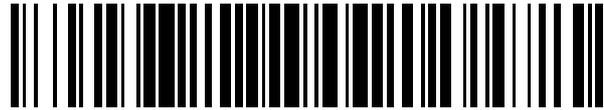


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 399 812**

51 Int. Cl.:

F27B 9/30 (2006.01)

C03B 5/235 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2010 E 10196090 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2012 EP 2437019**

54 Título: **Método de aplicación en la realización de la combustión en un horno industrial**

30 Prioridad:

30.09.2010 SE 1051019

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

03.04.2013

73 Titular/es:

**LINDE AG (100.0%)
Klosterhofstrasse 1
80331 München, DE**

72 Inventor/es:

**EKMAN, TOMAS y
LUGNET, ANDERS**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 399 812 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

Método de aplicación en la realización de la combustión en un horno industrial

La invención se refiere a un método de aplicación en la realización de la combustión en un horno industrial.

5 Más específicamente, la invención se refiere a un método de este tipo durante el funcionamiento de un horno industrial que es calentado por una matriz de un número mayor de quemadores de techo dirigidos hacia abajo, por ejemplo, un tipo llamado de "llama plana", que proporciona una llama configurada en forma de placa que gira con frecuencia. En general, tal disposición proporciona buena homogeneidad térmica en el espacio del horno, que es deseable. El documento DE 3046956 describe un horno con quemadores de techo.

10 Debido al alto riesgo de daño de la superficie de un material que es calentado en el horno por calentamiento excesivo, tales quemadores de techo son accionados normalmente con aire como oxidante.

Un problema que plantea tal calentamiento es que el aire suministrado contiene grandes cantidades de lastre de nitrógeno, que conduce a una reducción de la eficiencia energética y, por lo tanto, a un incremento de las emisiones de CO₂.

15 Con el fin de incrementar la eficiencia energética, cada quemador de techo individual puede estar diseñado como un quemador regenerativo. Por otra parte, esto constituye una inversión importante.

Otro problema es que se forman concentraciones comparativamente altas de NO_x durante el calentamiento con tal matriz de quemadores de techo.

20 Además, sería deseable poder incrementar la capacidad máxima en los hornos existentes con matrices de quemadores de techo, sin que, como resultado de ello, aparezcan gradientes de temperatura inaceptables en el espacio del horno.

La presente invención resuelve los problemas descritos anteriormente.

25 Por lo tanto, la invención se refiere a un método para realizar una combustión en un horno industrial, cuyo interior se hace que sea calentado por una matriz de quemadores de techo dirigidos hacia abajo, dispuestos en al menos dos hileras en el techo del horno industrial, en el que los quemadores de techo son accionados con un combustible y un primer oxidante para calentar un material en el interior del horno y que se caracteriza porque al menos una lanza está dispuesta en una pared lateral del horno, porque un segundo oxidante con un contenido de oxígeno de al menos 85 por ciento en peso es suministrado al interior del horno a través de la lanza a velocidad sónica o mayor, en forma de un chorro del segundo oxidante, porque se provoca que el chorro del segundo oxidante se extienda en el plano horizontal por encima del material, entre y esencialmente en paralelo a dos hileras consecutivas de quemadores de techo, y porque la cantidad de segundo oxidante suministrado por unidad de tiempo es compensada de tal manera que el oxígeno que es suministrado a través del segundo oxidante constituye al menos el 50 por ciento en peso del total del oxígeno suministrado por unidad de tiempo en el horno.

30 A continuación se describirá la invención en detalle, con referencia a formas de realización ejemplares de la invención y a los dibujos adjuntos, en los que:

35 La figura 1 es una vista de la sección transversal tomada desde arriba de una parte de un horno industrial convencional.

La figura 2 es una vista de la sección transversal tomada desde el lado de la parte del horno industrial convencional mostrado en la figura 1.

40 La figura 3 es una vista de la sección transversal tomada desde arriba de una parte de un horno industrial, en el que se aplica un método de acuerdo con una primera forma de realización preferida de acuerdo con la presente invención.

