. La uniformidad de temperatura de la banda se produce progresivamente durante su pasaje por la cámara de homogeneización, con el fin de obtener una temperatura lo más uniforme posible a la salida de cámara de homogeneización. La cámara de homogeneización no está destinada principalmente a hacer variar la temperatura media de la banda, sino que está destinada, más bien, a uniformar la temperatura de la banda.

10 En la cámara de homogeneización pueden estar presentes unos elementos radiantes y/o de calentamiento que disponen de una potencia que se puede modificar rápidamente, lo que permite ajustar la temperatura rápidamente para mantener una temperatura óptima a la entrada de la cámara de oxidación y asegurar una oxidación regular de la superficie de la banda de acero.

Preferentemente, la cámara de homogeneización de temperatura comprende dos, tres o cuatro tubos de calentamiento radiante.

15 La temperatura de la banda se comprende en la presente solicitud como que es una temperatura medida en superficie de la banda y que representa la temperatura sobre todo el espesor de la banda. En efecto, para unas bandas que tienen un espesor comprendido entre 0,6 mm y 2,5 mm, la difusión del calor en todo el espesor es muy rápida y, por lo tanto, se puede estimar que una temperatura de la banda en un punto de la banda en su superficie es representativa de la temperatura en todo el espesor de la banda. Esto es particularmente cierto cuando la banda está en una cámara esencialmente homogénea de temperatura. De este modo, una homogeneidad o una falta de homogeneidad de temperatura se puede caracterizar por unas mediciones de temperatura de superficie de la banda en unos sitios bien distintos. Por ejemplo, se constata una falta de homogeneidad de temperatura sobre una sección de banda cuando existe una diferencia de temperatura superior a un 5 %, preferentemente superior a un 2 % y de manera todavía más preferida superior a un 1 % entre un punto situado en el centro de la banda y un punto situado sobre el borde de la banda. La temperatura de banda es, por ejemplo, una temperatura de banda media tomada sobre una sección de banda en varios puntos diferentes, por ejemplo, la temperatura de banda es la media de las temperaturas medidas al nivel de los dos bordes, así como en su centro. Una temperatura de banda objetivo se alcanza cuando la temperatura de banda media y la temperatura de banda objetivo son iguales o, en cualquier caso, presentan una desviación inferior a un 2 %, preferentemente inferior a un 1 %. En la cámara de homogeneización de temperatura, la temperatura de banda permanece esencialmente la misma, pero se homogeneiza en superficie.

30 Preferentemente, la atmósfera oxidante en la cámara de oxidación tiene una concentración volumétrica de oxígeno comprendida entre un 1,5 % y un 5 % y de manera todavía más preferida comprendida entre un 2 % y un 5 %.

35 Preferentemente, la cámara de oxidación de la invención no comprende un tubo de calentamiento radiante en el interior de esta. Por ejemplo, la cámara de oxidación está confinada, por ejemplo, aislada en el interior de una sección de horno de calentamiento radiante, de modo que se calienta indirectamente por los tubos de calentamiento radiante de la sección de horno de calentamiento radiante.

Ventajosamente, el procedimiento según la invención comprende, además, una etapa de homogeneización del gas oxidante de la cámara de oxidación, que comprende:

- una aspiración de al menos una parte del gas oxidante fuera de la cámara de oxidación,
- un enfriamiento de dicha al menos una parte del gas oxidante,
- 40 - un arrastre por un ventilador de dicha al menos una parte de dicho gas oxidante,
- un enriquecimiento de oxígeno de dicha al menos una parte de dicho gas oxidante por inyección de aire,
- una reinyección de dicha al menos una parte de dicho gas oxidante en la cámara de oxidación.

45 Se ha observado que la homogeneización del gas oxidante permite mejorar el control sobre la etapa de oxidación y obtener la formación de una capa de óxido en la superficie de la banda de acero cuyo espesor es más homogéneo y/o reproducible.

El calentamiento por llama directa se utiliza para limpiar la banda de acero de alta resistencia (por ejemplo, desengrasado). La limpieza permite, en particular, retirar unos residuos orgánicos presentes en la superficie de la banda de acero.

Preferentemente, la etapa de oxidación se realiza a una temperatura de banda comprendida entre 650 °C y 750 °C.

50 Se ha observado que cuando dicha etapa de oxidación se realiza en la gama de temperatura entre 650 °C y 750 °C, esto procura un buen control sobre el espesor de la capa de óxido de hierro formada durante la etapa de oxidación y procura estabilidad al conjunto del procedimiento de recocido.

