

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 738 118**

51 Int. Cl.:

C23C 28/00	(2006.01) F27B 9/36	(2006.01)
C23C 8/18	(2006.01) F27D 99/00	(2010.01)
C23C 2/02	(2006.01)	
C23C 2/40	(2006.01)	
C21D 1/74	(2006.01)	
C21D 6/00	(2006.01)	
C21D 9/56	(2006.01)	
C23C 8/80	(2006.01)	
C21D 1/70	(2006.01)	
F27B 9/28	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.03.2014 E 14162799 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2019 EP 2824216**

54 Título: **Procedimiento para la fabricación de un producto plano de acero dotado, mediante revestimiento por inmersión en baño fundido, de una capa de protección metálica y horno continuo para una instalación de revestimiento por inmersión en baño fundido**

30 Prioridad:

24.05.2013 DE 102013105378

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.01.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**PETERS, MICHAEL;
MACHEREY, FRIEDHELM;
RUTHENBERG, MANUELA;
WESTERFELD, ANDREAS;
BREHM, OLIVER;
HÖGNER, WERNER;
BLUMENAU, MARC y
NORDEN, MARTIN**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 738 118 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

5 Procedimiento para la fabricación de un producto plano de acero dotado, mediante revestimiento por inmersión en baño fundido, de una capa de protección metálica y horno continuo para una instalación de revestimiento por inmersión en baño fundido

10 La invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de un producto plano de acero dotado mediante revestimiento por inmersión en baño fundido de una capa de protección metálica, en particular un producto plano de acero de alta resistencia con una resistencia a la tracción de al menos 500 MPa o un producto plano de acero de la más alta resistencia con una resistencia a la tracción de al menos 1000 MPa. Además, la invención se refiere a un horno continuo del tipo DFF para una instalación de revestimiento por inmersión en baño fundido, con una sección de preoxidación, en la que un producto plano de acero que va a revestirse está expuesto a una atmósfera oxidante para formar una capa de FeO de recubrimiento sobre la superficie del producto plano de acero, estando dispuestos quemadores en la sección de preoxidación, que se operan con exceso de oxígeno, y estando asociado al menos uno de los quemadores al lado superior del producto plano de acero y al menos otro de los quemadores al lado inferior del producto plano de acero. Cuando a continuación se habla de productos planos de acero, se hace referencia entonces con ello a cualquier banda de acero laminado en frío o en caliente.

20 Se demandan productos de acero plano de alta resistencia y la más alta resistencia debido a su combinación ventajosa de resistencia y conformabilidad en cantidades crecientes. Esto se aplica en particular a las aplicaciones de chapa en la construcción de carrocerías de automóviles. A este respecto, las propiedades mecánicas sobresalientes de tales productos planos de acero se basan en una microestructura multifase del material, dado el caso asistida por la plasticidad inducida de las proporciones de fase austeníticas (efecto TRIP, TWIP o SIP). Para obtener una microestructura compleja de este tipo, los productos planos de acero en cuestión suelen presentar contenidos apreciables de determinados elementos de aleación, a los que pertenecen normalmente manganeso (Mn), aluminio (Al), silicio (Si) o cromo (Cr). Un refinamiento de superficie en forma de una capa de protección metálica no solo aumenta a este respecto la resistencia de los productos planos de acero a la corrosión y, con ello, su vida útil de producto, sino que mejora también su apariencia visual.

30 Se conocen distintos procedimientos para aplicar una capa de protección metálica. A ellos pertenecen la deposición electrolítica y el revestimiento por inmersión en baño fundido. Además de un procesamiento producido electrolíticamente, el refinamiento de inmersión en baño fundido se ha establecido como un procedimiento especialmente favorable desde el punto de vista económico y ecológico. En el revestimiento por inmersión en baño fundido, el producto plano de acero que va a revestirse se sumerge en un baño fundido metálico.

35 Como especialmente rentable ha resultado el refinamiento de inmersión en baño fundido cuando un material precursor de producto plano de acero entregado en estado templado por laminación se somete en una pasada continua a las etapas de procedimiento limpieza, recocido de recristalización, revestimiento de baño fundido, enfriamiento, postratamiento térmico, mecánico o químico opcional y enrollado hasta dar un serpentín.

40 El tratamiento de recocido llevado a cabo a este respecto puede usarse para la activación de la superficie de acero. Para ello, una atmósfera de gas de recocido N_2-H_2 con trazas normalmente inevitables de H_2O y O_2 se mantiene habitualmente en el horno de recocido continuo en el paso continuo.

45 La presencia de oxígeno en la atmósfera de recocido tiene la desventaja de que los elementos de aleación afines al oxígeno contenidos en el producto plano de acero particular que va a tratarse en cada caso (por ejemplo, Mn, Al, Si, Cr, ...) forman óxidos selectivamente pasivos, no humectables en la superficie de acero, por lo que la calidad o adherencia del recubrimiento sobre el sustrato de acero se puede degradar de manera sostenible. Por tanto, se han hecho distintos ensayos para llevar a cabo el tratamiento de recocido de aceros de alta y la más alta resistencia del tipo en cuestión de tal modo que se suprima en gran medida la oxidación selectiva de la superficie de acero.

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

60 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 se establecen en el horno continuo dentro de determinados límites y en función de la temperatura del producto plano de acero procesado en cada caso. De esta manera, en cada caso se debe promover la oxidación interna de los elementos de aleación afines al oxígeno sin que a este respecto se forme FeO en la superficie del producto plano de acero. Sin embargo, un requisito previo para esto es una interacción coordinada con precisión de los distintos factores de influencia en la reacción de gas de recocido-metal, como composición del gas de recocido, humedad del gas de recocido o temperatura de recocido. Estos están presentes por regla general distribuidos debido a la planta de manera no homogénea en todo el espacio de horno. Esta inhomogeneidad hace difícil usar de manera eficaz estos procesos a escala industrial.

Otra posibilidad de procesamiento, llevado a cabo en el curso de un tratamiento de recocido, de un producto plano de acero para el revestimiento por inmersión en baño fundido consiste en que se lleven a cabo preoxidaciones en un horno de recocido continuo, usado para el recocido, de una zona de precalentamiento según el tipo constructivo DFF ("DFF" = *Direct Fired Furnace*, horno de combustión directa). En un horno DFF, las llamas emitidas por los quemadores de gas actúan directamente sobre el producto plano de acero que va a tratarse. Al operarse los quemadores con exceso de O₂ (ajuste a una relación de aire $\lambda > 1$), el potencial de oxidación de la atmósfera que rodea el producto plano de acero se ajusta de tal modo que se forma deliberadamente una capa de FeO de recubrimiento sobre las superficies del producto plano de acero. Esta capa de FeO inhibe la oxidación selectiva de los elementos de aleación afines al oxígeno del producto plano de acero. En una segunda etapa de recocido, que se lleva a cabo a continuación en una zona de retención, la capa de FeO se reduce de nuevo completamente hasta dar hierro metálico.