La figura 4 es una vista de la sección transversal tomada desde el lado de la parte del horno industrial mostrada en la figura 3; y

45 La figura 5 es una vista de la sección transversal tomada desde arriba de una parte de un horno industrial, en el que se aplica un método de acuerdo con una segunda forma de realización preferida de acuerdo con la presente invención.

50 En la figura 1 se muestra, en la sección transversal desde arriba, una parte de un horno industrial 100, en el que, entre las paredes laterales 101 respectivas opuestas del horno 100, es transportado un material 102, en la figura 1 a modo de ejemplo ilustrado como una pieza bruta de metal, en una dirección L de alargamiento bajo calentamiento. La figura 2 muestra la misma parte del horno industrial 100, pero en la sección transversal vista desde el lateral. Las

Figuras 1 y 2 comparten números de referencia para las mismas partes.

De acuerdo con una forma de realización preferida, la parte del horno mostrada en la figura 1 constituye una de varias zonas del horno en el horno industrial 100, en cuya zona ilustrada se pretende como objetivo un calentamiento que es lo más uniforme posible a través de la superficie completa del material metálico 102. Con el fin de conseguir tal calentamiento uniforme, se dispone una matriz de quemadores de techo 103 dirigidos hacia abajo para abrirse por encima del material caliente 102, cuyas llamas están dirigidas hacia abajo.

Se prefiere que los quemadores de techo sean del llamado tipo de "llama plana", es decir, que proporcionan llamas configuradas en forma de placa con ángulo de dispersión grande, lo que da lugar a un riesgo reducido de calentamiento excesivo de la superficie del material 102, y se eleva la homogeneidad de la temperatura en el espacio por encima de la superficie superior del material 102.

Los quemadores de techo 103 son accionados con un combustible sólido, líquido o gaseoso, tal como gas natural; y un oxidante. El oxidante puede ser aire u otro oxidante con un contenido de oxígeno de al menos 20 por ciento en volumen.

Se prefiere que los quemadores de techo 103 estén instalados en el techo del horno 100, y que la distancia vertical entre dicho techo y el material 102 esté entre 1 y 3 metros, con preferencia entre 1 y 2 metros.

De acuerdo con la invención, los quemadores de techo 103 están dispuestos en al menos dos hileras, que se extienden en una dirección perpendicular T que está convenientemente perpendicular a la dirección L de alargamiento. En las figuras 1 y 2, se muestran dos hileras 105a, 105b ejemplares con marcas de puntos respectivas. Se prefiere que la distancia entre dos hileras 105a, 105b dispuestas adyacentes de este tipo de quemadores de techo esté entre 1 y 3 metros.

Tal calentamiento proporciona un calentamiento uniforme sobre la superficie superior del material 102, pero adolece de los inconvenientes mencionados inicialmente.

Las figuras 3 y 4 muestran, de una manera correspondiente a una de las figuras 1 y 2, respectivamente, en la sección transversal desde arriba y desde el lado y utilizando números de referencia compartidos, un horno industrial 200 de acuerdo con la presente invención. El horno 200 tiene paredes laterales 201, y está asociado con una dirección L de alargamiento, a lo largo de la cual se transporta un material 202 a través del horno 200, mientras es calentado por una matriz de quemadores de techo 203 convencionales en sí, que tienen llamas 204, cuyos quemadores 203 son del tipo descrito anteriormente en conexión con las figuras 1 y 2 y dispuestos en al menos dos hileras 205a, 205b en una dirección perpendicular T, que está convenientemente perpendicular a la dirección L de alargamiento. Las distancias indicadas anteriormente, entre hileras de quemadores 205a, 205b y entre el material 202 del techo, son válidas también para las formas de realización ilustradas en las figuras 3 a 5.

Se prefiere que los quemadores de techo 203 estén dispuestos en al menos tres hileras, más preferentemente en al menos cinco hileras, todavía más preferentemente en al menos siete hileras, cada una de las cuales comprende al menos cuatro, con preferencia al menos seis, todavía más preferentemente al menos ocho quemadores de techo. Una disposición con tantos quemadores de techo da como resultado costes sustanciales para la modificación de cada quemador de techo individual con el fin de conseguir eficiencia incrementada y emisiones reducidas. Tal modificación puede consistir, por ejemplo, en que cada quemador es modificado para que sea regenerativo, utilizando un recuperador respectivo. Puesto que el presente método aporta estas ventajas de una manera de coste sustancialmente más eficiente, es especialmente ventajoso en hornos que tienen un número grande de quemadores de techo 203 en dicha matriz de quemadores.