- Una temperatura de banda comprendida entre 650 °C y 750 °C permite un buen control de la cinética de oxidación de la superficie de la banda durante su pasaje en cámara de oxidación en la que la concentración volumétrica de oxígeno es superior a un 1 %. Preferentemente, la concentración volumétrica de oxígeno en la cámara de oxidación está comprendida entre un 1,5 % y un 5 % y de manera todavía más preferida entre un 2 % y un 5 %. El control de la
- 5 homogeneidad de la cinética de oxidación se asegura gracias al pasaje de la banda por la cámara de homogeneización.
- Se ha observado que un contenido incrementado de oxígeno en la cámara de oxidación permite reducir el impacto nocivo de las fugas de gas. Sin embargo, un contenido demasiado elevado de oxígeno tiene como consecuencia oxidar la banda de acero demasiado en profundidad, lo que necesita una etapa ulterior de eliminación de dicha capa
- 10 de óxido de hierro de una duración más larga, lo que representa una desventaja en términos de tiempo y, por lo tanto, de coste. Los inventores han determinado que unos valores de concentración volumétrica de oxígeno en la cámara de oxidación comprendidos entre un 1,5 % y un 5 % y de manera todavía más preferida entre un 2 % y un 5 % permiten una etapa de oxidación que no está o está poco influenciada por las eventuales fugas de gas, sin, por ello, generar una capa de óxido de hierro demasiado espesa.
- 15 De manera preferente, la duración de exposición de dicha banda de acero en la cámara de oxidación está comprendida entre 2 y 8 segundos, preferentemente que va de 2 a 4 segundos.
- Ventajosamente, la etapa de oxidación se opera de manera confinada o relativamente confinada en la cámara de oxidación.
- En el sentido de la invención, se entiende por la expresión "relativamente aislado" o "confinado" que se garantiza una estanqueidad relativa en el elemento considerado. Se pueden implementar unos medios técnicos apropiados para controlar esta estanqueidad relativa, con el fin de reducir tanto como sea posible los intercambios de gas entre la
- 20 atmósfera oxidante de dicha cámara de oxidación y la atmósfera reinante fuera de dicha cámara de oxidación, por ejemplo, en el resto del RTF. Un RTF es una sección de horno que comprende esencialmente unos tubos de calentamiento radiante y es un acrónimo conocido por un experto en la materia (RTF para Radiant Tubes Furnaces).
- 25 De manera preferente, la etapa de oxidación es homogénea por que permite la oxidación homogénea en superficie de dicha banda de acero.
- Preferentemente, la etapa de oxidación se realiza por propulsión de un gas oxidante por medio de un gas portador, preferentemente nitrógeno.
- Se ha observado que esta propulsión por medio de un gas portador permite llevar el gas oxidante a la superficie de
- 30 dicha banda de acero y atravesar la capa límite arrastrada por la banda de acero. Entonces, de ello resulta como efecto ventajoso que al menos una de las capas de hierro situada por debajo de dicha superficie de dicha banda de acero también puede oxidarse. De este modo, se pueden garantizar un mejor control y una mejor reproducibilidad y/o homogeneidad durante la formación de la capa de óxido de hierro formada durante la etapa de oxidación.
- 35 Ventajosamente, el procedimiento según la invención comprende la aplicación de una presión en el interior de dicha cámara de oxidación y en el resto del horno, siendo dichas presiones sustancialmente iguales.
- Se ha observado que el riesgo de transferencias gaseosas entre la cámara de oxidación y el resto del horno utilizado en el procedimiento según la invención se reduce fuertemente cuando la presión en la cámara de oxidación y en el dispositivo son sustancialmente iguales.
- 40 Por lo demás, el procedimiento según la invención permite mantener una oxidación fácilmente controlable que evita las perturbaciones causadas por la atmósfera que rodea la cámara de oxidación.
- Preferentemente, la etapa a) de calentamiento, la etapa b) de homogeneización de temperatura, así como la etapa d) de reducción se realizan con una atmósfera reductora que tiene una concentración volumétrica de hidrógeno superior a un 3 %.
- 45 Preferentemente, la atmósfera reductora en la zona de reducción tiene una atmósfera que tiene una concentración de hidrógeno comprendida entre un 3 % y un 5 %. Preferentemente, la zona de reducción tiene una composición que comprende una concentración de hidrógeno comprendida entre un 3 % y un 5 %, comprendiendo el resto de la composición nitrógeno.
- Preferentemente, la etapa de homogeneización de temperatura se realiza a una temperatura de banda comprendida entre 650 °C y 750 °C.
- 50 Como se ha mencionado anteriormente, un rango de temperatura de este tipo permite un buen control de la cinética de formación de óxido en cámara de oxidación, es decir, en presencia de una concentración volumétrica de oxígeno comprendida, en general, entre un 1 % y un 5 %. Por lo demás, es particularmente ventajoso homogeneizar la temperatura de banda a una temperatura objetivo. Una homogeneización a una temperatura objetivo significa que existe un aporte de calor a la banda estrictamente igual al calor perdido por la banda. De este modo, la