Un enfoque procedimental de este tipo se conoce desde hace tiempo por el documento DE 25 22 485 A1. La ventaja de precalentar el producto plano de acero en un horno de precalentamiento realizado en construcción DFF, además de los efectos explicados anteriormente, consiste a este respecto en que se pueden lograr tasas de calentamiento especialmente altas de la banda de acero, lo que acorta notablemente la duración del ciclo de recocido y, por tanto, puede aumentar significativamente la salida de la instalación de revestimiento por inmersión en baño fundido acoplado con un horno continuo correspondiente.

Sin embargo, debido a los quemadores por regla general dispuestos en los lados longitudinales del horno de precalentamiento, no se logra una atmósfera de horno uniforme con respecto al contenido de oxígeno y la distribución de la temperatura. En la práctica se ha demostrado que el contenido de oxígeno disminuye por el ancho de horno o de banda. Además, se encontró una distribución desigual de la temperatura en el ancho de banda, por lo que puede producirse una tendencia de oxidación de diferente intensidad y también un sobrecalentamiento de los bordes de la banda. Para compensar la distribución de la temperatura y el oxígeno, en el estado de la técnica se conoce entre otros un recorte de las llamas del quemador DFF (véase DE 10 2011 051 731 A1). El ajuste de un espesor de capa de FeO considerado óptimo de 20-200 nm en una distribución homogénea y uniforme por el ancho de banda puede comprobarse solo difícilmente, no obstante, solo a través de un recorte de las llamas de quemador DFF. Tanto una capa de FeO demasiado baja así como demasiado gruesa puede conducir a problemas de humedecimiento y adherencia.

Además, por el documento EP 1 829 983 A1 se conoce para la compensación de la distribución de la temperatura y el oxígeno de los quemadores de la línea, dirigiéndose una llama de quemador directamente sobre la superficie de banda. En este sentido, sin embargo, la calidad de la superficie puede deteriorarse debido a la formación de micromuecasas. En estas micromuecasas, por ejemplo, pueden acumularse depósitos de residuos orgánicos y conducir a lugares no húmedos en una disposición a modo de cordón de perla.

Una preoxidación muy uniforme debida al contacto directo de la banda con una llama envolvente permite un denominado "refuerzo de DFI" ("DFI" - *Direct Flame Impingement*, impacto directo de llama), como el que se describe en el documento DE 10 2006 005 063 A1. Sin embargo, el uso de dicho refuerzo de DFI es posible solo en determinados requisitos previos estructurales, ya que no se dan en muchas instalaciones de revestimiento por inmersión en baño fundido existentes.

Además, por el documento EP 2 010 690 B1 y el documento DE 10 2004 059 566 B3 se conocen procedimientos en los que se genera una capa de FeO en la superficie del producto plano de acero procesado en cada caso mediante la alimentación de 0,01 - 1 % de O₂ en volumen durante un periodo de 1 - 10 segundos en una cámara de reacción cerrada. No obstante, la instalación de una cámara de reacción de este tipo solo es posible en un horno RTF calentado indirectamente, en el que el calentamiento del producto plano de acero se efectúa mediante radiación térmica ("RTF": *Radiant Tube Furnace*, horno de tubo radiante).

En el contexto del estado de la técnica explicado anteriormente, el objetivo de la invención consistía en indicar un horno continuo o un procedimiento del tipo mencionado al principio, con el que puede alcanzarse en una instalación de revestimiento por inmersión en baño fundido a gran escala una preoxidación de banda de acero lo más uniforme posible, que presenta importantes proporciones de aleación de elementos de aleación afines al oxígeno (Mn, Al, Si, Cr, ...), por el ancho de banda. De este modo debe conseguirse una mejora de la imagen de humidificación y de la adherencia de recubrimiento por todo el ancho de la banda de acero.

Este objetivo se consigue mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1 o mediante un horno continuo con las características de la reivindicación 7. En las reivindicaciones dependientes están indicados diseños preferentes y ventajosos del procedimiento de acuerdo con la invención así como del horno continuo de acuerdo con la invención.

Un procedimiento de acuerdo con la invención para la fabricación de un producto plano de acero dotado de una capa de protección metálica mediante revestimiento por inmersión en baño fundido comprende 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 35,0 % de Mn, hasta 10,0 % de Al, hasta 10,0 % de Si, hasta 5,0 % de Cr, hasta 2,0 % de Ni, en cada caso hasta 0,5 % de Ti, V, Nb, Mo, en cada caso hasta 0,1% de S, P y N, hasta 1,0 % de C así como opcionalmente 0,0005-0,01 % de B;
- 5 b) calentar el producto plano de acero, preferentemente hasta una temperatura en el intervalo de 600-1000 °C dentro de un tiempo de calentamiento de 5-60 segundos, en un horno de precalentamiento del tipo DFF, en el que está configurada una sección de preoxidación y en el que el producto plano de acero está expuesto a una atmósfera oxidante, para formar una capa de FeO de recubrimiento sobre la superficie del producto plano de acero, estando dispuestos quemadores en la sección de preoxidación, que se operan con exceso de oxígeno, y
- 10 estando asociado al menos uno de los quemadores al lado superior del producto plano de acero y al menos otro de los quemadores al lado inferior del producto plano de acero;
- c) recocer con recristalización el producto plano de acero en un horno de recocido, que se atraviesa a continuación del horno de precalentamiento para provocar una recristalización del producto plano de acero, predominando en el horno de recocido una atmósfera de recocido que actúa de manera reductora con respecto a FeO;
- 15 d) enfriar el producto plano de acero hasta una temperatura de entrada de baño en el intervalo de 430 a 800 °C en una atmósfera de gas protector;
- e) introducir el producto plano de acero en un baño fundido, cuya temperatura se sitúa en el intervalo de 420 a 780 °C; y
- 20 f) pasar el producto plano de acero a través del baño fundido y ajustar el espesor de la capa de protección metálica presente en el producto plano de acero que sale del baño fundido,

Además, el procedimiento de acuerdo con la invención está caracterizado por que como quemadores en la sección de preoxidación del horno de precalentamiento se usan quemadores sin llama, por medio de los que se introducen combustible, preferentemente gas combustible, y gas que contiene oxígeno separados entre sí con una velocidad de flujo de al menos 60 m/s en el horno de precalentamiento, estando previsto además de al menos uno de los quemadores sin llama asociados al lado superior del producto plano de acero y además de al menos uno de los quemadores sin llama asociados al lado inferior del producto plano de acero en cada caso al menos un conducto de gas para el suministro de al menos una corriente de gas adicional, por medio de la cual se mezclan de manera complementaria el combustible y el gas que contiene oxígeno, e introduciéndose la corriente de gas adicional oblicuamente al plano del producto plano de acero de manera dirigida en el horno de precalentamiento.