De acuerdo con la invención, un segundo oxidante, con un contenido de oxígeno de al menos 85 por ciento en peso, desde al menos una lanza 206 para tal oxidante, está dispuesto en una pared lateral 201 del horno 200. La lanza 206 está dispuesta para suministrar el segundo oxidante al espacio interior calentado del horno 200 en forma de un chorro 207 del segundo oxidante, a alta velocidad. De acuerdo con la invención, el segundo oxidante es suministrado en forma de un chorro 207 con al menos velocidad sónica.

Además, el chorro 207 es dirigido de tal manera que se extiende en el plano horizontal, por encima de la superficie superior del material 202, y como consecuencia entre el material 202 y el techo interior del horno 200, así como entre y esencialmente en paralelo con una pareja de hileras 205a, 205b consecutivas y, por lo tanto, adyacentes de quemadores de techo 203. El chorro 207 se extiende en el "plano horizontal", que debe entenderse en el sentido de que se extiende esencialmente horizontal, incluso si su dirección puede tener también una componente vertical pequeña. Lo que es importante es que el chorro 207 se extiende a lo largo del espacio que está presente entre el material 202 y el techo.

Además, se prefiere que el chorro 207 esté dispuesto de manera que se extiende en paralelo con la superficie horizontal superior del material 202. Dependiendo del tipo de material a tratar, esta superficie superior puede tener diferentes configuraciones, pero en el caso del ejemplo de una pieza en bruto de metal o una colada de vidrio, dicha

superficie superior será esencialmente plana y horizontal.

Además, la cantidad de segundo oxidante, que es suministrada por unidad de tiempo es compensada para que el oxígeno suministrado a través del segundo oxidante comprenda al menos 50 por ciento en peso del oxígeno total suministrado en el horno 200 por unidad de tiempo, y de manera que se consiguen las condiciones estequiométricas deseada con respecto a la cantidad de oxígeno en relación a la cantidad de combustible.

El suministro del segundo oxidante con alta concentración de oxígeno, alta velocidad y entre y a lo largo de dos hileras 205a, 205b del quemadores de techo 203, da como resultado un número de ventajas.

En primer lugar, la eficiencia del calentamiento en la parte del horno 200 en cuestión se puede incrementar, puesto que se suministra una cantidad menor de nitrógeno a la atmósfera del horno si se compara con que un oxidante con mejor contenido de oxígeno, tal como por ejemplo aire, constituya una participación mayor en el oxidante total suministrado. Por lo tanto, se puede incrementar la eficiencia del calentamiento, manteniendo al mismo tiempo estable el consumo de combustible, lo que conduce a ventajas, entre otras en términos de impacto medio ambiental y economía. Al mismo tiempo, no existe ningún riesgo de calentamiento excesivo de la superficie del material 202, puesto que el segundo oxidante, que es lanzado a alta velocidad, proporciona turbulencia pesada en el horno, dado como resultado, a su vez, que se incremente el volumen total de la llama, reduciendo al mismo tiempo las temperaturas punta de la llama.

Que las temperaturas punta de la llama se reduzcan da como resultado también que se reduzca la producción de NO_x , lo que es deseable. Se ha encontrado que la cantidad relativa de NO_x formado, pero también de CO_2 , se reduce en gran medida como una función de la proporción de la cantidad total de oxígeno que se origina desde el segundo oxidante, hasta aproximadamente 50 por ciento en peso, en ciertos casos hasta 70 por ciento en peso, oxígeno del segundo oxidante.