homogeneización se realiza con un balance aporte/pérdida de calor esencialmente nulo para prevenir la introducción de otras faltas de homogeneidades de temperatura en la banda.

Preferentemente, la etapa a) de calentamiento se realiza para obtener una temperatura de banda comprendida entre 650 °C y 750 °C.

5 Un rango de temperatura de banda de este tipo se puede alcanzar fácilmente por calentamiento por llama directa, lo que hace la etapa a) relativamente cómoda de implementar. Preferentemente, la etapa a) se realiza en condición reductora en presencia de monóxido de carbono y de hidrógeno. Unas condiciones de este tipo se generan utilizando una mezcla carburante/comburente no estequiométrica y particularmente pobre de oxígeno.

10 La etapa de homogeneización de temperatura se realiza con una atmósfera que tiene una concentración volumétrica de oxígeno inferior a un 0,01 % en volumen, preferentemente con una atmósfera sin oxígeno.

Aunque la etapa de homogeneización de temperatura se realiza en una cámara adyacente a la cámara de oxidación, la atmósfera en la cámara de homogeneización se puede mantener pobre, incluso muy pobre de oxígeno. Esto se puede hacer posible según un modo de realización preferido, por la presencia de medios de confinamiento posicionados entre la cámara de oxidación y la cámara de homogeneización, por ejemplo, utilizando una esclusa.

15 Unos medios de confinamiento de este tipo pueden ser particularmente deseados, ya que unos pasajes de gas importantes o mal controlados entre la cámara de oxidación y la zona de reducción y/o la cámara de homogeneización de temperatura, pueden provocar unos intercambios de gas nocivos entre las diferentes cámaras del horno. Cuando se escapa oxígeno a partir de la cámara de oxidación hacia una cámara bajo atmósfera reductora, el contenido de vapor de agua aumenta en esta zona. A continuación, el aumento del contenido de vapor de agua influye en el punto de rocío y puede dar lugar a unos fenómenos de oxidación no deseados, como, por ejemplo, la oxidación de compuestos de aleación en superficie del acero. Como ya se ha explicado, estos compuestos de aleación tienen una gran afinidad por el oxígeno y su oxidación selectiva tiene una influencia deletérea sobre la adherencia del revestimiento obtenido después de galvanización.

20

25 Por otro lado, la concentración volumétrica de oxígeno en la cámara de oxidación (superior a un 1 %, véase comprendida entre un 1,5 % y un 5 % según un modo de realización preferido), puede representar una concentración volumétrica particularmente sensible a unos intercambios de gas no deseados con las cámaras adyacentes. Unos medios de confinamiento posicionados entre la cámara de oxidación y la cámara de homogeneización, por ejemplo, una esclusa, permiten controlar más la concentración de oxígeno en la cámara de oxidación. Esto es importante, ya que cuando se escapa hidrógeno a partir de una cámara bajo atmósfera reductora hacia el interior de la cámara de oxidación, la oxidación ya no es tan eficaz, ya que una parte del oxígeno se consume por reacción con el hidrógeno. Estos fenómenos influyen negativamente en las propiedades de la capa de óxido de hierro formada durante la etapa de oxidación. Este problema se amplifica cuando el contenido de oxígeno es relativamente escaso en la cámara de oxidación, ya que, entonces, el oxígeno se consumirá todavía más rápidamente por reacción con el hidrógeno.

30

35 De manera general, por lo tanto, estas fugas reducen fuertemente el control de las condiciones del procedimiento de recocido, lo que, como consecuencia, provoca una falta de control sobre la calidad de un acero de alta resistencia galvanizado obtenido después de galvanización de la banda tratada según el primer aspecto de la invención, en concreto, en términos de adherencia de la capa de revestimiento en superficie de la banda de acero.

La etapa a) de calentamiento se realiza con una atmósfera que tiene una concentración volumétrica de oxígeno inferior a un 0,01 % en volumen, preferentemente con una atmósfera sin oxígeno.