25

30

Mediante el uso de acuerdo con la invención de quemadores sin llama en combinación con al menos en cada caso un conducto de gas para el suministro de una corriente de gas adicional, por medio de la cual se mezclan de manera complementaria el combustible y el gas que contiene oxígeno, se logra una distribución muy homogénea de la temperatura y el oxígeno por todo el ancho de la banda de acero que va a revestirse. En este sentido se evita el sobrecalentamiento local de la cubierta refractaria del horno de precalentamiento. Junto con el funcionamiento supraestequiométrico del horno de precalentamiento, se crea una atmósfera de horno uniformemente oxidante, que genera sobre la banda de acero que va a revestirse, que contiene elementos de aleación afines al oxígeno, una capa de óxido uniformemente gruesa. Dado que se genera una capa de óxido uniformemente gruesa sobre la banda de acero mediante el procedimiento de acuerdo con la invención, pueden realizarse en tendencia capas de preoxidación ventajosas, relativamente delgadas, de menos de 1 µm, preferentemente menos de 0,3 µm, en particular menos de 0,2 µm.

35

40

La calidad del revestimiento por inmersión en baño fundido que sigue en el transcurso del procedimiento puede mejorarse considerablemente debido a la preoxidación optimizada, ya que, después de la etapa de reducción intermedia, se consigue una superficie de banda limpia y libre de óxidos de aleación indeseados, que presenta una muy buena humectabilidad y, por tanto, evita o al menos reduce significativamente defectos de revestimiento en forma de puntos sin revestir.

45

50

Un diseño ventajoso del procedimiento de acuerdo con la invención está caracterizado por que se operan los quemadores sin llama con un exceso de oxígeno de al menos 1.1, preferentemente al menos 1,2, de manera especialmente preferente al menos 1,3. En ensayos se encontró que en este caso la capa de óxido con un espesor de capa uniforme se configura de manera muy fiable, disminuyendo las emisiones de óxido de nitrógeno a partir de un valor lambda de aproximadamente 1,05 a medida que aumenta el exceso de oxígeno.

55

Un diseño adicional ventajoso del procedimiento de acuerdo con la invención está caracterizado por que al menos dos, preferentemente al menos tres quemadores sin llama del lado superior del producto plano de acero y al menos dos, preferentemente al menos tres quemadores sin llama están asociados al lado inferior del producto plano de acero, disponiéndose los quemadores sin llama asociados al lado superior del producto plano de acero en la dirección de paso del producto plano de acero desplazados con respecto a los quemadores sin llama asociados al lado inferior del producto plano de acero. Este diseño favorece el establecimiento de una atmósfera de horno lo más homogéneamente oxidante posible, en particular la distribución homogénea de la temperatura.

60

Según un diseño adicional ventajoso del procedimiento de acuerdo con la invención al menos dos, preferentemente al menos tres quemadores sin llama se asocian al lado superior del producto plano de acero y al menos dos,

65

preferentemente al menos tres quemadores sin llama asociados al lado inferior del producto plano de acero, estando integrados los quemadores sin llama asociados al lado superior del producto plano de acero en una pared lateral del horno de precalentamiento, mientras que los quemadores sin llama asociados al lado inferior del producto plano de acero están integrados en la pared lateral opuesta del horno de precalentamiento. También este diseño favorece el establecimiento de una atmósfera de horno lo más homogéneamente oxidante posible.

Otro diseño adicional ventajoso del procedimiento de acuerdo con la invención consiste en que el gas que contiene oxígeno se introduce precalentado en el horno de precalentamiento. En este sentido puede usarse mejor el combustible y reducirse el consumo de combustible. El gas que contiene oxígeno, normalmente aire, se precalienta para ello, por ejemplo, por medio de al menos un intercambiador de calor, que está acoplado con el horno de recocido, el equipo de enfriamiento que sigue al horno de recocido y/o el recipiente de baño fundido.

Un diseño ventajoso adicional del procedimiento de acuerdo con la invención prevé que al gas que contiene oxígeno y/o al combustible se añada gas inerte, por ejemplo gas de escape. Como resultado, las dimensiones de la nube de combustión y, en particular, la temperatura de combustión se pueden influir de manera dirigida.

Para lograr una óptima preoxidación del producto plano de acero (banda de acero) con los valores de emisión más bajos posibles, en particular emisiones de NO_x bajas, también es favorable que según un diseño adicional del procedimiento de acuerdo con la invención se use gas inerte y/o gas de escape, preferentemente gas inerte precalentado y/o gas de escape calentado para la corriente de gas adicional, por medio de la cual se mezclan de manera complementaria el combustible y el gas que contiene oxígeno.

Un diseño adicional ventajoso del procedimiento de acuerdo con la invención está caracterizado por que el punto de rocío de la atmósfera de recocido se mantiene a lo largo de toda la trayectoria del producto plano de acero por el horno de recocido entre -40 °C y +25 °C, en la medida en que se compensan pérdidas o irregularidades de la distribución de la humedad de la atmósfera mediante el suministro de humedad por medio de al menos un equipo de humidificación. El punto de rocío es, por su parte, -40 °C o más, para minimizar la fuerza motriz de la oxidación externa de los elementos de aleación (por ejemplo, Mn, Al, Si, Cr). Por otro lado, mediante el punto de rocío de como máximo +25 °C se evita una oxidación no deseada del hierro. Este diseño contribuye así a que la superficie del producto plano de acero esté en su mayor parte libre de óxidos interferentes durante la entrada en el baño de intercambio de fusión.

El horno continuo de acuerdo con la invención está caracterizado por que al menos algunos de los quemadores en la sección de preoxidación están realizados como quemadores sin llama, por medio de los cuales pueden introducirse combustible, preferentemente gas combustible, y gas que contiene oxígeno separados entre sí con una velocidad de flujo de al menos 60 m/s en el horno de precalentamiento, estando previsto además de al menos uno de los quemadores sin llama asociados al lado superior del producto plano de acero y además de al menos uno de los quemadores sin llama asociados al lado inferior del producto plano de acero en cada caso al menos un conducto de gas para el suministro de al menos una corriente de gas adicional, estando orientado el extremo del respectivo conducto de gas de tal manera que la corriente de gas adicional que sale allí cruza o toca tangencialmente la corriente de combustible y/o corriente de gas que contiene oxígeno que sale del quemador sin llama.

El horno continuo de acuerdo con la invención ofrece las ventajas que ya se han mencionado anteriormente en relación con el procedimiento de acuerdo con la invención.

En el caso de la preoxidación en un horno de precalentamiento DFF de instalaciones de revestimiento por inmersión en baño fundido, existe en principio el problema de que se produce una acumulación desfavorablemente alta de oxígeno en la zona del horno aguas arriba de la región de preoxidación como resultado de los flujos de gas en el horno, lo que puede llevar a una influencia negativa del revestimiento. Se ha demostrado que esta acumulación de oxígeno puede reducirse significativamente en el uso de quemadores sin llama alimentándose, adicionalmente a las corrientes de material del quemador sin llama, otra corriente de gas a través de al menos un denominado tubo de chorro. Esto se aplica en particular con respecto al primer quemador sin llama operado de manera supraestequiométrica en la zona de preoxidación. En este sentido, el tubo de chorro está alineado con respecto a la/s boquilla/s de quemador de tal modo que la corriente de gas adicional provoca una turbulencia a modo de espiral. Para ello, la tubería de chorro está orientada oblicuamente al eje de descarga de la boquilla de quemador y también está inclinada con respecto al plano del producto plano de acero.