Puesto que la lanza 206 está orientada de manera que el chorro 207 se extiende en paralelo con y entre las hileras 205a, 205b de quemadores de techo 203, se puede disponer de tal manera que solamente perturbe en una medida mínima la función de los quemadores de techo 203, lo que da como resultado que se pueda mantener la buena dispersión de la eficiencia de calentamiento desde estos quemadores de techo 203. Al mismo tiempo, se pueden aprovechar los buenos efectos positivos de turbulencia incrementada. Para conseguir esto, se prefiere que el ángulo de dispersión del chorro 207 sea como máximo 10° .

Además, la potencia máxima de calentamiento se puede incrementar adicionalmente, dependiendo del tipo de quemadores de techo 203 utilizados, sin modificar la construcción de los quemadores de techo 203. En efecto, en muchos casos es posible incrementar la cantidad de combustible suministrada a través de los quemadores de techo 203, y entonces compensar esta cantidad incrementada de combustible con respecto a la cantidad total de oxidante suministrado incrementando la cantidad de segundo oxidante suministrado por unidad de tiempo. Como consecuencia de la turbulencia pesada conseguida por el chorro 207, tal incremento de la potencia no incrementará el riesgo de calentamiento excesivo de la superficie del material 202.

En realidad, el lanzamiento a alta velocidad descrito anteriormente del segundo oxidante conduce a que se incremente la homogeneidad de la temperatura en el volumen que está siendo calentado por los quemadores de techo 203, entre la superficie superior del material 202 y el techo interior del horno 200, como una consecuencia de la turbulencia incrementada en el interior.

Además, estas ventajas se pueden conseguir utilizando solamente una lanza 206 para un número, tal como al menos cinco, quemadores de techo 203. Instalar tal lanza 206 es considerablemente menos costoso que modificar al menos cinco quemadores de techo de otras maneras.

“Velocidad sónica” o “Mach 1” deberá interpretarse en este contexto como la velocidad sónica en el interior del horno 200 a la temperatura y la composición del gas que prevalecen allí. De acuerdo con una forma de realización preferida, el segundo oxidante es suministrado, con el significado correspondiente, a una velocidad de al menos Mach 1.5. Tal velocidad de lanzamiento dará como resultado una llamada combustión sin llama, durante la cual el volumen total de la llama es muy grande y, por lo tanto, las temperaturas punta de la llama son muy bajas, y la homogeneidad de la temperatura es muy alta, Se prefiere especialmente utilizan toberas venturi en los orificios de las lanzas 206.

De acuerdo con una forma de realización especialmente preferida, el segundo oxidante tiene un contenido de oxígeno de al menos 95 por ciento en peso, y está compuesto de manera más preferida por oxígeno industrialmente puro. Esto da como resultado que la cantidad de lastre de gas nitrógeno se reduzca al mínimo, y que, por lo tanto, se incremente al máximo la eficiencia. Además, el chorro 207 se puede hacer más pequeño y más estrecho y con una extensión del volumen controlable con más precisión, resultando, a su vez, que se pueda reducir al mínimo la perturbación en el funcionamiento de los quemadores de techo 203.

Además, se prefiere que la cantidad de segundo oxidante suministrado por unidad de tiempo sea compensada para

que el oxígeno suministrado a través del segundo oxidante comprende al menos 60 % del oxígeno suministrado totalmente por unidad de tiempo al horno 200.

En el caso preferido, en el que al menos uno o un número, más preferentemente todos los quemadores de techo 203, son quemadores convencionales accionados con un oxidante con un contenido de oxígeno comparativamente bajo, tales como quemadores de aire convencionales, se prefiere que éstos estén refrigerados. En este caso, se prefiere también que el flujo de aire a través de los quemadores de techo 203 afectados, más preferentemente a través de todos los quemadores de techo 203 refrigerados por aire en la matriz, sean ajustados, durante el funcionamiento con lanzamiento de un segundo oxidante, al nivel mínimo posible en el que es posible todavía una refrigeración adecuada de los quemadores de techo 203. y también se prefiere que la cantidad de segundo oxidante suministrado sea controlada para que se consiga un equilibrio estequiométrico global deseado en el horno 200. El nivel mínimo posible de suministro de aire para refrigeración adecuada dependerá naturalmente de los detalles de diseño y de otras condiciones de funcionamiento, pero tal control del suministro de aire conduce a la posibilidad de incrementar al máximo las ventajas de la invención al mismo tiempo que no se requiere ninguna modificación de los quemadores de techo 203 refrigerados por aire existentes.