40 Es particularmente importante precalentar la banda de acero con una atmósfera pobre de oxígeno y preferentemente sin oxígeno, de modo que la banda de acero no comience a oxidarse en superficie antes de que penetre en la cámara de oxidación. De este modo, de ello resulta un mejor control del espesor de oxidación cuando esta se realiza únicamente en la cámara de oxidación. Por lo demás, no siendo la temperatura de la banda homogénea durante la etapa a) de calentamiento, es importante que no se haga ninguna oxidación en unas condiciones de falta de homogeneidad de temperatura de banda de este tipo.

45

Preferentemente, la etapa de homogeneización de temperatura se realiza por el desplazamiento de la banda en la proximidad de dicho al menos un tubo de calentamiento radiante.

50 La ventaja de un desplazamiento de la banda en la proximidad de un tubo de calentamiento radiante es que permite proporcionar una cantidad de calor a la banda bien controlada sobre toda la anchura de la banda. De este modo, el desplazamiento de la banda en la proximidad del tubo de calentamiento radiante permite un intercambio de calor entre la banda y el tubo de calentamiento radiante. Esto permite mantener la banda a temperatura, por ejemplo, a la temperatura objetivo, permitiendo al mismo tiempo una homogeneización de la temperatura de la banda. De este modo, la invención permite beneficiarse de las ventajas de un calentamiento por llama directa, compensando al mismo tiempo los inconvenientes asociados al calentamiento por llama directa (falta de homogeneidad de temperatura de banda). Por ejemplo, la banda se desplaza a una distancia de un tubo de calentamiento radiante comprendida entre 0,1 m y 0,2 m.

55

Preferentemente, dicha sección de homogeneización comprende al menos dos tubos de calentamiento radiante. Preferentemente, el producto metálico se desplaza entre dichos dos tubos de calentamiento radiante.

5 El desplazamiento de la banda de acero delante de dos tubos de calentamiento radiante permite una mejora de la homogeneidad de temperatura de la banda de acero dejando más tiempo para que la banda de acero se equilibre de temperatura, recibiendo al mismo tiempo una cantidad de calor de los tubos de calentamiento radiante que permite conservar una temperatura de banda objetivo. La temperatura de banda objetivo está, en general, comprendida entre 650 °C y 750 °C y corresponde a una temperatura a la que la oxidación de la banda en cámara de oxidación está bien controlada. Un mismo razonamiento se puede aplicar para tres, cuatro, seis tubos de calentamiento radiante.

10 Preferentemente, el calentamiento de la banda en la etapa a) se realiza hasta alcanzar una temperatura de banda objetivo comprendida entre 650 °C y 750 °C y la homogeneización de temperatura de la banda en la etapa b) se realiza para homogeneizar la temperatura de la banda según dicha temperatura objetivo. De manera preferente, la etapa de homogeneización de la etapa b) permite mantener la banda a la temperatura objetivo.

15 Durante la etapa de homogeneización de temperatura, el calor comunicado por el/los tubo/s de calentamiento radiante a la banda tiene como única finalidad mantener la temperatura de la banda según la temperatura objetivo, así como homogeneizar la temperatura de esta. Preferentemente, los tubos de calentamiento radiante durante la etapa de homogeneización de temperatura irradian hacia la banda de manera uniforme, que permite una buena homogeneización de la temperatura de la banda, en superficie, así como según el espesor de la banda.

20 Según un segundo aspecto, una de las finalidades de la presente invención es proporcionar un horno para el tratamiento térmico de una banda de acero de alta resistencia por desplazamiento que permita una formación de óxido en la superficie de la banda con un espesor más homogéneo y más controlado. Para ello, los inventores proponen un horno para el tratamiento térmico de una banda metálica de alta resistencia por desplazamiento que comprende:

- una sección de horno de calentamiento directo que comprende:

- una zona de calentamiento con llama directa;

- una sección de horno de calentamiento radiante que comprende:

25 

- una cámara de oxidación;

- una zona de reducción;

- una cámara de homogeneización de temperatura posicionada después de la zona de calentamiento con llama directa y antes de la cámara de oxidación, comprendiendo la cámara de homogeneización al menos un tubo de calentamiento radiante.

30 De este modo, la cámara de homogeneización de temperatura se posiciona entre la zona de calentamiento con llama directa y la cámara de oxidación. Una sección de horno de calentamiento radiante es un RTF. La cámara de homogeneización está situada en la sección de horno de calentamiento radiante, al igual que la cámara de oxidación.

Preferentemente, dicha cámara de homogeneización comprende al menos dos tubos de calentamiento radiante y de manera todavía más preferida al menos tres tubos de calentamiento radiante.

