

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 991 320**

51 Int. Cl.:

C21D 1/52	(2006.01)
C21D 1/74	(2006.01)
C21D 1/767	(2006.01)
C21D 9/56	(2006.01)
F27B 9/12	(2006.01)
F27B 9/28	(2006.01)
F27B 9/30	(2006.01)
F27B 9/36	(2006.01)
F27D 13/00	(2006.01)
F27D 99/00	(2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.09.2021 PCT/FR2021/051637**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **31.03.2022 WO22064149**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.09.2021 E 21798410 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2024 EP 4217516**

54 Título: **Sección de precalentamiento con llama directa para línea continua de tratamiento de bandas metálicas**

30 Prioridad:

23.09.2020 FR 2009675
23.09.2020 FR 2009674

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.12.2024

73 Titular/es:

FIVES STEIN (100.0%)
108-112 Avenue de la Liberté
94700 Maisons Alfort, FR

72 Inventor/es:

LEMAIRE, SÉBASTIEN;
LIPP GEORGE, JEAN-PIERRE;
MOUKARZEL, CAMILLE;
SEDMAK, PATRICE y
BA, ABOU

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 991 320 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

Sección de precalentamiento con llama directa para línea continua de tratamiento de bandas metálicas

5 **Designación del campo técnico**

La invención se refiere a las líneas continuas horizontales o verticales de recocido o de galvanización de bandas metálicas, y más especialmente a las secciones verticales de precalentamiento con llama directa de estas líneas, a veces denominadas “secciones NOF”, siendo NOF la abreviatura del inglés “Non Oxydizing Furnace”, u horno no oxidante, o “sección DFF”, siendo DFF la abreviatura del inglés “Direct Firing Furnace”, u horno con fuego directo.

La invención pretende que la sección de precalentamiento permita realizar un precalentamiento eficaz de la banda con una buena homogeneidad de la temperatura y del estado de la superficie en la anchura de la banda. También pretende evitar o controlar la interacción entre los reactivos de combustión y la superficie de la banda, al tiempo que se limita la producción de residuos atmosféricos.

Problemas técnicos a los que responde la invención

De forma general se dispone una sección de precalentamiento con llama directa a la entrada de un horno de una línea de galvanización en caliente, por inmersión o de una línea de recocido.

Haciendo referencia al esquema de la Figura 1 de los dibujos adjuntos, puede verse de forma esquemática y parcialmente representada, una línea de galvanización según el estado de la técnica, y más precisamente de horno vertical. Desde la entrada de la línea, según el sentido de desplazamiento de la banda, tenemos una sección 1 de precalentamiento con llama directa, una sección 2 de calentamiento de tubos radiantes, una sección 3 de mantenimiento de tubos radiantes, una sección 4 de enfriamiento lento, una sección 5 de enfriamiento rápido, una sección 6 de envejecimiento, una sección 7 de salida de horno y una sección 8 de revestimiento.

La sección de precalentamiento con llama directa tiene las funciones principales siguientes:

. Calentar la banda de la temperatura ambiente a una temperatura deseada, por ejemplo, que varía de 500 °C a 750 °C para el acero, según su grado.

. Eliminar el aceite introducido por el método de laminado en frío y los finos de óxido formados durante o después del laminado en frío presentes en la banda.

. Preparar la superficie de la banda para el método de revestimiento eliminando los óxidos presentes en la superficie.

La sección de precalentamiento con llama directa comprende dos zonas: una zona activa donde se instalan quemadores que permiten calentar la banda a la temperatura definida por el ciclo térmico, y una zona de recuperación donde la banda se precalienta a una temperatura inferior a 250 °C para evitar su oxidación, y esto agotando el calor contenido en los humos procedentes de la zona activa.

Haciendo referencia al esquema de la Figura 2 de los dibujos adjuntos, puede verse una ampliación de la sección de precalentamiento de la Figura 1. En el sentido de desplazamiento de la banda, esta comprende una compuerta 10 de entrada que asegura una separación de atmósferas entre el aire ambiente y la atmósfera presente en el interior del horno.

Sigue una zona 11 vertical de recuperación en donde la banda se precalienta mediante los humos de combustión. En esta zona, así como en el conjunto de la sección de precalentamiento, los humos circulan en sentido inverso al de la banda. Cerca de la entrada de la zona de recuperación, cerca de la compuerta 10 de separación de atmósferas, una salida 12 permite llevar los humos a una zona complementaria de recuperación de energía no representada, exterior a la sección de precalentamiento, mediante un potenciador no representado. Los humos salen de la sección de precalentamiento a una temperatura comprendida normalmente entre 700 °C y 900 °C.

La zona complementaria de recuperación de energía permite agotar adicionalmente los humos bajando aún más su temperatura. Esta puede comprender un intercambiador de calor que permita transferir la energía calorífica de los humos a otro fluido, por ejemplo, al aire utilizado para alimentar los quemadores de la sección de precalentamiento y limitar por lo tanto el consumo de combustible.

La sección de precalentamiento con llama directa puede ser horizontal o vertical, según circule la banda en esta de forma horizontal o vertical. En una línea vertical, la sección de precalentamiento siempre es vertical. En una línea horizontal, la sección de precalentamiento es normalmente horizontal, pero puede ser también vertical, concretamente para limitar la longitud de la línea.

En una sección de precalentamiento horizontal, la zona activa y la zona de recuperación se suceden sin cambio de dirección de la banda. Los humos procedentes de la zona activa se descargan por lo tanto a la zona de recuperación conservando una buena distribución de los humos en la anchura de la banda.

5 En una sección de precalentamiento vertical, como se representa en la Figura 2, la zona activa y la zona de recuperación están situadas normalmente en dos ramas de banda distintas, una ascendente para la zona de recuperación y otra descendente para la zona activa. En la parte alta de cada zona hay dispuesto un rodillo deflector 31, 32 para un cambio de dirección de la banda de 90 grados. Entre los dos rodillos deflectores, la banda circula horizontalmente según el mismo sentido horario. En la salida de la zona activa, la temperatura del horno es muy alta, por ejemplo de 1350 °C. Para evitar
10 que los rodillos deflectores queden expuestos a este nivel de temperatura, están situados en una zona 30 distinta, en donde la temperatura es más baja. Los humos pasan de la zona activa a la zona de recuperación en al menos un túnel 13 de conexión, sin pasar por esta zona 30 distinta en la que están situados los rodillos deflectores, gracias a limitadores 33, 34 instalados en la entrada y salida de esta en las ramas ascendente y descendente de la banda.

15 La descarga de los humos en las configuraciones existentes de túnel de conexión lleva a una heterogeneidad de distribución de los humos en la anchura de la banda. Esto produce una heterogeneidad de la temperatura en la anchura de la banda y una disparidad de concentración en especies químicas en la superficie de la banda. Da lugar a un estado de superficie distinto en la anchura de la banda en la salida de la sección de precalentamiento.

20 Los quemadores con llama directa de la zona activa deben garantizar el precalentamiento de la banda con una buena homogeneidad de temperatura en la anchura de la banda. Deben tener un consumo energético pequeño y emitir pocos residuos contaminantes, concretamente óxidos de nitrógeno (NOx).

25 Los quemadores deben poder funcionar también en modo reductor, es decir siendo subalimentados en comburente, para reducir al máximo la presencia de oxígeno cerca de la banda y evitar de este modo su oxidación. Si se asume que un nivel de oxígeno bajo cerca de la banda de algunos cientos de ppm es admisible, conviene a pesar de todo acercarse a cero oxígeno cerca de la banda.

30 Con la aparición de los aceros de alta resistencia mecánica, ha aumentado la presencia de elementos de aleación tales como Mn, Si y Al. Estos elementos, que son ávidos de oxígeno, se oxidan con facilidad. A pesar de una atmósfera globalmente reductora en la sección de precalentamiento y en las secciones situadas aguas abajo, como las secciones de tubos radiantes de calentamiento y de mantenimiento, se forman inevitablemente óxidos de estos elementos de aleación en estas secciones en condiciones normales de funcionamiento. En una línea de galvanización, si estos óxidos están presentes en la superficie de la banda antes de su inmersión en el baño de zinc, dan lugar a defectos de
35 revestimiento. Para solucionar este problema, es conocido llevar a cabo una oxidación selectiva, o preoxidación, de estos elementos de aleación en la sección de precalentamiento de forma que se evite su difusión a la superficie de la banda. Los óxidos formados se reducen a continuación en las secciones de tubos radiantes. Esto requiere condiciones ligeramente oxidantes en la salida de la sección de precalentamiento, con un control de fin de la relación aire/gas de los quemadores. Es también necesario tener una temperatura homogénea (+/-10 °C) en la anchura de la banda para
40 que la naturaleza y el espesor de la capa de óxidos sean constantes en la anchura de la banda.