Se prefiere que la lanza 206 se abra hacia fuera entre el material 202 y el techo interior del horno 200 a una distancia vertical B, desde el punto más alto de la superficie superior del material 202, de entre 40 % y 70 %, más preferentemente entre 50 % y 60 %, de la distancia mínima vertical A entre el material 202 y el techo interior del horno 200. Un posicionamiento demasiado alto hacia el techo interior conducirá a que las llamas de los quemadores de techo 203 sean perturbadas más de lo necesario, a que el segundo oxidante suministre más energía térmica a la atmósfera del horno que la deseada así como a que el chorro 207 sea atraído hacia el techo del horno. Un posicionamiento demasiado bajo dará como resultado el riesgo de que se incremente la oxidación perjudicial de la superficie superior del material 202. Se ha demostrado que el intervalo establecido es ideal para evitar estos problemas durante aplicaciones de la presente invención en hornos convencionales.

Como se muestra en las figuras 3 y 4, lanzas 206 respectivas para el segundo oxidante están instaladas en las paredes del horno 201, y están dispuestas para suministrar chorros 207 respectivos del segundo oxidante en todos los espacios entre hileras de quemadores de techo 203 en la matriz de tales quemadores. Tal disposición es preferida, pero no necesaria. Las ventajas de la invención se incrementarán hasta un grado correspondiente, incluso si tales lanzas 206 son instaladas solamente para el suministro de chorros de oxidante 207 entre sólo una cierta pareja 205a, 205b de hileras de quemadores de techo 203 o solamente entre un cierto número de tales parejas.

Además, las figuras 3 y 4 ilustran una forma de realización que se prefiere cuando el horno 200 tiene al menos 8 metros de anchura en una dirección que está paralela a las hileras 205a, 205b de quemadores de techo 203. En este caso, se prefiere, por lo tanto, que una lanza 208a, 208b respectiva esté dispuesta para suministrar el segundo oxidante de la manera descrita anteriormente desde un orificio respectivo de la lanza dispuesto en cada lado del horno 200, opuestos entre sí, de manera que los chorros respectivos del segundo oxidante se extienden en paralelo, pero en direcciones opuestas entre sí. En este caso, el oxidante es suministrado, por lo tanto, desde dos direcciones opuestas hacia uno y el mismo espacio entre dos hileras 205a, 205b opuestas de quemadores de techo 203. Incluso si la distancia entre los orificios respectivos de estas lanzas 208a, 208b opuestas es en este caso al menos aproximadamente 8 metros, se pueden conseguir buenos efectos esencialmente a lo largo de todo el espacio entre las hileras 205a, 205b.

Por otra parte, la figura 5 muestra, en una vista que corresponde y es similar a la mostrada en la figura 3, una forma de realización preferida para un horno industrial 300 que tiene a lo sumo 10 metros de anchura en una dirección paralela a las hileras 305a, 305b de quemadores de techo 303 en una matriz. El horno 300 comprende paredes laterales 301, y un material 302 que debe calentarse utilizando los quemadores de techo 303 es transportado en una dirección L de alargamiento. Las hileras 305a, 305b se extienden en una dirección perpendicular T, de manera conveniente perpendiculares a la dirección L de alargamiento. El otro oxidante es suministrado en forma de chorros 307 de alta velocidad a través de lanzas 306, todos los cuales son similares a los que se han descrito anteriormente en conexión con las figuras 3 y 4.