35 El número de tubos de calentamiento radiante en la cámara de homogeneización permite definir su longitud, a lo largo de la que la banda puede equilibrarse de temperatura, permaneciendo al mismo tiempo a la temperatura de banda objetivo. El número de tubos de calentamiento radiante y la longitud de la cámara de homogeneización de temperatura dependen de la zona de calentamiento por llama directa y de la falta de homogeneidad de temperatura de la banda que se depende de ello, así como de la homogeneidad de temperatura deseada de la banda en la cámara de oxidación. El número de tubos radiantes y la longitud de la cámara de homogeneización pueden depender, igualmente, 40 de la temperatura objetivo a la salida de la cámara de homogeneización.

45 Preferentemente, en la cámara de homogeneización de temperatura, el producto metálico se posiciona en desplazamiento entre al menos dos tubos de calentamiento radiante. Un modo de realización de este tipo permite una mejor homogeneización de la temperatura de la banda, como se describe esto para el procedimiento según el primer aspecto de la invención.

50 Por ejemplo, el horno comprende, además, un primer y un segundo rodillos para guiar la banda en desplazamiento, estando el primer rodillo posicionado aguas abajo de la zona de calentamiento con llama directa y estando el segundo rodillo posicionado aguas abajo de la cámara de oxidación. La banda se mantiene preferentemente bajo tracción en la cámara de homogeneización, de modo que, en desplazamiento, dicha banda describe una trayectoria esencialmente rectilínea durante su pasaje por la cámara de homogeneización y por la zona de reducción.

Por ejemplo, los primer y segundo rodillos se posicionan de modo que dicha banda metálica se tensa según una orientación esencialmente vertical entre dichos rodillos. Una orientación de banda esencialmente vertical corresponde a una orientación de banda con respecto a un suelo plano que describe un ángulo con la normal al suelo plano

comprendido entre 0° y 15°. La banda está bajo tracción en el horno, con el fin de que se tense durante su pasaje por la cámara de homogeneización, luego, por la cámara de oxidación.

En otro modo de realización posible, el horno está configurado de modo que la banda metálica se tensa según una orientación esencialmente horizontal.

- 5 En un modo de realización preferido, la cámara de oxidación está, por otro lado, delimitada por dos esclusas que están cada una constituidas por al menos dos rodillos de esclusa. En un caso de este tipo, aunque no haya un contacto permanente entre la banda y unos rodillos de esclusa de este tipo, es posible que la banda entre en contacto con ellos, por ejemplo, como continuación a un movimiento de la banda.

10 La cámara de oxidación está confinada de la cámara de homogeneización y de la zona de reducción por dos medios de confinamiento que permiten el desplazamiento de la banda a través de dicha cámara de oxidación, por ejemplo, los dos medios de confinamiento son dos esclusas. Las ventajas asociadas descritas para el procedimiento de la invención se aplican al horno, *mutatis mutandis*.

15 Preferentemente, la cámara de oxidación está provista de respiraderos, con el fin de equilibrar los volúmenes entrantes y salientes para equilibrar la presión en el interior de la cámara y también para reducir las transferencias eventuales de gas por unas fugas.

### Breve descripción de las figuras

Estos aspectos de la invención, así como otros, se aclararán en la descripción detallada de modos de realización particulares de la invención, haciéndose referencia a los dibujos de las figuras, en las que:

- la Fig. 1 muestra un modo de realización según la invención;
- 20 - la Fig. 2 muestra un modo de realización según la invención;
- la Fig. 3 muestra una vista esquemática de la llevada de una banda hacia una cámara de homogeneización de temperatura, luego, hacia una cámara de oxidación y el camino de la banda hacia una zona de reducción.

25 Los dibujos de las figuras no están a escala y no son limitativos. Generalmente, unos elementos semejantes se anotan por unas referencias semejantes en las figuras. La presencia de números de referencia en los dibujos no se puede considerar como limitativa, comprendido cuando estos números se indican en las reivindicaciones.

### Descripción detallada de ciertos modos de realización de la invención

30 La figura 1 muestra una ilustración esquemática del horno 1 según el segundo aspecto de la invención que permite implementar el procedimiento según el primer aspecto de la invención. El horno 1 comprende en el sentido de desplazamiento de la banda 5, una zona de calentamiento con llama directa 10, una cámara de homogeneización de temperatura 20, una cámara de oxidación 30 y una zona de reducción 40 para la reducción del óxido y el tratamiento térmico de la banda. El horno 1 comprende una sección de horno de calentamiento directo 2 que comprende la zona de calentamiento con llama directa 10 y una sección de horno de calentamiento radiante 3 que comprende la cámara de homogeneización de temperatura 20, la cámara de oxidación 30 y la zona de reducción 40.