A continuación se explica en más detalle la invención mediante un dibujo que representa ejemplos de realización. Muestran en cada caso esquemáticamente:

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

la Figura 2 un quemador sin llama usado en la instalación de revestimiento por inmersión en baño fundido de acuerdo con la Figura 1 en combinación con un tubo de chorro, en una vista en corte;

la Figura 3 una representación esquemática de las corrientes de material o de gas en un quemador sin llama durante la operación sin llama; y

la Figura 4 un corte transversal a través de un horno continuo (horno de precalentamiento) de la instalación de revestimiento por inmersión en baño fundido de acuerdo con la Figura 1 en la región de la zona de precalentamiento equipada con quemadores de acuerdo con la Figura 2.

La instalación de revestimiento por inmersión en baño fundido A representada en la Figura 1 presenta en la dirección de transporte F del producto plano de acero S presente como banda de acero, que va a revestirse, en conexión inmediata, un refuerzo de DFI 1 previsto opcionalmente para el precalentamiento del producto plano de acero S, un
5 horno de precalentamiento 3 conectado con su entrada 2 al refuerzo de DFI, en el que se forma una sección de preoxidación 4, un horno de recocido 6, que está conectado con una región de transición 7 a la salida 8 del horno de precalentamiento 3, una zona de enfriamiento 10 conectada a la salida 9 del horno de recocido 6, una trompa 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
10 fundido 13, un equipo 15 para ajustar el espesor del recubrimiento metálico aplicado al producto plano de acero S en el baño fundido 13 así como un segundo equipo de desviación 16.

El horno de precalentamiento 3 es del tipo DFF (*Direct Fired Furnace*, horno de cocción directa). En él, están dispuestos distribuidos sobre el trayecto de transporte del producto plano de acero S o al menos en la sección de
15 preoxidación 4 varios quemadores sin llama 17. En estos quemadores, se introducen el combustible (B), preferentemente gas combustible, y gas que contiene oxígeno (L), normalmente aire sin mezclar o en gran parte sin mezclar con alta velocidad de flujo en el horno de precalentamiento 3 (véase la Figura 3). La velocidad de entrada del combustible B así como el gas que contiene oxígeno L es de al menos 60 m/s, preferentemente al menos 120 m/s. La diferencia esencial con respecto a los quemadores convencionales en el funcionamiento con llama es la
20 recirculación interna intensiva de los gases de escape AG en la cámara del horno y su mezcla con el aire de combustión o el gas que contiene oxígeno L (véase la Figura 3). Como resultado, y debido a la mezcla retardada de combustible B y oxígeno L, no puede formarse ninguna parte visible de la llama. A temperaturas suficientemente altas, de por ejemplo al menos 700 °C, preferentemente al menos 800 °C, el combustible B se oxida en todo el volumen de la cámara del horno. Como resultado, surge una distribución de temperatura muy homogénea en todo el
25 ancho del producto plano de acero S.

Para la preoxidación del producto plano de acero S, los quemadores sin llama 17 se operan en un intervalo supraestequiométrico, es decir, con un valor lambda mayor que 1, por lo que se genera una atmósfera de horno oxidante. Preferentemente, a este respecto se ajusta un valor lambda de al menos 1,05, de manera especialmente
30 preferente de al menos 1,1, en particular al menos 1,2 o al menos 1,3.

La formación de óxidos de nitrógeno térmicos, que tiene lugar en los quemadores en funcionamiento con llama, especialmente en el límite de la llama con sus altas temperaturas máximas, se evita en gran medida en los quemadores sin llama 17. Con la distribución de temperatura más uniforme no solo disminuyen las emisiones de
35 NO_x, también es posible mantener una temperatura media más alta de la cámara del horno. En particular, las emisiones de NO_x disminuyen a medida que aumenta el valor lambda.

La estructura de un quemador sin llama 17 para el uso en un horno continuo (horno de precalentamiento) 3 del tipo DFF para una instalación de revestimiento por inmersión en baño fundido se representa en la Figura 2. El quemador
40 17 tiene una pieza de tubo 17.1 con una boquilla de gas alargada 17.2. La pieza de tubo 17.1 está dotada de una brida de conexión 17.3 y conectada a través de un conducto de gas combustible, no representado, a un suministro de gas combustible, tampoco representado. Además, el quemador 17 tiene una cámara hueca 17.4 para el suministro de gas que contiene oxígeno, preferentemente aire, que rodea una sección longitudinal de la pieza de tubo 17.1 con la boquilla de gas combustible 17.2. La cámara hueca 17.4 está dotada de una brida de conexión 17.5
45 y conectada a través de un conducto de suministro, no representado, a un suministro de oxígeno o aire tampoco representado. La boquilla de gas 17.2 desemboca con una abertura central 17.6 y una abertura anular dispuesta coaxialmente (boquilla anular) 17.7 en el horno de precalentamiento 3. Además, en el lado frontal, dirigido hacia la cámara de horno, del quemador 17 están previstas una boquilla anular o varias boquillas 17.8, dispuestas sobre un círculo dividido conjunto, distanciadas preferentemente de manera uniforme entre sí, para el suministro de oxígeno o
50 aire. Las boquillas de oxígeno o aire 17.8 están configuradas de tal modo que los chorros de oxígeno o aire que salen de ella cruzan la corriente de gas combustible que sale de la boquilla de gas. En su lado frontal, el quemador 17 también está dotado de un bloque de boquilla 17.9. El bloque de boquilla 17.9 presenta un canal 17.10, en el que desembocan las boquillas 17.2, 17.6, 17.7, 17.8. Además, el bloque de boquilla 17.9 está dotado de un quemador piloto 17.11, que está alojado en un canal transversal 17.12 pequeño que se deriva del canal 17.10. Además, el
55 bloque de boquilla 17.9 presenta varios conductos de tubo de chorro (los denominados tubos de chorro) 17.13 para el suministro de gas que contiene oxígeno, que están conectados con la cámara hueca 17.4 y cuyos ejes longitudinales se extienden esencialmente en paralelo a la dirección de entrada de combustible definida por la boquilla de gas combustible 17.2. Preferentemente, cada uno de los quemadores sin llama 17 presenta tres o más de estas tuberías de chorro 17.13, que están dispuestas distanciadas uniformemente entre sí sobre un círculo dividido que rodea el canal 17.10. El bloque de boquilla 17.9 está insertado por arrastre de forma en un bloque de
60

quemador 3.1 que presenta una abertura de paso. El bloque de quemador 3.1 está dotado de un conducto de gas 5 para el suministro de una corriente de gas adicional ZG. El extremo (tubo de chorro) que desemboca en el horno de precalentamiento 3 del conducto de gas 5 está orientado de tal modo que la corriente de gas adicional ZG cruza o toca tangencialmente la corriente de combustible B que sale del quemador sin llama 17 y la corriente de gas Que contiene oxígeno L.