45 Por otra parte, para limitar los costes de inversión y de mantenimiento, el número de quemadores y de dispositivos de control y de regulación de lo mismos debe ser reducido. El documento JPS60125330 describe un ejemplo de instalación de precalentamiento con llama directa para una línea continua de tratamiento de bandas metálicas.

Las soluciones existentes no permiten combinar todos estos requisitos. La invención permite paliar estos problemas.

Antecedentes de la técnica

50 En una sección vertical de precalentamiento con llama directa según el estado de la técnica, los humos pasan de la zona activa a la zona de recuperación por al menos un túnel de conexión según tres configuraciones.

55 En la primera configuración ilustrada en las Figuras 2 y 3, el túnel 13 de conexión es longitudinal, es decir, conecta la zona activa 14 y la zona 11 de recuperación mediante un tramo horizontal que se extiende en la dirección de desplazamiento de la banda B. La Figura 3 corresponde a una vista de la parte superior según el plano de corte CC de la Figura 2. En esta configuración, las dos ramas verticales de la banda a nivel del túnel constituyen obstáculos para la descarga de los humos que una parte de los mismos debe rodear. Se forman remolinos de humos (vórtices) en algunas partes, concretamente en la entrada de la sección de recuperación en el sentido de la descarga de los humos. Esto da lugar a una heterogeneidad de distribución de los humos en la anchura de la banda que lleva a una
60 diferencia de temperatura y de estado de superficie en la anchura de la banda.

65 En la segunda configuración ilustrada en la Figura 4, según una vista en corte similar a la de la Figura 3, hay dispuesto un túnel 13a, 13b de conexión lateral a cada lado de la sección de precalentamiento. Las entradas de los humos del lado de la zona activa 14 y sus salidas del lado de la zona 11 de recuperación se hacen lateralmente, a los lados de la banda B. Esto da lugar a una disimetría en la anchura de la banda, siendo mayor la distribución de los humos en los laterales de la banda que en su centro.

En la tercera configuración ilustrada en la Figura 5, según una vista en corte similar a la de las Figuras 3 y 4, la aspiración de los humos a la salida de la sección 14 activa se lleva a cabo de forma simétrica en cada cara de la banda, pero la reinyección de estos, en la entrada de la sección 11 de recuperación, se lleva a cabo de forma lateral en un solo lado de la banda. Esto da lugar a una disimetría de la distribución de los humos en la anchura de la banda.

Los quemadores que equipan las secciones verticales de precalentamiento por llama directa se agrupan en dos grandes categorías, los quemadores denominados frontales y los quemadores denominados laterales según su posición con respecto a la banda.

Los quemadores denominados frontales están situados frente a frente con la banda. Se distinguen dos tipos de quemadores frontales: los quemadores frontales con mezcla de cara y los quemadores frontales de premezcla. Los quemadores frontales proporcionan una llama plana corta en espiral para evitar afectar y oxidar la banda. Esta tecnología es la más generalizada, sobre todo porque permite modular los perfiles de temperatura en la anchura de la banda ajustando el reparto de calentamiento entre los quemadores. Sin embargo, esta tecnología es costosa en inversiones y mantenimiento, ya que requiere un número importante de quemadores para cubrir toda la anchura de la banda (entre tres quemadores y nueve quemadores según la anchura de banda y la potencia unitaria de los quemadores) y un sistema de regulación complejo de ajuste de las potencias y de la relación aire/gas por quemador. Estos quemadores funcionan con aire caliente cuando se trata de quemadores frontales con mezcla de cara (de forma típica aire precalentado a 550 °C) o con aire frío o poco precalentado (temperatura inferior a 300 °C) cuando se trata de quemadores frontales de premezcla. De forma general, con quemadores frontales, al menos una zona de la sección de precalentamiento está provista de quemadores de premezcla, dando lugar a un consumo excesivo de combustible con respecto a los quemadores de aire caliente.

Los quemadores denominados laterales están situados en el lado de la banda. Desarrollan una llama en la anchura del horno, de forma paralela a la banda. Esta tecnología es más simple y más económica, ya que requiere un único quemador por fila para cubrir toda la anchura de la banda en una cara. Además, el modo de regulación de las relaciones aire/gas se hace por sección, para un conjunto de quemadores. Estos quemadores funcionan en aire caliente (normalmente 500 °C) permitiendo el ahorro de combustible. Sin embargo, estos quemadores según el estado de la técnica presentan niveles de emisión de NOx bastante altos, de forma típica de 250 mg/Nm³ a 3 % de oxígeno frente a 120 mg/Nm³ para los quemadores frontales. Además, la heterogeneidad de la temperatura de su llama en la anchura de la sección de precalentamiento es afectada por el proceso y debe corregirse mediante otro medio que no sea el quemador mismo. Por tanto, la diferencia de temperatura en la anchura de la banda puede variar entre +/-20 °C en condiciones moderadas de producción y de temperatura en la salida de sección de precalentamiento (600 °C), a +/- 50 °C para temperaturas de salida cercanas a 720 °C.

Para intentar paliar este problema, hay secciones de precalentamiento híbridas que combinan las dos categorías de quemadores. En la última zona, los quemadores laterales son sustituidos por quemadores frontales con premezcla de aire frío. Esta solución permite corregir el problema de la heterogeneidad de temperatura en la salida de la sección de precalentamiento, pero presenta los mismos otros inconvenientes mencionados anteriormente.

Por otra parte, estos quemadores frontales o laterales según el estado de la técnica retoman un diseño clásico. La combustión entre el gas y el aire se inicia en un túnel de combustión y se desarrolla en el horno según una distribución térmica y química más o menos difícilmente controlable en la anchura de la banda. La empresa solicitante no tiene conocimiento de quemadores que funcionen en modo sin llama en las secciones de precalentamiento de líneas continuas. Las características del modo de combustión sin llama, resultante de una combustión difusa, han sido muy estudiadas y los límites están bastante bien delimitados. Sin embargo, en un medio confinado, este modo de combustión se aplica con dificultad, ya que requiere volúmenes de cámara de combustión adecuados con la gran cantidad de humo recirculado necesario para obtener una combustión difusa.

Haciendo referencia al esquema de la Figura 10 de los dibujos adjuntos, puede verse representada esquemáticamente la forma frontal de la llama con un quemador lateral que funciona en modo llama según el estado de la técnica. La llama se produce entre la banda B y la pared 63 de material refractario de la cámara de combustión. La llama tiene una sección 64 circular que ocupa una parte únicamente del volumen entre la banda y la pared del horno. Esta forma de llama presenta la ventaja de limitar el riesgo de presencia de oxígeno en la superficie de la banda y evita el sobrecalentamiento de los materiales refractarios, ya que no hay contacto de la llama con la pared del horno. Sin embargo, este tipo de llama presenta los inconvenientes mencionados anteriormente, en cuanto a la homogeneidad de la temperatura y la emisión de NOx. Con una combustión sin llama, la combustión es más homogénea pero se extiende en volumen. La Figura 11 es similar a la Figura 10 pero para un quemador lateral que funciona en modo sin llama según el estado de la técnica. La sección de la llama sigue siendo prácticamente circular, pero ocupa el volumen disponible entre la banda y la pared del horno. Esta configuración es ventajosa en emisión de NOx pero conlleva una considerable probabilidad de presencia de oxígeno cerca de la banda, y por tanto un riesgo de oxidación no controlado y, en la otra parte de la llama, una temperatura de pared más elevada perjudicial para la composición del material refractario.