35 El procedimiento según la invención comprende la implementación de la etapa a) de calentamiento de la banda 5 por llama directa en la zona de calentamiento con llama directa 10. El procedimiento comprende, a continuación, la implementación de la etapa b), es decir, el desplazamiento de la banda 5 en la proximidad de al menos un tubo de calentamiento radiante 25, para, por ejemplo, dejar tiempo para que la banda 5 precalentada a una temperatura objetivo, se homogeneice de temperatura, conservando al mismo tiempo dicha temperatura objetivo. Según otro caso de figura posible, la banda 5 se puede calentar en la cámara de homogeneización 20 para tener una temperatura (homogeneizada) de salida más elevada que la temperatura de entrada. El procedimiento comprende, a continuación, la implementación de la etapa de oxidación c), es decir, el desplazamiento de la banda 5 en la cámara de oxidación 40 30 que comprende una concentración volumétrica de oxígeno superior a un 1 % y preferentemente comprendida entre un 1,5 % y un 5 %. Durante la etapa c), se forma una capa de óxido en superficie de la banda 5. El óxido formado es esencialmente óxido de hierro II, II-III o III, en general. El procedimiento de tratamiento térmico de una banda de acero 5 comprende después de la etapa c), la etapa d) durante la que, la banda de acero 5 oxidada en la etapa c) experimenta un tratamiento térmico a una temperatura de banda de hasta 800 °C y preferentemente hasta 850 °C. Durante esta etapa d), la banda 5 se somete a una atmósfera reductora que comprende preferentemente una concentración volumétrica de hidrógeno superior a un 3 % y de manera todavía preferida comprendida entre un 3 % y un 5 %. Siendo 45 la fracción volumétrica restante nitrógeno, en general. La temperatura del tratamiento térmico en zona de reducción durante la etapa d) se puede modificar relativamente de manera fácil sin, por ello, que las etapas a), b) y c) se modifiquen fuertemente.

La figura 2 muestra una vista de conjunto de un horno 1 según el segundo aspecto de la invención, con una representación esquemática del camino de la banda 5 a través de la zona de calentamiento con llama directa 10, la

cámara de homogeneización 20, la cámara de oxidación 30 y la zona de reducción 40 comprendidas en el horno 1. La banda 5 describe una sucesión de pases verticales durante los que se desplaza a través de la sección de horno de calentamiento directo 2, luego, de la sección de horno de calentamiento radiante 3. Después de haberse desplazado a través de la zona de calentamiento con llama directa 10, la banda 5 entra en la sección de horno de calentamiento radiante 3 por la cámara de homogeneización 20. En el ejemplo no limitativo mostrado en la figura 2, la zona de calentamiento con llama directa 10 comprende dos líneas de paso. A continuación, la banda 5 se dirige hacia la cámara de homogeneización de temperatura 20.

La línea de paso que comprende la cámara de homogeneización de temperatura 20 y la cámara de oxidación 30 está situada en la sección RTF (sección de horno de calentamiento radiante) del horno 1. De este modo, la cámara de oxidación 30 está a una temperatura similar a la sección RTF que la rodea, estando al mismo tiempo preferentemente aislada al nivel del contenido de oxígeno y de hidrógeno.

Después de haber abandonado la cámara de oxidación 30, la banda 5 entra en zona de reducción 40 para su tratamiento térmico. La zona de reducción 40 comprende una serie de pasos verticales rodeados por tubos de calentamiento radiante 25 que permiten un ajuste de la temperatura de la banda 5, con el fin de realizar el tratamiento térmico deseado de la banda de acero de alta resistencia 5.

La figura 3 muestra una vista esquemática de la llevada de la banda 5 hacia la cámara de homogeneización de temperatura 20, luego, hacia la cámara de oxidación 30 y el camino de la banda 5 hacia la zona de reducción 40. La figura 3 muestra un modo de realización particular de la cámara de homogeneización de temperatura 20 que ilustra a forma de ejemplo tres tubos de calentamiento radiante 25 dispuestos de modo que la banda 5 pasa en la proximidad durante su desplazamiento por la cámara de homogeneización de temperatura 20. La cámara de homogeneización de temperatura 20 ilustrada permite una buena homogeneización de la temperatura de la banda 5 a una temperatura objetivo, estando la temperatura objetivo definida en función de la composición del acero. De este modo, se puede obtener un espesor de óxido definido y homogéneo de manera precisa sobre toda la superficie de la banda 5.