El aire del quemador L requerido para la combustión o el oxígeno suministrado para la combustión se precalienta preferentemente. Para ello, el respectivo quemador sin llama 17 puede estar precedido por un dispositivo (no mostrado en este caso) para el calentamiento del gas que contiene oxígeno o el aire de quemador L. Del mismo modo, el conducto de suministro de gas combustible también puede estar dotado de un dispositivo (no mostrado en este caso) para el calentamiento del gas combustible B. Adicionalmente o como alternativa, también el tubo de chorro adicional 5 o el conducto de gas conectado al mismo para el suministro de al menos una corriente de gas adicional ZG puede ir precedida por un dispositivo (no mostrado en este caso) para el calentamiento de la corriente de gas adicional. Dado el caso puede introducirse adicionalmente por separado o mezclado con la corriente de aire/de oxígeno un gas inerte y/o gas de escape preferentemente calentado. Para ello, en el conducto de suministro (alimentación) conectado a la brida de conexión 17.3 o 17.5 en cuestión está conectado un conducto de gas inerte o de gas de escape (no mostrado), que está dotado de una válvula dosificadora (válvula de regulación).

Mediante la introducción separada de combustible B y aire/oxígeno L a alta velocidad se efectúa una mezcla de los medios en el horno de precalentamiento 3 en todo el ancho del producto plano de acero S. Al menos el gas que contiene oxígeno introducido y/o el gas inerte/gas de escape dado el caso mezclado se precalientan hasta una temperatura que proporciona una energía de reacción suficiente (temperatura de ignición) después de mezclar los medios en el horno de preoxidación, en el que se efectúa la combustión del combustible B. La formación de una llama visible se evita en gran medida de esta manera. Más bien se genera una "nube de combustión" W en todo el ancho de la banda de acero S o el horno 3.

Los quemadores sin llama 17 están integrados preferentemente en al menos una de las paredes laterales 3.2, 3.3 del horno de precalentamiento 3, donde al menos dos, preferentemente al menos tres quemadores sin llama 17 del lado superior del producto plano de acero S y al menos dos, preferentemente al menos tres quemadores sin llama 17 están asociados al lado inferior del producto plano de acero S. Para compensar la distribución de la temperatura así como la distribución de oxígeno, los quemadores sin llama 17 están dispuestos preferentemente desplazados entre sí (véase la Figura 1). Por ejemplo pueden disponerse los quemadores sin llama asociados al lado superior del producto plano de acero S en la dirección de paso del producto plano de acero S desplazados con respecto a los quemadores sin llama asociados al lado inferior del producto plano de acero S. En particular, es favorable para compensar la distribución de la temperatura y del oxígeno en el ancho de la banda de acero S que, como se describe en la Figura 4, los quemadores sin llama 17 asociados al lado superior del producto plano de acero S estén integrados en una pared lateral (3.2) del horno de precalentamiento 3, mientras que los quemadores sin llama asociados al lado inferior del producto plano de acero S están integrados en la pared lateral opuesta (3.3) del horno de precalentamiento 3.

Mediante la instalación de las tuberías de chorro (tubos de chorro) 17.13, que están dispuestas con distancia con respecto al chorro de entrada de gas combustible y el canal 17.10, y a través del gas Que contiene oxígeno L adicionalmente, preferentemente se inyecta oxígeno o aire en la corriente de gas combustible B, se causa ya una homogenización de la distribución de gas combustible. A través del conducto de gas 5 (tubo de chorro 5) que desemboca en el horno de precalentamiento 3 se introduce en la zona de preoxidación preferentemente gas inerte y/o de escape. Este corriente de gas adicional ZG cruza o toca tangencialmente la corriente de combustible. Esto se representa esquemáticamente en las Figuras 3 y 4. En la Figura 4, el quemador sin llama 17, dispuesto por encima del producto plano de acero S, que está dispuesto en la pared lateral 3.2 del horno de precalentamiento 3, está combinado con un tubo de chorro 5. Este tubo de chorro 5 está dispuesto por encima o (en este caso no mostrado) preferentemente de manera lateral al lado del quemador sin llama 17 y a este respecto en cada caso alineado de tal modo que la corriente de gas adicional ZG que sale del mismo cruza o toca tangencialmente la corriente de combustible B introducido por medio del quemador sin llama 17. Además, también el quemador sin llama 17 dispuesto por debajo del producto plano de acero S, que está dispuesto en la pared lateral 3.3 del horno de precalentamiento, está combinado con un tubo de chorro 5. Este tubo de chorro 5 está dispuesto por debajo o (en este caso no mostrado) preferentemente de manera lateral al lado del quemador sin llama 17 y a este respecto en cada caso alineado de tal modo que la corriente de gas adicional ZG que sale del mismo cruza o toca tangencialmente la corriente de combustible B introducido por medio del quemador sin llama 17. Mediante esta combinación de quemador sin llama 17 y tubo de chorro 5 se delimita adicionalmente la transición a la zona sin llama en el horno de precalentamiento.

En la región de transición 7 al horno de recocido 6 está previsto un equipo no mostrado en más detalle para la alimentación dirigida de oxígeno o aire en la región de transición 7. El fin de esta alimentación es la fijación de hidrógeno, que posiblemente llega como resultado del flujo de gas G que fluye en el horno de recocido 6 desde su salida 9 en dirección de su entrada en la región de transición 7. Al mismo tiempo, en la región 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.