Resumen de la invención

- Según un primer aspecto de la invención, se propone una sección de precalentamiento por llama directa para una línea continua de tratamiento de bandas metálicas que comprende una zona de unión prevista para una circulación de humos de combustión procedentes de una zona activa provista de quemadores hacia una zona de recuperación de precalentamiento de la banda por intercambio con dichos humos, pudiendo funcionar los quemadores en el modo denominado sin llama. Dicha zona de unión incluye una cámara de salida que puede orientar la salida de los humos de modo que se descargue en forma frontal con respecto a la banda en la salida de la zona activa, y una cámara de entrada que puede orientar la descarga de humos de modo que se descarguen de forma frontal con respecto a la banda en la entrada de la zona de recuperación, según la dirección de descarga de los humos.
- La cámara de salida está dispuesta en la salida de la zona activa, en el sentido de la descarga de los humos, y dispuesta para una extracción de humos, estando dispuesta la cámara de entrada en la entrada de la zona de recuperación, y dispuesta para una inyección de humos, comprendiendo además la zona de unión dos cámaras de desvío dispuestas cada una para que se realice en la descarga de los humos un desvío de 90 grados entre una abertura de entrada y una abertura de salida, una primera cámara de desvío que comunica directamente con la cámara de salida y una segunda cámara de desvío que comunica directamente con la cámara de entrada, y dos túneles de unión dispuestos para una circulación de los humos, uniendo un primer túnel de unión directamente la abertura de salida de la primera cámara con una abertura de entrada de la cámara de entrada y un segundo túnel de unión que une directamente una abertura de salida de la cámara de salida y la abertura de entrada de la segunda cámara.
- Ambos circuitos son prácticamente simétricos para obtener un reparto equilibrado de los humos en las dos caras de la banda, contribuyendo a una buena homogeneidad de temperatura.
- Ambas aberturas de salida de la cámara de salida están dispuestas frente a frente y frontalmente con respecto a una circulación de la banda en la zona activa, y ambas aberturas de entrada de la cámara de entrada están dispuestas frente a frente y frontalmente con respecto a una circulación de la banda en la zona de recuperación.
- Esta disposición favorece la distribución de la descarga de los humos en la anchura de la banda en la zona de unión y en la longitud de las zonas activa y reactiva. Esto da lugar a una mejor homogeneidad en temperatura y en estado de superficie en la anchura de la banda comparado con una solución donde la inyección y/o la extracción de los humos se hace de forma lateral, según una dirección paralela a la dirección definida por la anchura de la banda.
- Además, la ausencia de la banda en las cámaras en donde la descarga de los humos se desvía 90 grados contribuye a la homogeneidad de la distribución de los humos en la anchura de la banda.
- Las dimensiones de anchura y longitud en un plano horizontal de las cámaras de zona de unión donde está la banda son las mismas que las de las zonas activa y de recuperación que prolongan. Por lo tanto, la sección de la cámara que prolonga la zona de recuperación es menor que la de la cámara que prolonga la zona activa. Las cámaras previstas para orientar el flujo de los humos, sus aberturas y los conductos de conexión entre las cámaras se dimensionan de modo que los humos se descarguen en las cámaras donde está la banda según una dirección perpendicular a una cara de la banda y de modo que la distribución de los humos sea homogénea en la anchura de la banda.
- Las cámaras de la zona de unión en las que la descarga de los humos se desvía 90 grados están situadas entre la rama ascendente y la rama descendente de la banda. Están situadas al mismo nivel en la altura de la sección de precalentamiento que las cámaras donde está la banda y están alineadas con estas longitudinalmente, según la dirección de desplazamiento de la banda en la línea. El espacio horizontal normalmente disponible entre la zona activa y la zona de recuperación de una sección de precalentamiento con llama directa según el estado de la técnica es suficiente para la instalación de las dos cámaras en donde la descarga de los humos se desvía 90 grados. Este espacio puede no obstante aumentarse ligeramente si fuera necesario, para obtener una buena distribución de los humos y una descarga de estos según una dirección perpendicular a la dirección definida por la anchura de la banda en anchura.
- Según un segundo aspecto de la invención, los quemadores son de tipo lateral con llama directa, siendo adecuados dichos quemadores para funcionar en modo sin llama, por ejemplo, cuando la temperatura interna de la zona activa cerca de los quemadores es superior a 850 °C.
- Este tipo de combustión es muy poco emisivo en el espectro ultravioleta. La llama es prácticamente invisible al ojo, de ahí la expresión modo sin llama. Los límites de la llama están menos bien definidos, ya que los productos de combustión son muy homogéneos y se mezclan con los humos del horno.
- En modo sin llama, la combustión está muy diluida en varios volúmenes de humos. Este modo de funcionamiento es accesible bien recirculando los humos localmente en la misma cámara de combustión, o bien retomando una parte de los humos por otra, por ejemplo, directamente de la chimenea, y reinyectándolos en el quemador. Esta última posibilidad es sin embargo más compleja de ejecutar. Para obtener una recirculación suficiente localmente en la misma cámara de combustión para funcionar en modo sin llama sin recurrir a una recirculación externa, es necesario disponer de una inyección de aire y de gas de alta velocidad en la cámara de combustión. La geometría del quemador y la de la cámara de combustión crean recirculaciones de los productos de combustión hacia el quemador, diluyendo de este modo el comburente y el combustible con los productos de combustión antes de la reacción.

En funcionamiento normal, es decir fuera de las fases de ascenso y descenso de temperatura del horno, en las paradas y rearranques de la línea, la temperatura interna de la zona activa es superior a 850 °C. Los quemadores funcionan por tanto principalmente en modo sin llama.

5 La combinación de quemadores que funcionan sin llama y de una zona de unión entre la zona activa y la zona de recuperación de la sección de precalentamiento según la invención permite obtener una buena homogeneidad de temperatura y de estado de superficie en la anchura de la banda desde la entrada de esta en la sección de precalentamiento hasta su salida. Esta combinación es necesaria para obtener esta buena homogeneidad en la
10 anchura de la banda a la salida de la sección de precalentamiento, ya que una heterogeneidad importante presente en la banda en la entrada de la zona activa que resultara de una zona de unión según el estado de la técnica, no podría corregirse en la zona activa. En efecto, la combustión en volumen del modo sin llama de los quemadores laterales no permite ajustar la potencia proporcionada a la banda en su anchura.

15 La diferencia de temperatura en la anchura de banda está por tanto limitada a aproximadamente +/- 10 °C en la salida de la sección de precalentamiento, lo que permite obtener propiedades mecánicas y una capa de óxidos homogénea en la anchura de la banda, en caso de una oxidación selectiva.

20 El funcionamiento en modo sin llama permite limitar la temperatura alcanzada por los productos de combustión en comparación con un modo de combustión con llama. Por lo tanto, en funcionamiento con un factor de aire de 0,95, el quemador según la invención en funcionamiento en modo sin llama permite bajar el punto caliente en la llama a aproximadamente 1450 °C es decir apenas 100 °C por encima de la temperatura de los materiales refractarios. Como comparación, para las mismas condiciones de funcionamiento, los quemadores frontales según el estado de la técnica tienen temperaturas de llama que superan los 1700 °C.

25 Al estar relacionada la formación de los NOx directamente con la temperatura de llama, el quemador según la invención tiene una tasa de emisión de NOx claramente menor que la de los quemadores según el estado de la técnica en un funcionamiento sin llama. Por otra parte, los análisis de especies químicas en la llama muestran una mejor homogeneidad comparado con una combustión clásica. La escasa cantidad de oxígeno local participa
30 también en la disminución del nivel de NOx.

El paso a modo sin llama a partir de una temperatura de 850 °C permite asegurar una buena combustión en el volumen de la cámara, permitiendo este nivel de temperatura una autoinflamación del combustible. Por debajo de esta temperatura, el quemador funciona en modo llama con una regulación de combustión ligeramente oxidante.

35 El quemador según la invención puede funcionar con aire de combustión precalentado hasta 600 °C, sin impacto importante sobre las emisiones de NOx. Los recuperadores de energía tienen ahora una eficacia que permite alcanzar temperaturas de aire precalentado cercanas a 600 °C. Ahora bien, la producción de NOx en los quemadores tradicionales es muy dependiente de los niveles de temperatura del aire con una curva de evolución exponencial. Por tanto, en estos quemadores se limita la temperatura del aire. Esta evolución del NOx en función
40 de la temperatura de aire es netamente más plana y lineal en una combustión difusa, lo que permite llevar la temperatura del aire a 600 °C. Esta temperatura de aire más elevada limita el consumo de combustible y favorece la recirculación de los humos y la homogeneidad de las especies en la cámara de combustión.

45 El precalentamiento del aire de combustión puede hacerse en un intercambiador de calor en donde se hacen circular los humos que salen de la sección de precalentamiento. Aun enfriado por un intercambio con la banda en la zona de recuperación, su nivel de temperatura es todavía suficiente para asegurar el precalentamiento del aire de combustión.

50 Los quemadores presentan una dirección axial en la intersección de un plano vertical y de un plano horizontal, y comprenden un difusor atravesado por conductos de inyección de combustible para un funcionamiento en modo sin llama y conductos de inyección de comburente. Dichos conductos de inyección de comburente desembocan del difusor más próximo al eje del quemador que dichos conductos de inyección de combustible para un funcionamiento en modo sin llama. Los quemadores tienen conductos de inyección de comburente que desembocan del difusor en el plano vertical que son divergentes, y otros que desembocan del difusor en el plano horizontal que son convergentes hacia el eje del quemador.

55 Los conductos de inyección de combustible y de comburente están dispuestos de forma que se obtenga la distribución deseada del combustible y del comburente en el volumen de la cámara de combustión delimitado por una cara de la banda y las paredes laterales y frontales del horno para obtener una combustión sin llama. La combustión en volumen resultante permite obtener una buena distribución de los productos de combustión en la
60 anchura de la banda y por tanto una buena homogeneidad de temperatura en la misma.

Para ello, los quemadores están posicionados en la sección de precalentamiento con su plano vertical dispuesto paralelo a la banda.