Por ejemplo, en funcionamiento, una banda de acero 5 se alimenta en una zona de calentamiento con llama directa 10 y se calienta en condición reductora en presencia de monóxido de carbono y de hidrógeno, preferentemente para alcanzar una temperatura de banda comprendida de entre 650 a 750 °C. La banda de acero se lleva, a continuación, hacia la cámara de oxidación 30 que está confinada en la sección del horno de calentamiento radiante (RTF), donde tiene lugar la oxidación con un contenido de oxígeno superior a un 1 %. Esta etapa de oxidación permite la formación en superficie de una capa de óxido de hierro, por ejemplo. A continuación, la capa de óxido se elimina en el transcurso de la etapa de tratamiento térmico en atmósfera reductora, con el fin de proceder a la etapa de galvanización según un método bien conocido por el experto en la materia.

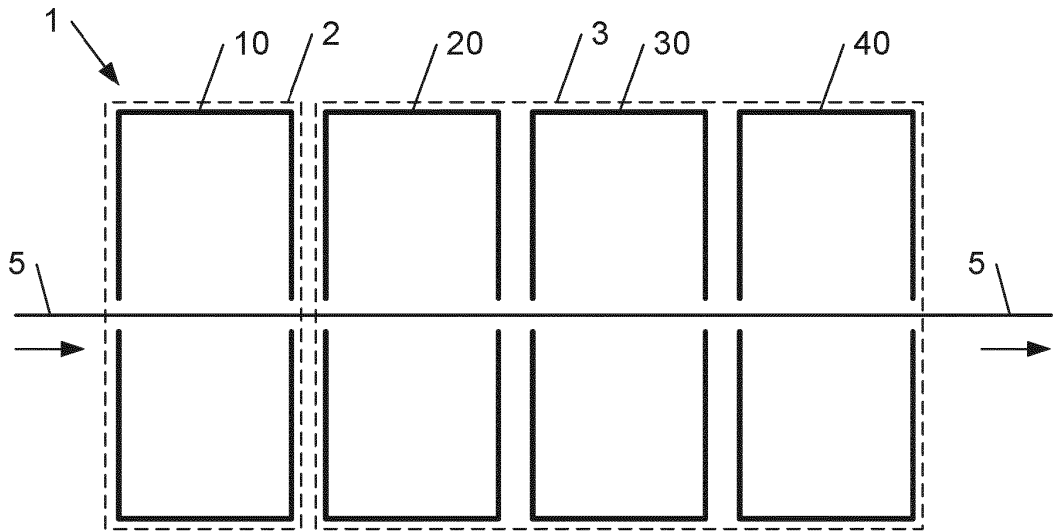
La presente invención se ha descrito en relación con unos modos de realizaciones específicos, que tienen un valor puramente ilustrativo y no se deben considerar como limitativos. De una manera general, la presente invención no se limita a los ejemplos ilustrados y/o descritos más arriba. El uso de los verbos "comprender", "constar de", "incluir" o cualquier otra variante, así como sus conjugaciones, no puede excluir de ninguna forma la presencia de elementos que no sean los mencionados. El uso del artículo indefinido "un", "una" o del artículo definido "el", "la", para introducir un elemento no excluye la presencia de una pluralidad de estos elementos. Los números de referencia en las reivindicaciones no limitan su alcance.