- 5 Adyacente a la salida 9 del horno de recocido 6 están dispuestos dos equipos de humidificación 25, 26, de los cuales está asociado uno al lado superior y el otro al lado inferior del producto plano de acero S que va a revestirse. Los equipos de humidificación 25, 26 están configurados como tubos ranurados o perforados, alineados transversalmente a la dirección de transporte F del producto plano de acero S, y conectados a un conducto de suministro 27, a través del que se abastecen los equipos de humidificación 25, 26 con gas de vapor o un gas portador humidificado, tal como como N₂ o N₂/H₂.
- 10 La zona de enfriamiento 10 puede estar diseñada de tal modo que el producto plano de acero S enfriado hasta la respectiva temperatura de entrada del baño antes de su entrada a la trompa 11 aún en la zona de enfriamiento 10 experimente un tratamiento de sobrealimentación a la temperatura de entrada del baño.
- 15 En el baño fundido 13, el producto plano de acero S se desvía en el primer equipo de desviación 14 en la dirección vertical y pasa por el equipo 15 para ajustar el espesor de la capa de protección metálica. A continuación, el producto plano de acero S dotado de la capa de protección metálica se desvía nuevamente en la dirección de transporte horizontal F en el segundo equipo de desviación 16 y, dado el caso, se somete a etapas de tratamiento adicionales en partes de instalación no representadas en este caso.
- 20 Un producto plano de acero revestido por inmersión en baño fundido según el procedimiento de acuerdo con la invención es extraordinariamente adecuado debido a sus propiedades mecánicas y sus propiedades de superficie para ser procesado adicionalmente por medio de una deformación en frío o caliente de uno, dos o varios pasos hasta dar un componente de chapa de alta/las más alta resistencia. Esto se aplica principalmente a aplicaciones de la industria automotriz, aunque también a construcción de aparatos, máquinas o electrodomésticos, así como la industria de la construcción. Además de las excelentes propiedades de los componentes mecánicos, un componente
- 25 de chapa de este tipo se caracteriza, además, por su especial capacidad de resistencia a las influencias ambientales. La aplicación de un producto plano de acero refinado por inmersión en baño fundido de acuerdo con la invención no solo aumenta el potencial de construcción liviana, sino que también alarga la vida del producto.
- 30 En resumen, se puede afirmar que mediante el procedimiento de acuerdo con la invención se consigue una preoxidación muy homogénea de una banda de acero, que se proporcionará mediante un revestimiento por inmersión en baño fundido con una capa de protección metálica, por todo el ancho de banda en un horno de precalentamiento DFF a gran escala. Esto da como resultado una mejora del patrón de humidificación y la adherencia del recubrimiento en todo el ancho del producto plano de acero. De este modo, se pueden evitar defectos de revestimiento en los cantos de las bandas, incluso con bandas de inserto relativamente anchas. Otra
- 35 ventaja es la combustión optimizada, que se caracteriza por una reducción significativa de las emisiones contaminantes así como un menor consumo de combustible.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para fabricar un producto plano de acero (S) dotado mediante revestimiento por inmersión en baño fundido de una capa de protección metálica, que comprende las siguientes etapas de trabajo:

- 5 a) proporcionar un producto plano de acero (S) laminado en frío o en caliente, que contiene además de Fe e impurezas inevitables (en % en peso) hasta 35,0 % de Mn, hasta 10,0 % de Al, hasta 10,0 % de Si, hasta 5,0 % de Cr, hasta 2,0 % de Ni, en cada caso hasta 0,5 % de Ti, V, Nb, Mo, en cada caso hasta 0,1% de S, P y N, hasta 1,0 % de C así como opcionalmente 0,0005-0,01 % de B;
- 10 b) calentar el producto plano de acero (S) en un horno de precalentamiento (3) del tipo DFF, en el que está configurada una sección de preoxidación (4) y en el que el producto plano de acero (S) está expuesto a una atmósfera oxidante, para formar una capa de FeO de recubrimiento sobre la superficie del producto plano de acero, estando dispuestos quemadores en la sección de preoxidación, que se hacen funcionar con exceso de oxígeno, y estando asociado al menos uno de los quemadores (17) al lado superior del producto plano de acero y al menos otro de los quemadores (17) al lado inferior del producto plano de acero;
- 15 c) recocer con recristalización el producto plano de acero (S) en un horno de recocido (6), que se atraviesa a continuación del horno de precalentamiento (3) para provocar una recristalización del producto plano de acero, predominando en el horno de recocido (6) una atmósfera de recocido que actúa de manera reductora con respecto a FeO;
- 20 d) enfriar el producto plano de acero hasta una temperatura de entrada de baño en el intervalo de 430 a 800 °C en una atmósfera de gas protector;
- e) introducir el producto plano de acero en un baño fundido (13), cuya temperatura se sitúa en el intervalo de 420 a 780 °C; y
- 25 f) pasar el producto plano de acero a través del baño fundido (13) y ajustar el espesor de la capa de protección metálica presente en el producto plano de acero que sale del baño fundido, **caracterizado por que** como quemador (17) en la sección de preoxidación del horno de precalentamiento (3) se usan quemadores sin llama, por medio de los cuales se introducen combustible (B), preferentemente gas combustible, y gas que contiene oxígeno (L) separados entre sí con una velocidad de flujo de al menos 60 m/s en el horno de precalentamiento (3), estando previsto además de al menos uno de los quemadores (17) sin llama asociados al lado superior del
- 30 producto plano de acero (S) y además de al menos uno de los quemadores (17) sin llama asociados al lado inferior del producto plano de acero, en cada caso al menos un conducto de gas (5) para el suministro de al menos una corriente de gas adicional (ZG), por medio de la cual se mezclan de manera complementaria el combustible (B) y el gas que contiene oxígeno (L), e introduciéndose en el horno de precalentamiento (3) la corriente de gas adicional (ZG) dirigida oblicuamente al plano del producto plano de acero (S) .
- 35

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** los quemadores sin llama (17) se hacen funcionar con un exceso de oxígeno de al menos 1,1, preferentemente al menos 1,2, de manera especialmente preferente al menos 1,3.

40 3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** se introduce el gas que contiene oxígeno (L) precalentado en el horno de precalentamiento (3).

45 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** se añade gas inerte al gas que contiene oxígeno (L) y/o al combustible (B).

50 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** se usa gas inerte y/o gas de escape, preferentemente gas inerte precalentado y/o gas de escape calentado para la corriente de gas adicional (ZG).

55 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** el punto de rocío de la atmósfera de recocido se mantiene entre -40 °C y +25 °C en toda la trayectoria del producto plano de acero (S) por el horno de recocido (6), compensando las pérdidas o las irregularidades de la distribución de la humedad de la atmósfera mediante el suministro de humedad por medio de al menos un equipo de humidificación (25, 26).

60 7. Horno continuo (3) del tipo DFF para una instalación de revestimiento por inmersión en baño fundido, con una sección de preoxidación (4), en la que un producto plano de acero (S) que va a revestirse está expuesto a una atmósfera oxidante para formar una capa de FeO de recubrimiento sobre la superficie del producto plano de acero, estando dispuestos los quemadores (17) en la sección de preoxidación (4), que se hacen funcionar con exceso de oxígeno, y estando asociado al menos uno de los quemadores (17) al lado superior del producto plano de acero (S) y al menos otro de los quemadores (17) al lado inferior del producto plano de acero (S), **caracterizado por que** al menos algunos de los quemadores (17) en la sección de preoxidación (4) están realizados como quemadores sin llama, por medio de los cuales pueden introducirse en el horno de precalentamiento (3) combustible (B), preferentemente gas combustible, y gas que contiene oxígeno (L) separados entre sí con una velocidad de flujo de al menos 60 m/s, estando previsto además de al menos uno de los quemadores sin llama (17) asociados al lado superior del producto plano de acero (S) y además de al menos uno de los quemadores sin llama (17) asociados al

65 lado inferior del producto plano de acero, en cada caso al menos un conducto de gas (5) para el suministro de al

menos una corriente de gas adicional (ZG), estando orientado el extremo del respectivo conducto de gas (5) de tal manera que la corriente de gas adicional (ZG) que sale allí cruza o toca tangencialmente la corriente de combustible (B) y/o corriente de gas que contiene oxígeno (L) que sale del quemador sin llama (17).