65 En el escape de los conductos de inyección, el comburente se extiende en el sentido vertical y se contrae en el sentido horizontal. Los chorros de combustible tienen un impulso inferior al de los chorros de comburente. El combustible es

aspirado por el comburente con el que reacciona, constituyendo una envoltura al flujo de aire que va a proteger la banda de la oxidación. El impulso de los chorros de comburente aspira de la misma forma los humos para hacerlos recircular.

5 Por lo tanto, aunque la banda esté en la cercanía inmediata de los quemadores, el eje de los quemadores, que de forma típica está situado a aproximadamente 400 mm de la banda, se evita la presencia de oxígeno cerca de la banda y su oxidación.

10 Este criterio del oxígeno cerca de la banda es crítico para un uso de quemadores laterales sin llama en una sección de precalentamiento, ya que los quemadores sin llama requieren normalmente mayores volúmenes de cámara de combustión para alcanzar un máximo de recirculación de humos. Si el confinamiento de la cámara no lo permite, la combustión se prolonga y el oxígeno residual presente en la llama contaminará la banda.

15 Para una aplicación en la sección de precalentamiento, no es suficiente por tanto homogeneizar el índice de oxígeno en la llama como en un quemador sin llama tradicional. También es necesario no aumentar el tamaño de la zona de reacción. Dicho de otro modo, no debe aumentarse la anchura de la llama. Ahora bien, una combustión sin llama es de forma general más extendida que una combustión tradicional.

20 El régimen de combustión sin llama se basa en la presencia necesaria de una zona de recirculación de gran intensidad alrededor de los chorros de reactivos en la cámara del horno. Los chorros de combustible y de aire deben tener por tanto un impulso suficiente para poder producir y mezclarse con los humos aspirados. Los impulsos de chorros de comburente y de combustible realizados según la invención garantizan un índice de recirculación total de los humos de seis alrededor de los chorros, suficiente para la combustión sin llama. Esto implica que, como media, el chorro de comburente o de combustible se diluye en seis volúmenes de humos.

25 Además, los quemadores sin llama no poseen un túnel de combustión. Ahora bien, esto contribuye a que se inicien muy pronto las reacciones en un quemador tradicional. La consecuencia perjudicial para una aplicación de quemadores sin llama en la sección de precalentamiento sería que afectara a la pared situada en frente del quemador, lo que aceleraría su degradación. Por ello es necesario limitar también la longitud de la llama.

30 La disposición de los conductos de inyección del comburente y del combustible de los quemadores según la invención permite responder a estas limitaciones.

35 Cada uno de los conductos de inyección de comburente puede disponerse en el plano vertical y en el plano horizontal. Los conductos que desembocan en el plano vertical pueden ser divergentes y los conductos que desembocan en el plano horizontal pueden ser convergentes hacia el eje del quemador.

Los conductos de inyección de comburente de los quemadores que desembocan del difusor en el plano vertical son divergentes según un ángulo comprendido entre 2 y 12 grados, y preferiblemente de siete grados.

40 Los conductos de inyección de comburente de los quemadores que desembocan del difusor en el plano horizontal son convergentes según un ángulo comprendido entre 1 y 5 grados, y preferiblemente tres grados.

Los conductos de inyección de combustible de los quemadores para un funcionamiento en modo sin llama son convergentes hacia el eje del quemador.

45 Son convergentes según un ángulo comprendido entre cinco y quince grados y preferiblemente once grados.

50 Estos ángulos en los conductos de combustible y de comburente, combinados con las velocidades de inyección y el impulso de los chorros, son especialmente adecuados para las dimensiones habituales de una sección de precalentamiento con llama directa. El impulso y el ángulo de inyección de los chorros de aire son predominantes, siendo el impulso de los chorros de combustible menos importante.

55 Como puede verse haciendo referencia a la Figura 12 de los dibujos adjuntos, la disposición de los conductos de inyección de combustible y de comburente según la invención permite obtener una llama cuya sección tiene una forma en X. De este modo, la llama se extiende según la dirección vertical y se contrae según la dirección horizontal.

60 Los quemadores sin llama son inestables en frío. En estos quemadores, las llamas se desprenden y se producen de forma difusa en el horno. En frío, cuando no se alcanza la temperatura de autoinflamación, esto supone un problema, ya que en caso de desprendimiento de la llama, el quemador pone a salvo toda la zona de la sección de precalentamiento. Esta debe entonces purgarse para poder volver a arrancar. Es conveniente por tanto tener un modo de calentamiento muy estable en frío para hacer aumentar la temperatura del horno.

65 Para responder a esta limitación, los quemadores comprenden un segundo conducto de inyección de combustible para un funcionamiento en modo llama que se extiende según la dirección axial del quemador y que desemboca del difusor en el eje del quemador.

Los quemadores tienen también un conducto anular de alimentación de aire de combustión alrededor del conducto de inyección de combustible para un funcionamiento en modo llama. Este aire contribuye a la fijación de la llama.

5 Los quemadores según la invención son especialmente adecuados para un funcionamiento con gas natural y con gas de siderurgia, concretamente gas de horno de coque también denominado COG, "Coke oven gas".

10 El quemador según la invención permite obtener niveles de NOx inferiores a 100 mg/Nm³ a 3 % de oxígeno para un horno a 1350 °C, un control de la combustión en ausencia de aire y aire de combustión precalentado a 600 °C. El oxígeno residual cerca de la banda es del orden de 20 ppm en toda la anchura de la banda.

10 El contenido de oxígeno residual cerca de la banda es escaso y homogéneo en la anchura de la banda. Varía ligeramente según la relación aire/gas, con del orden de 20 ppm para una relación aire/gas de 0,90 y 25 ppm para una relación aire/gas de 0,95.

15 Unos quemadores dispuestos en la entrada de la zona activa, según el sentido de desplazamiento de la banda, funcionan en atmósfera estequiométrica, mientras que los otros, la mayoría de los quemadores, funcionan en ausencia de aire. El funcionamiento en atmósfera estequiométrica de estos quemadores permite producir humos que van a quemar/descomponer los hidrocarburos presentes en la superficie de la banda. El funcionamiento en ausencia de aire de los otros quemadores permite obtener humos reductores que reducirán los óxidos de hierro presentes en la superficie de la banda.

20 Los quemadores de la sección de precalentamiento se distribuyen por tanto según al menos dos zonas de regulación. La atmósfera en la sección se controla a lo largo de la zona activa haciendo variar la relación aire/gas en las distintas zonas de regulación.

25 Algunos productos planos que llegan al mercado, concretamente los aceros de tercera generación, requieren una preoxidación selectiva de la superficie de la banda. Para obtener esta preoxidación, el precalentamiento se lleva a cabo en varias etapas, con una etapa en una zona muy ligeramente oxidante. En ella, la combustión debe regularse finamente alrededor de la relación aire/gas prevista, normalmente comprendida entre 1,01 y 1,05. El nuevo diseño de quemador según la invención es compatible con este uso. La distribución del oxígeno cerca de la banda es muy homogénea, de +/- 0,1 %. Puede producirse por tanto una oxidación selectiva idéntica en toda la anchura de la banda, tanto más cuando la homogeneidad de temperatura de la banda también se mejora. El espesor de la capa de óxido en el acero se controla por tanto mediante una gestión sencilla del exceso de aire en esta zona. La ventaja de esta característica es interesante, ya que evita una cámara compleja dedicada a la oxidación selectiva de la banda.

35 Según un segundo aspecto de la invención, se propone una línea continua de tratamiento de una banda metálica que comprende una sección de precalentamiento con llama directa como la descrita anteriormente.

Breve descripción de las figuras

40 Otras características y ventajas de la invención, aparecerán durante la lectura de la siguiente descripción detallada, para la comprensión de la cual, se hará referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

45 la [Fig.1] es una vista esquemática de conjunto de una línea de galvanización con una sección de precalentamiento con llama directa según el estado de la técnica,

45 la [Fig.2] es una ampliación de la sección de precalentamiento de la Figura 1,

la [Fig.3] es una vista esquemática desde la parte superior y en corte de la sección de precalentamiento según la Figura 2,

50 la [Fig.4] es una vista esquemática de la parte superior y en corte de una sección de precalentamiento según un segundo ejemplo del estado de la técnica,

55 la [Fig.5] es una vista esquemática de la parte superior y en corte de una sección de precalentamiento según un tercer ejemplo del estado de la técnica.