**REIVINDICACIONES**

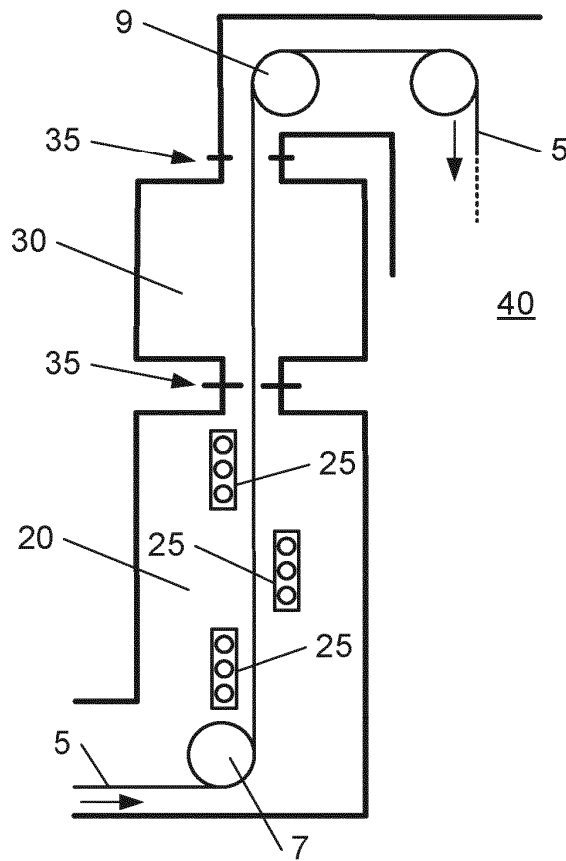
1. Procedimiento de tratamiento térmico de una banda de acero de alta resistencia (5) en desplazamiento, comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas:
  - 5 a) calentamiento de la banda (5) en una zona de calentamiento con llama directa (10), estando la etapa de calentamiento realizada con una atmósfera que tiene una concentración volumétrica de oxígeno inferior a un 0,01 % en volumen, preferentemente con una atmósfera sin oxígeno;
  - 10 b) homogeneización de temperatura de la banda (5) en una cámara de homogeneización (20) que comprende al menos un tubo de calentamiento radiante (25), para homogeneizar la banda (5) de temperatura después de su pasaje por la zona de calentamiento con llama directa (10) de la etapa anterior, estando la etapa de homogeneización de temperatura realizada con una atmósfera que tiene una concentración volumétrica de oxígeno inferior a un 0,01 % en volumen, preferentemente con una atmósfera sin oxígeno;
  - c) oxidación de la banda (5) en una cámara de oxidación (30) con una atmósfera oxidante que tiene una concentración volumétrica de oxígeno superior a un 1 %;
  - d) reducción de la banda (5) en una zona de reducción (40).
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación anterior, caracterizado por que la zona de reducción (40) tiene una atmósfera reductora que tiene una concentración volumétrica de hidrógeno superior a un 3 %.
3. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la etapa de oxidación se realiza a una temperatura de banda (5) comprendida entre 650 °C y 750 °C.
- 20 4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dicha concentración volumétrica de oxígeno está comprendida entre un 1,5 % y un 5 %, preferentemente comprendida entre un 2 % y un 5 %.
5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la etapa de homogeneización de temperatura se realiza a una temperatura de banda (5) comprendida entre 650 °C y 750 °C.
- 25 6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la etapa a) de calentamiento se realiza para obtener una temperatura de banda (5) comprendida entre 650 °C y 750 °C.
7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la etapa de homogeneización de temperatura se realiza por el desplazamiento de la banda (5) en la proximidad de dicho al menos un tubo de calentamiento radiante (25).
- 30 8. Procedimiento según la reivindicación anterior, caracterizado por que dicha sección de homogeneización comprende dos tubos de calentamiento radiante (25) y por que la banda (5) se desplaza entre dichos dos tubos de calentamiento radiante (25).
9. Horno (1) para el tratamiento térmico de una banda de acero de alta resistencia (5) por desplazamiento que comprende:
  - una sección de horno de calentamiento directo (2) que comprende:
    - 35 • una zona de calentamiento con llama directa (10);
  - una sección de horno de calentamiento radiante (3) que comprende:
    - una cámara de oxidación (30);
    - una zona de reducción (40);
- 40 caracterizado por que la sección de horno de calentamiento radiante (3) comprende, además, una cámara de homogeneización de temperatura (20) posicionada entre dicha zona de calentamiento con llama directa (10) y dicha cámara de oxidación (30), comprendiendo dicha cámara de homogeneización (20) al menos un tubo de calentamiento radiante (25);
- 45 y por que la cámara de oxidación (30) está aislada de la cámara de homogeneización (20) y de la zona de reducción (40) por dos medios de confinamiento (35) que permiten el desplazamiento de la banda (5) a través de dicha cámara de oxidación (30).
10. Horno (1) según la reivindicación anterior, caracterizado por que dicha cámara de homogeneización (20) comprende al menos dos tubos de calentamiento radiante (25) y de manera más preferida al menos tres tubos de calentamiento radiante (25).

11. Horno (1) según la reivindicación anterior, caracterizado por que está configurado de modo que en la cámara de homogeneización (20), la banda de acero de alta resistencia (5) es adecuada para posicionarse en desplazamiento entre al menos dos tubos de calentamiento radiante (25).

12. Horno (1) según la reivindicación 9, caracterizado por que los dos medios de confinamiento (35) son dos esclusas.



**Fig. 1**



**Fig. 3**