5 8. Horno continuo según la reivindicación 7, **caracterizado por que** al menos dos, preferentemente al menos tres quemadores sin llama (17) están asociados lado superior del producto plano de acero (S) y al menos dos, preferentemente al menos tres quemadores sin llama (17) están asociados al lado inferior del producto plano de acero (S), estando dispuestos los quemadores sin llama (17) asociados al lado superior del producto plano de acero (S) en la dirección de paso (F) del producto plano de acero (S), desplazados con respecto a los quemadores sin llama (17) asociados al lado inferior del producto plano de acero (S).
10

9. Horno continuo según las reivindicaciones 7 u 8, **caracterizado por que** al menos dos, preferentemente al menos tres quemadores sin llama (17) están asociados al lado superior del producto plano de acero (S) y al menos dos, preferentemente al menos tres quemadores sin llama (17) están asociados al lado inferior del producto plano de acero (S), estando integrados los quemadores sin llama (17) asociados al lado superior del producto plano de acero (S) en una pared lateral (3.2) del horno de precalentamiento (3), mientras que los quemadores sin llama asociados al lado inferior del producto plano de acero están integrados en la pared lateral opuesta (3.3) del horno de precalentamiento (3).
15

20 10. Horno continuo según una de las reivindicaciones 7 a 9, **caracterizado por que** el respectivo quemador sin llama (17) está precedido por un dispositivo para el calentamiento del gas que contiene oxígeno (L).

25 11. Horno continuo según una de las reivindicaciones 7 a 10, **caracterizado por que** el conducto de gas (5) para el suministro de al menos una corriente de gas adicional (ZG) está precedido por un dispositivo para el calentamiento de la corriente de gas (ZG).

30 12. Horno continuo según una de las reivindicaciones 7 a 11, **caracterizado por que** el respectivo quemador sin llama (17) presenta al menos una boquilla de combustible (17.2), que está rodeada por una boquilla anular o varias boquillas (17.8) distanciadas uniformemente entre sí, dispuestas sobre un círculo dividido, para el suministro de gas que contiene oxígeno (L).

35 13. Horno continuo según la reivindicación 12, **caracterizado por que** el respectivo quemador sin llama (17) está dotado de varias tuberías de chorro (17.13) para el suministro de gas que contiene oxígeno (L), cuyos ejes longitudinales se extienden esencialmente en paralelo a la dirección de entrada de combustible definida por la boquilla de combustible (17.2).

40 14. Horno continuo según las reivindicaciones 12 u 13, **caracterizado por que** el respectivo quemador sin llama (17) está dotado de al menos tres tuberías de chorro (17.13) para el suministro de gas que contiene oxígeno (L), que están dispuestas uniformemente espaciadas entre sí sobre un círculo dividido conjunto.