55 la [Fig.6] es una vista esquemática similar a la Figura 2, pero para una sección de precalentamiento con llama directa según una realización de la invención,

60 la [Fig.7] es una vista esquemática de la parte superior y en corte de la sección de precalentamiento similar a las de las Figuras 3 a 5, pero para la sección de precalentamiento según la Figura 6,

la [Fig.8] es una vista frontal esquemática del difusor de un quemador según una realización de la invención,

65 la [Fig.9] es una vista esquemática en corte y en tres dimensiones de una mitad del difusor según la Figura 8,

la [Fig.10] es una vista esquemática lateral que muestra la forma frontal de la llama con un quemador que funciona en modo llama según el estado de la técnica, para una sección de precalentamiento vertical,

5 la [Fig.11] es una vista esquemática que muestra la forma frontal de la llama con un quemador que funciona en modo sin llama según el estado de la técnica, siempre para una sección de precalentamiento vertical,

la [Fig.12] es una vista esquemática que muestra la forma frontal de la llama con un quemador según la invención que funciona en modo sin llama, siempre para una sección de precalentamiento vertical.

10 Descripción detallada de la invención

Las realizaciones descritas a continuación no son limitativas, estando definido el ámbito de la invención por las reivindicaciones adjuntas.

15 En lo que resta de la descripción, los elementos que presenten una estructura idéntica o funciones análogas se designarán mediante las mismas referencias.

Haciendo referencia al esquema de la Figura 6 de los dibujos adjuntos, puede verse una vista esquemática de una sección de precalentamiento con llama directa según la invención. Una zona 13 de unión asegura la conexión de fluidos entre la zona 11 de recuperación y la zona activa 14 provista de quemadores laterales 15.

20 La naturaleza de la zona 13 de unión es similar a la de las zonas activa y de recuperación en que comprende una envoltura exterior metálica y un revestimiento interior de material refractario.

25 La zona 13 de unión comprende dos cámaras 18, 19 en donde circula la banda, la cámara 18 en la entrada de la zona 11 de recuperación, en el sentido de la descarga de los humos, para la rama ascendente y la cámara 19 en la salida de la zona activa para la rama descendente.

30 La zona 13 de unión comprende también dos cámaras 20, 21 adicionales previstas para orientar la descarga de los humos frente a la banda, desviándolos 90 grados, con la cámara 20 del lado de la rama ascendente y la cámara 21 del lado de la rama descendente. Están dispuestas en la parte central de la zona de unión, entre la rama ascendente y la rama descendente de la banda.

35 Debido a la aspiración realizada por el potenciador de humos, la descarga de los humos es de salida en las cámaras 19, 21 dispuestas del lado de la zona activa 14 y es de entrada en las cámaras 18, 20 dispuestas del lado de la zona 11 de recuperación.

40 Como se ilustra en la Figura 7, cada una de las cámaras 18, 19 en donde circula la banda, comprende dos aberturas 22, 23, y 24, 25, dispuestas enfrentadas, frente a la banda, por las que entran o salen los humos. En cada una de las cámaras 20, 21 previstas para orientar el flujo de los humos, una de las aberturas 23, respectivamente 25 (la que está conectada con las cámaras 18, 19 donde circula la banda), está dispuesta frente a la banda, y una segunda abertura 26, respectivamente 27 está dispuesta a 90 grados en una cara lateral de dicha cámara.

45 La zona 13 de unión comprende dos conductos 28, 29 de conexión que canalizan los humos de la zona activa 14 a la zona 11 de recuperación. El primer conducto 28 conecta las cámaras 18 y 21 y el segundo conducto 29 conecta las cámaras 19 y 20. Estos conductos comprenden una envoltura exterior metálica y un revestimiento interior de material refractario.

50 En su parte superior, la zona 13 de unión está unida a una cámara 30 en donde se sitúan dos rodillos deflectores 31, 32 para dirigir la banda. Dos limitadores 33, 34 limitan la circulación de los humos en la cámara 30 para que esta permanezca a una temperatura moderada adecuada para los rodillos deflectores.

55 La zona activa 14 comprende una pluralidad de quemadores 15 según la invención dispuestos en sus caras laterales. Su temperatura media es de aproximadamente 1350 °C. Los quemadores se sitúan escalonados a cada lado del horno y escalonados a cada lado de la banda. Por lo tanto, los quemadores están dispuestos de dos en dos en planos horizontales sucesivos, pero la posición de los quemadores es distinta entre dos planos horizontales. En un primer plano horizontal, un quemador está dispuesto en una cara lateral del horno y a un lado de la banda y el segundo está dispuesto en la cara lateral opuesta, y al otro lado de la banda. Se tiene el inverso en un segundo plano horizontal vecino del primero.

60 La distancia horizontal entre el eje de los quemadores y la banda es por ejemplo de 400 mm. La distancia vertical entre dos quemadores dispuestos en una misma cara de la zona activa y del mismo lado de la banda es por ejemplo de 750 mm.

65 La potencia nominal de un quemador es por ejemplo de 500 kW y está comprendida de forma general entre 400 kW y 800 kW. Puede ser distinta en la anchura de la sección de precalentamiento. Sin embargo, todos los quemadores tienen con frecuencia la misma potencia nominal y funcionan en modo proporcional para modular el aporte calorífico en la longitud de la zona activa.

El dimensionado del quemador tiene en cuenta distintos aspectos que atañen a la vez a la capacidad de la línea (número de toneladas por hora de banda de acero a recalentar), a la ejecución del modo de combustión sin llama, de la producción de la llama deseada en el horno según sean la anchura de la banda y las dimensiones de la sección transversal de la zona activa, y teniendo en cuenta las condiciones de uso del quemador.

Como se ilustra en las Figuras 8 y 9, para este ejemplo de realización de la invención, el comburente pasa a través de cuatro conductos 51, 52. Para una potencia del quemador de 500 kW y del aire precalentado a 600 °C, estos conductos pueden tener un diámetro de 21 mm. Desembocan en un pequeño minitúnel 53 por orificios cuyos ejes son distantes del eje central del quemador de 100 mm. La longitud de los conductos 51, 52 debe ser de al menos tres veces su diámetro para establecer correctamente el chorro de aire en el escape del conducto. Las velocidades de aire caliente están comprendidas de forma general entre 50 y 300 m/s, y de forma típica 200 m/s. La orientación divergente de los chorros verticales a 7° permite extender la llama. La orientación convergente de los chorros horizontales a 3° permite contraer la llama. Cuanto más se aumenta la divergencia mayor es el riesgo de deteriorar el nivel de NOx. Aumentando la convergencia, hay un riesgo de perturbar el flujo de aire y por tanto de tener una llama inestable. El intervalo de funcionamiento óptimo es por tanto bastante estrecho, con +/- cinco grados para los chorros verticales divergentes y +/- dos grados para los chorros horizontales convergentes.

Los orificios de aire se agrupan por pares. Deben ser diametralmente opuestos según dos ejes, vertical y horizontal. No es necesario que los pares de orificios sean idénticos. Se obtendrá una extensión de la llama mayor si los orificios de aire verticales y divergentes tienen un diámetro mayor. Para conservar la misma velocidad en el escape de los conductos de comburente convergentes y divergentes, el diámetro de los orificios de aire horizontales y convergentes se reduce de forma proporcional al aumento del diámetro de los orificios verticales y divergentes.

La salida de los chorros de aire se sitúa detrás del plano del difusor a aproximadamente 60 mm. Este minitúnel 53 permite iniciar la mezcla del aire con los humos y reduce localmente la concentración parcial de oxígeno. Su diámetro es de 150 mm es decir 1,5 veces el diámetro en el que se disponen los escapes de los conductos 51, 52 de aire. Otra utilidad de este túnel es mejorar la estabilidad de la llama cuando el horno está frío.

La inyección del combustible se hace mediante dos conductos 54. Los chorros de gas son diametralmente opuestos y situados en la parte alta y baja en el exterior del difusor 60 en un diámetro de 250 mm. Los dos conductos 54 son convergentes hacia el eje del quemador según un ángulo de 11°. Esta particularidad permite al gas mezclarse con los humos antes de ser aspirado por los chorros de aire. Se obtendría un principio similar disponiendo los conductos 54 horizontalmente dado que el gas es aspirado por el flujo de aire. El punto de encuentro aire/gas se sitúa aproximadamente a 30 cm del difusor.

Los conductos 54 de inyección del gas tienen un limitador en su extremo para la aceleración del chorro, cuyo diámetro es de 15 mm. La velocidad del gas en el escape es aquí de 50 m/s para gas natural. Normalmente está comprendida entre 20 y 100 m/s. Los orificios de escape del gas están a una distancia de dos a cuatro veces la distancia entre los dos orificios de escape de aire de un mismo par, horizontal o vertical. Considerado el ángulo de inclinación de los inyectores, que puede ser de hasta 15°, conviene no separar demasiado los chorros de gas por una cuestión de espacio en el exterior del horno.

Los conductos 54 de inyección del gas desembocan en una pequeña cavidad que permite protegerlos de la radiación de la llama y del horno, asegurándose la velocidad del gas con el limitador del extremo del conducto.

Para la estabilidad de la llama en frío, se alimenta un tubo 55 de gas tradicional axial, perforado con tres filas de agujeros radiales, con combustible en vez de con los dos conductos 54 periféricos en las fases de aumento de temperatura del horno. En una variante, el tubo 55 de gas axial es alimentado con una premezcla de aire/gas. El caudal de combustible inyectado por el tubo de gas axial supone menos del 10 % del caudal total de combustible. El objetivo es tener una mezcla lo más íntima posible con el aire. El túnel 53 del difusor a nivel de la inyección de aire permite estabilizar la combustión. Sin embargo, se pierde la ventaja del funcionamiento sin llama. Por este motivo, este modo de funcionamiento se utiliza solo cuando el horno tiene una temperatura inferior a 850 °C y con una regulación de combustión ligeramente oxidante.

Alrededor del tubo axial 55 de gas para el funcionamiento en frío, un paso anular 56 de aire de combustión contribuye al buen encendido del quemador y a la estabilidad de la llama en frío. Este paso anular se alimenta con aire como los conductos periféricos 51, 52. El caudal de aire de combustión en este paso anular es de aproximadamente el 20 % del caudal total de aire de combustión. Se mantiene para los dos modos de funcionamiento del quemador, en modo llama y en modo sin llama.

El difusor puede realizarse en un material refractario habitual para este tipo de aplicación, de la misma naturaleza que la de los quemadores frontales con llama según el estado de la técnica.

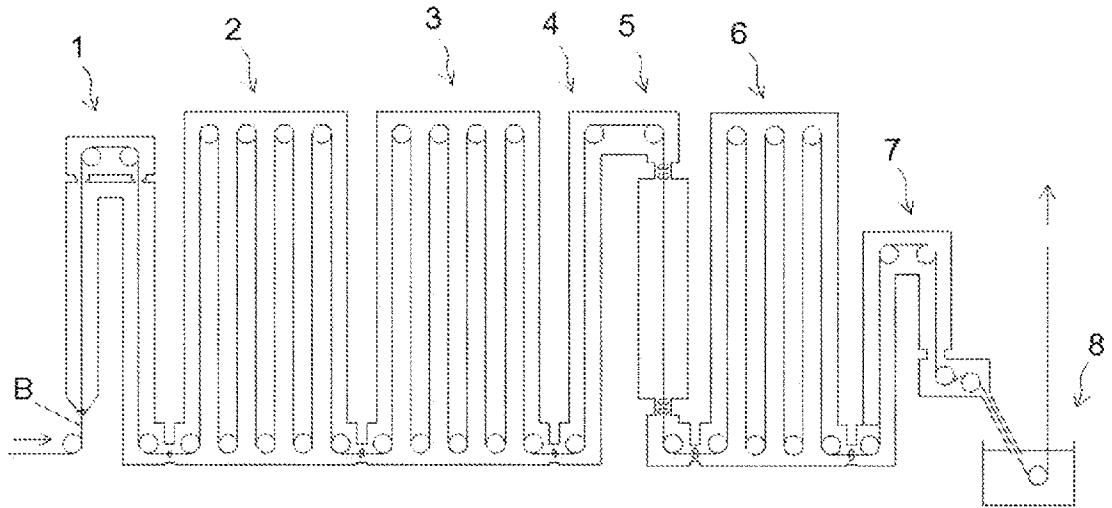
Naturalmente, la invención no se limita a los ejemplos que se acaban de describir, pudiendo proporcionarse numerosos ajustes en estos ejemplos sin salir del ámbito de la invención, como se definen en las reivindicaciones. Además, las distintas características, formas, variantes y realizaciones de la invención pueden asociarse entre sí según diversas combinaciones en la medida en que no sean incompatibles o exclusivas entre las mismas.

REIVINDICACIONES

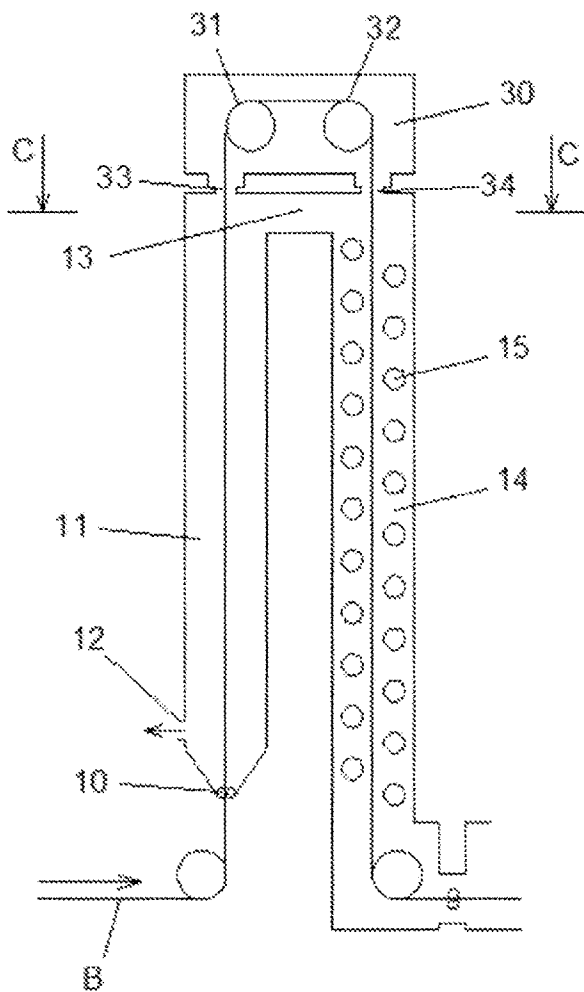
1. Sección (1) de precalentamiento con llama directa para una línea continua de tratamiento de bandas metálicas (B) que comprende una zona (13) de unión prevista para una circulación de humos de combustión procedentes de una zona activa (14) provista de quemadores (15) hacia una zona (11) de recuperación de precalentamiento de la banda por intercambio con dichos humos, **caracterizada por que** los quemadores pueden funcionar en modo denominado sin llama y por que dicha zona de unión incluye una cámara (19) de salida que puede orientar la descarga de humos de modo que se descarguen frontalmente con respecto a la banda que sale de la zona activa, y una cámara (18) de entrada que puede orientar la descarga de los humos de modo que se descarguen frontalmente con respecto a la banda que entra de la zona de recuperación, según la dirección de descarga de los humos, en donde la cámara (19) de salida está dispuesta a la salida de la zona activa (14), en el sentido de descarga de los humos y dispuesta para una extracción de humos, estando dispuesta la cámara (18) de entrada a la entrada de la zona (11) de recuperación y dispuesta para una inyección de humos, comprendiendo además la zona (13) de unión dos cámaras (20, 21) de desvío dispuestas cada una de ellas para desviar la descarga de los humos 90 grados entre una abertura (26, 25) de entrada y una abertura (23, 27) de salida, comunicando una primera cámara (21) de desvío directamente con la cámara (19) de salida y comunicando una segunda cámara (20) de desvío directamente con la cámara (18) de entrada, y dos túneles (28, 29) de conexión dispuestos para una circulación de humos, conectando un primer túnel (28) de conexión directamente la abertura (27) de salida de la primera cámara (21) con una abertura (22) de entrada de la cámara (18) de entrada y un segundo túnel (29) de conexión que conecta directamente una abertura (24) de salida de la cámara (19) de salida y la abertura (26) de entrada de la segunda cámara (20).
2. Sección (1) de precalentamiento según la reivindicación anterior, en donde las dos aberturas (24, 25) de salida de la cámara (19) de salida están dispuestas enfrentadas entre sí y frontalmente con respecto a una circulación de la banda en la zona activa (14), y las dos aberturas (22, 23) de entrada de la cámara (18) de entrada están dispuestas enfrentadas entre sí y frontalmente con respecto a una circulación de la banda en la zona (11) de recuperación.
3. Sección (1) de precalentamiento según una de las dos reivindicaciones anteriores, siendo los quemadores (15) de tipo lateral con llama directa, en donde dichos quemadores pueden funcionar en modo sin llama.
4. Sección (1) de precalentamiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, presentando los quemadores (15) una dirección axial (A) en la intersección de un plano vertical (V) y de un plano horizontal (H), y comprendiendo un difusor (60) atravesado por conductos (54) de inyección de combustible para un funcionamiento en modo sin llama y conductos (51, 52) de inyección de comburente, desembocando dichos conductos (51, 52) de inyección de comburente del difusor más cerca del eje del quemador que dichos conductos (54) de inyección de combustible para un funcionamiento en modo sin llama, **caracterizada por que** los quemadores tienen conductos (52) de inyección de comburente que desembocan del difusor en el plano vertical que son divergentes y conductos (51) de inyección de comburente que desembocan del difusor en el plano horizontal que son convergentes hacia el eje del quemador.
5. Sección (1) de precalentamiento según la reivindicación anterior, en donde el plano vertical (V) es paralelo a la banda.
6. Sección (1) de precalentamiento según la reivindicación 4 o 5, en donde los conductos (52) de inyección de comburente de los quemadores (15) que desembocan del difusor (60) en el plano vertical (V) son divergentes según un ángulo comprendido entre 2 y 12 grados, y preferiblemente de siete grados.
7. Sección (1) de precalentamiento según una de las reivindicaciones 4 o 5, en donde los conductos (51) de inyección de comburente de los quemadores (15) que desembocan del difusor (60) en el plano horizontal (H) son convergentes según un ángulo comprendido entre 1 y 5 grados, y preferiblemente de tres grados.
8. Sección (1) de precalentamiento según una de las reivindicaciones 4 o 5, en donde los conductos (54) de inyección de combustible de los quemadores (15) para un funcionamiento en modo sin llama son convergentes hacia el eje del quemador.
9. Sección (1) de precalentamiento según una de las reivindicaciones 4 o 5, en donde los conductos (54) de inyección de combustible para un funcionamiento en modo sin llama son convergentes hacia el eje del quemador según un ángulo comprendido entre cinco y quince grados y preferiblemente de once grados.
10. Sección (1) de precalentamiento según una de las reivindicaciones 4 o 5, en donde los quemadores (15) tienen un conducto (55) de inyección de combustible para un funcionamiento en modo llama que se extiende según la dirección axial del quemador y que desemboca del difusor (60) en el eje del quemador.