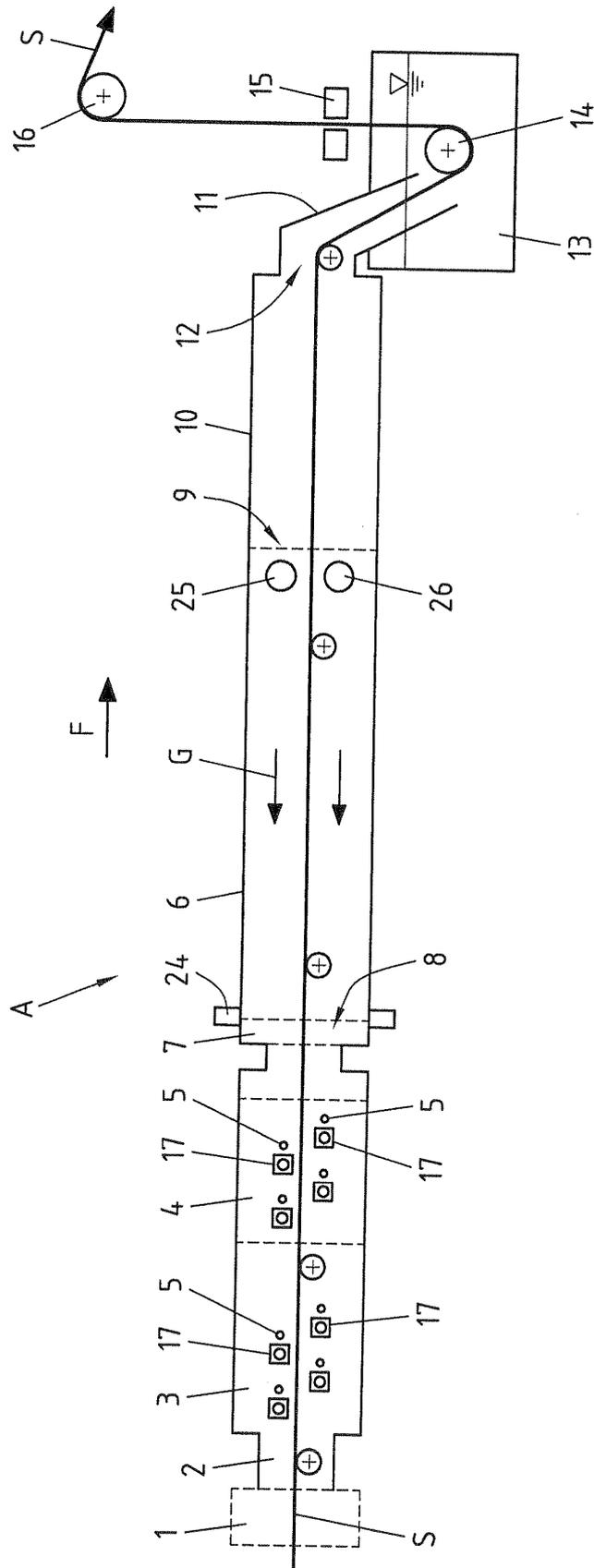


Fig.1

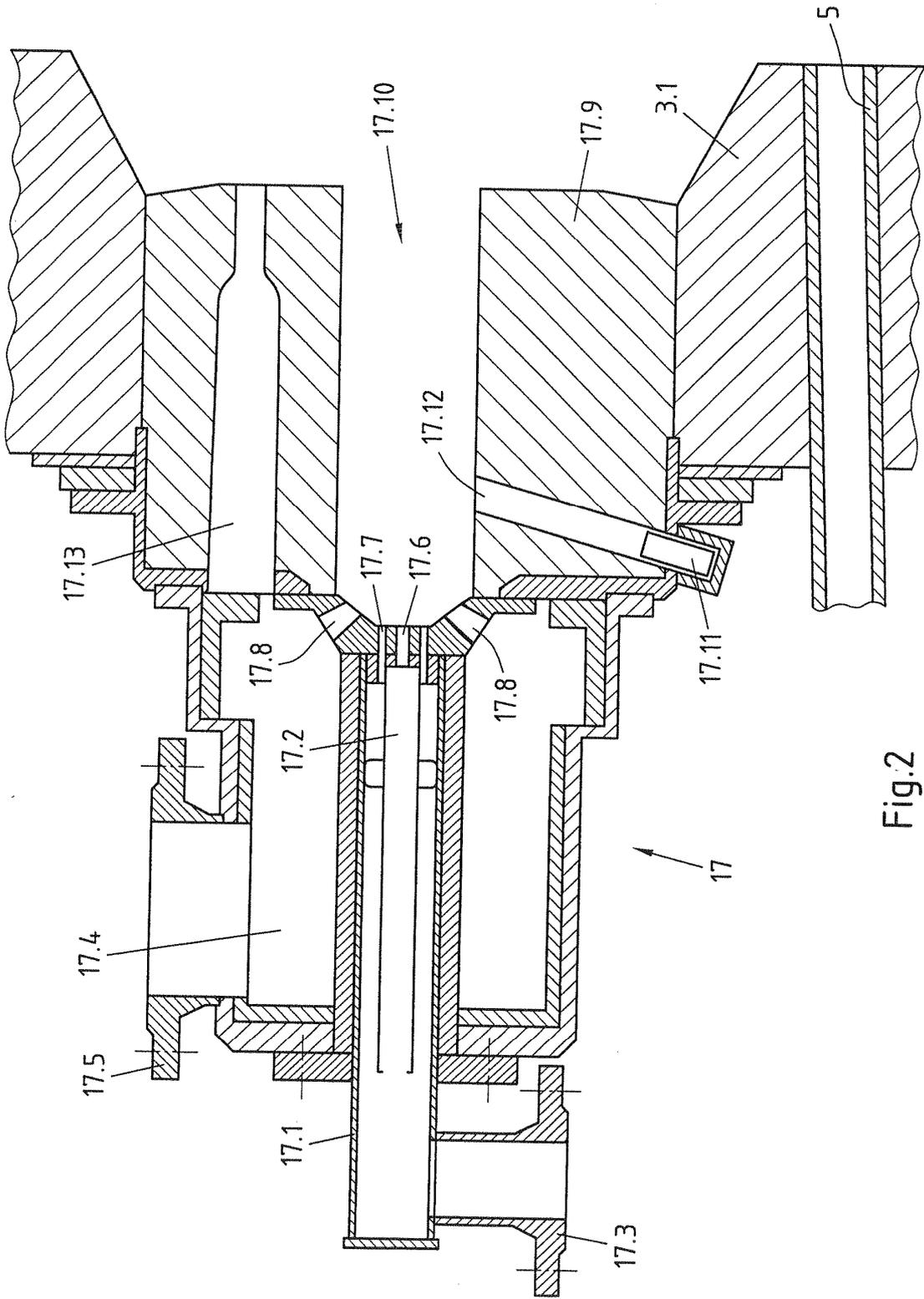


Fig.2

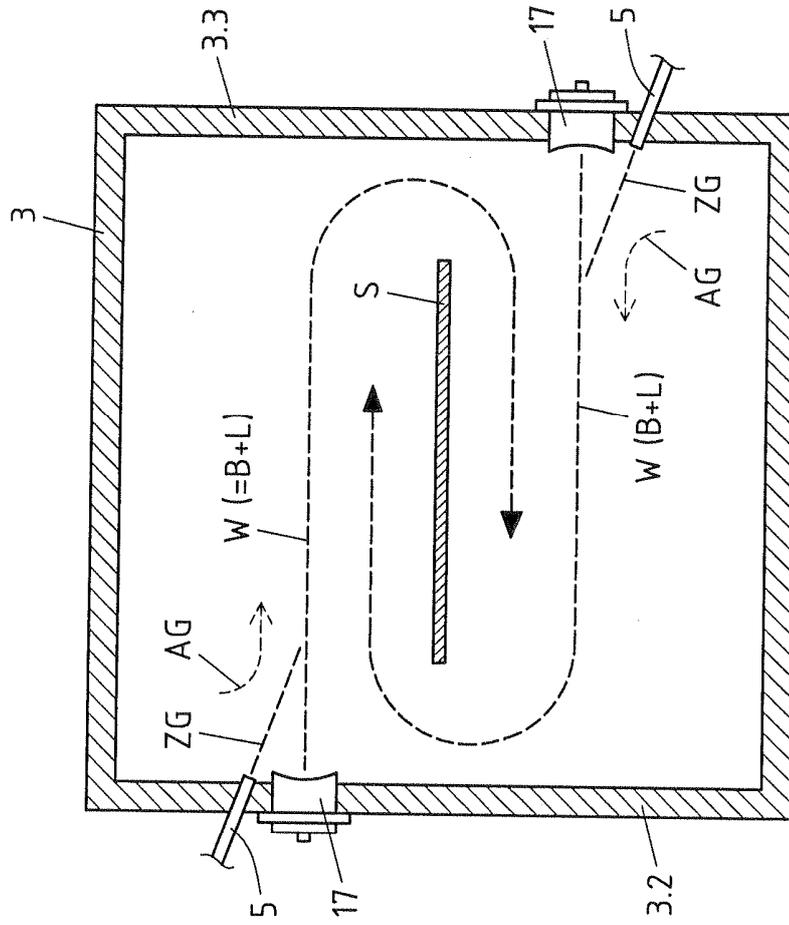


Fig.4

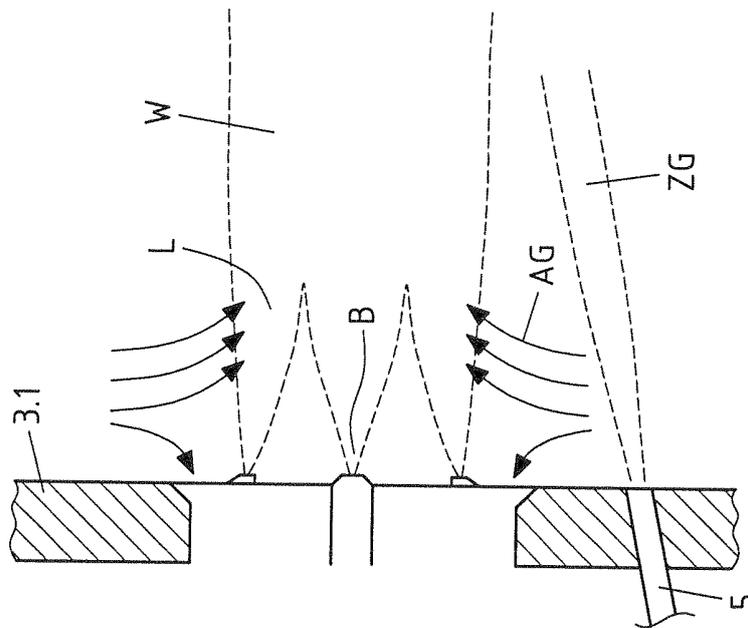


Fig.3