11. Línea de tratamiento continua de una banda metálica, que comprende una sección de precalentamiento con llama directa según una de las reivindicaciones anteriores.

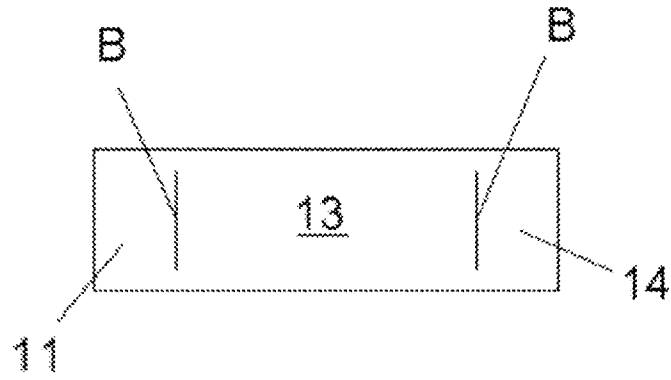
[Figura 1]



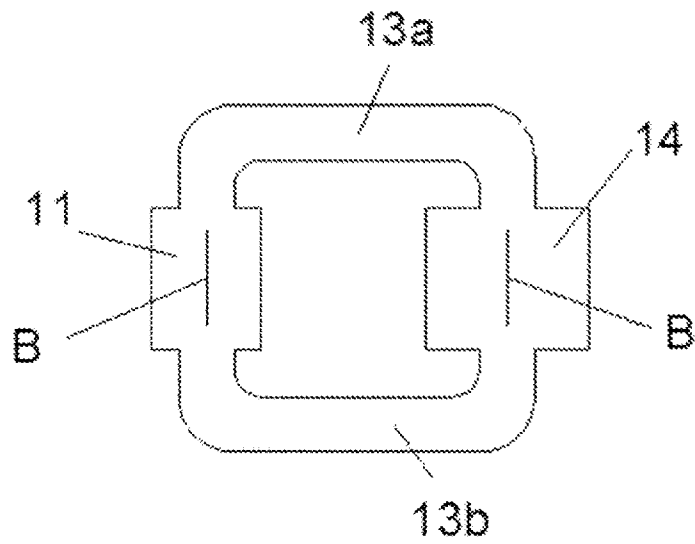
[Figura 2]



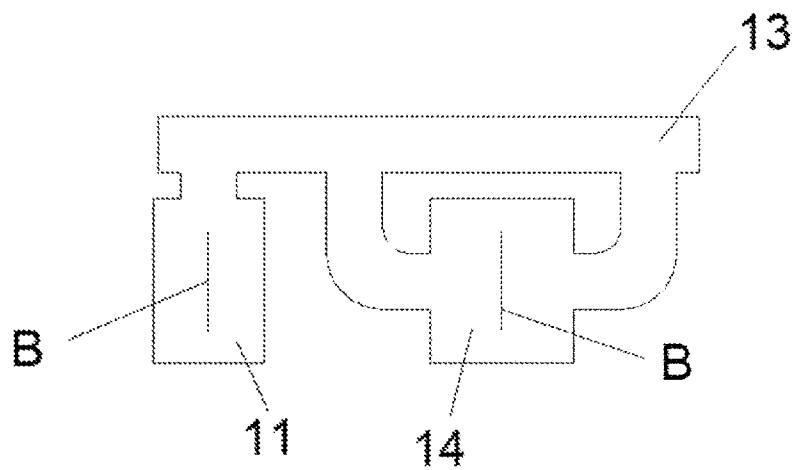
[Figura 3]



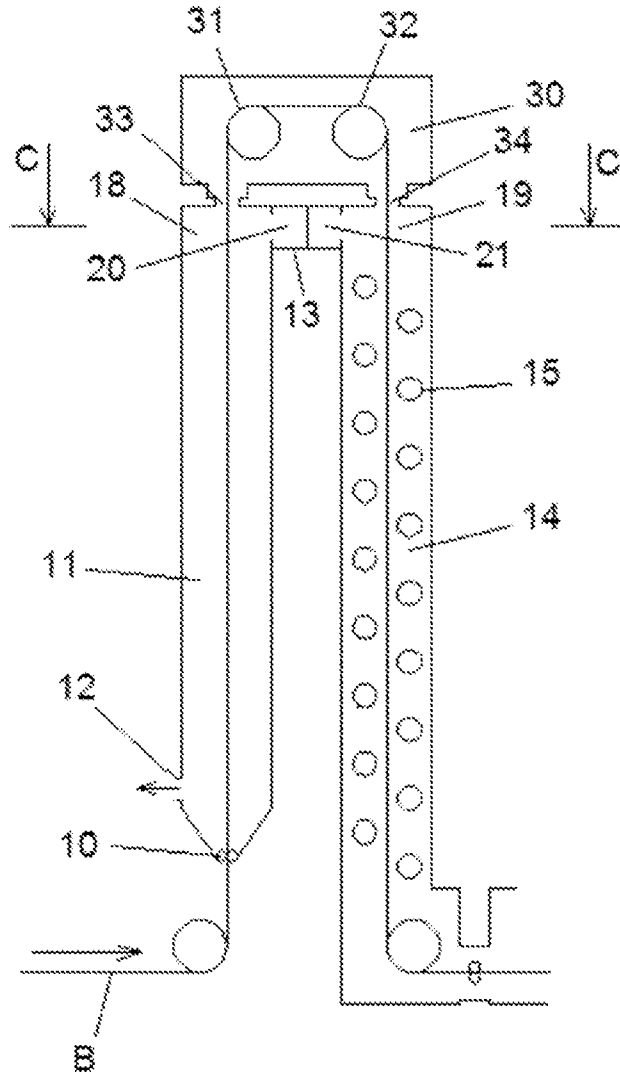
[Figura 4]



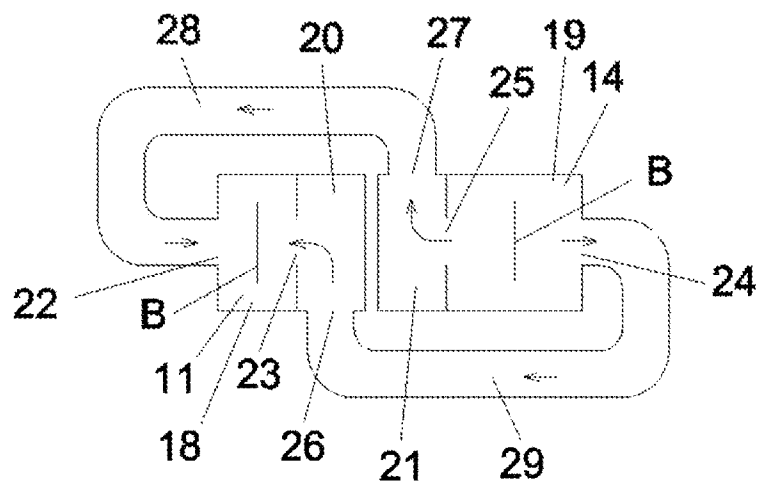
[Figura 5]



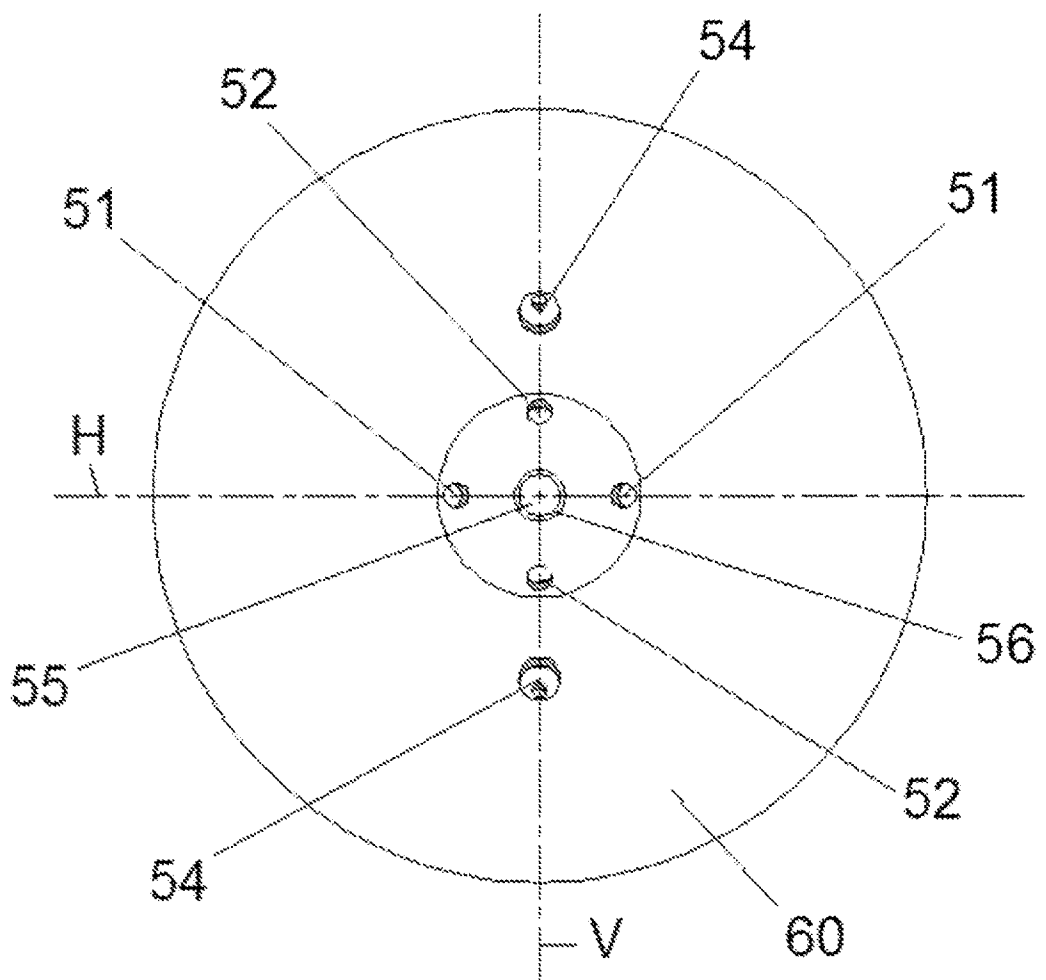
[Figura 6]



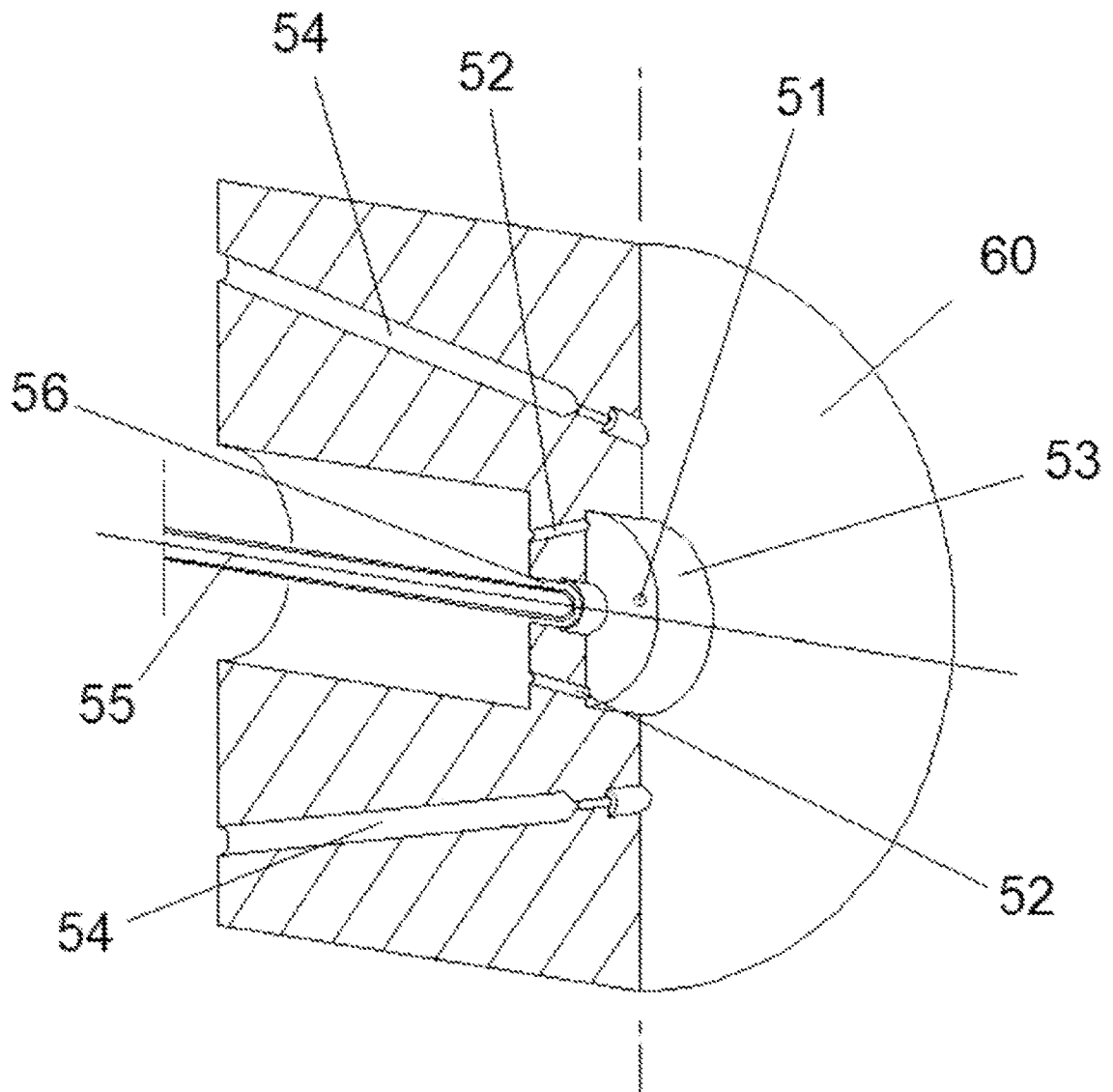
[Figura 7]



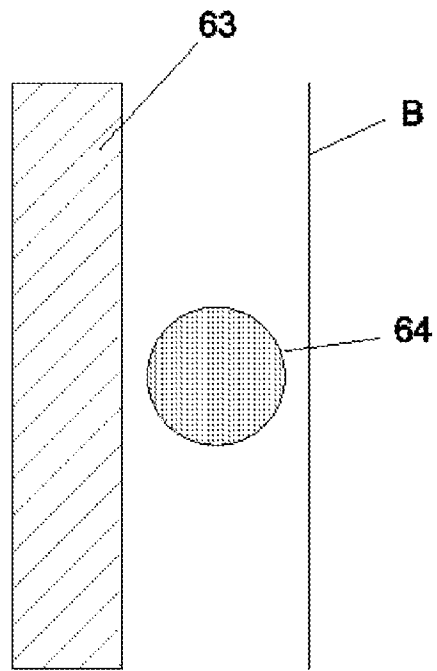
[Figura 8]



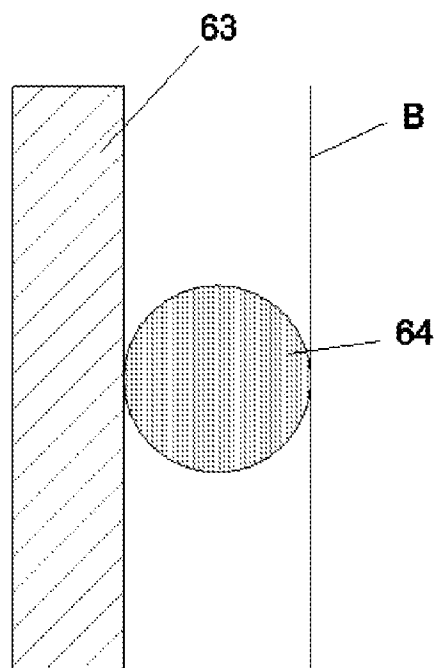
[Figura 9]



[Figura 10]



[Figura 11]



[Figura 12]