En este caso, se prefiere que varias lanzas 308a, 308b respectivas para el segundo oxidante estén dispuestas para suministrar el segundo oxidante de la manera descrita anteriormente, desde orificios respectivos dispuesta en cada lado del horno 300 y de manera que chorros respectivos de segundo oxidante son suministrados en diferentes direcciones opuestas a lo largo de las hileras 305a, 305b de quemadores de techo 303 en diferentes espacios respectivos entre tales hileras. En la figura 5, los chorros 307 están dispuestos en una dirección en cualquier otro espacio entre las hileras 305a, 305b y en la dirección opuesta en los otros espacios, incluso si son posibles también otras disposiciones. Con preferencia, las lanzas 306 están dispuestas en este caso de tal manera que resulta una circulación de circuito cerrado para el segundo oxidante en el horno 300, a lo largo de los diferentes espacios entre las hileras 305a, 305b, debido a las orientaciones opuestas de las diferentes lanzas 306. Aquí la expresión "circulación en circuito cerrado" designa una circulación accionada por la energía cinética de los diferentes chorros 307 del segundo oxidante, dando como resultado al menos una circulación de circuito cerrado de gases. Con el fin de conseguir tal circuito de circulación se prefiere que la matriz comprenda al menos tres hileras de quemadores de

techo 303. Dicha circulación proporciona aproximadamente homogeneidad térmica adecuada, incluso en hornos industriales relativamente pequeños.

5 De acuerdo con una forma de realización especialmente preferida de la presente invención, la invención se aplica a un horno industrial 100 existente con el fin reincrementar la eficiencia y la homogeneidad de la temperatura así como reducir la cantidad de NO_x y CO₂ formados durante su funcionamiento. El horno industrial 100 comprende entonces, como se ha descrito anteriormente, una matriz de hornos de techo 103 convencionales accionados con aire, que en una etapa inicial están suplementados por al menos una lanza 206, 306 para un segundo oxidante que tiene un alto contenido de oxígeno y alta velocidad, como se ha descrito anteriormente. La cantidad de aire y de segundo oxidante suministrados se compensa entonces durante el funcionamiento, con el fin de conseguir una mezcla estequiométrica incrementada de oxidante y combustible de la manera descrita anteriormente. Esto constituye una manera económica de conseguir las ventajas de la presente invención.

10 De acuerdo con una forma de realización preferida, en una primera etapa, la matriz de quemadores de techo de aire 103 existentes es suplementada con una o varias lanzas 206, 306 de acuerdo con lo dicho anteriormente, y posteriormente se ajusta hacia arriba la cantidad de combustible suministrada por unidad de tiempo a través de los quemadores de aire 103, cuando es necesario, en combinación con un incremento de la cantidad total de oxígeno suministrado por unidad de tiempo para conseguir equilibrio estequiométrico. Esto presupone que los quemadores de techo 103 son de un tipo que permite ajustar hacia arriba el suministro de combustible, y consigue que se incremente la eficiencia máxima de calentamiento en el horno 200, 300 en comparación con el caso convencional, sin riesgo de calentamiento excesivo de la superficie del material 202, 302.

15 Por ejemplo, no es necesario que las hileras de quemadores de techo en la matriz estén perpendiculares a la dirección de transporte del material en el horno. Pueden estar también, por ejemplo, esencialmente paralelos a dicha dirección de transporte, o dispuestos en un ángulo no-recto con relación a ella. En este caso, las lanzas para el segundo oxidante pueden estar dispuestas en un extremo corto del horno, o de cualquier otra manera para conseguir las finalidades descritas anteriormente.

20 Por lo tanto, la invención no estará limitada a las formas de realización descritas anteriormente, sino que se pueden variar dentro del alcance de las reivindicaciones incluidas.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Método para realizar una combustión en un horno industrial (200; 300), cuyo interior se hace que sea calentado por una matriz de quemadores de techo (203; 303) dirigidos hacia abajo, dispuestos en al menos dos hileras (205a, 205b; 305a; 305b) en el techo del horno industrial (200; 300), en el que los quemadores de techo (203; 303) son accionados con un combustible y un primer oxidante para calentar un material (202; 302) en el interior del horno (200; 300), caracterizado porque al menos una lanza (206; 306) está dispuesta en una pared lateral (201; 301) del horno (200; 300), porque un segundo oxidante con un contenido de oxígeno de al menos 85 por ciento en peso es suministrado al interior del horno (200; 300) a través de la lanza (206; 306) a velocidad sónica o mayor, en forma de un chorro (207; 307) del segundo oxidante, porque se provoca que el chorro (207; 307) del segundo oxidante se extienda en el plano horizontal por encima del material (202; 302), entre y esencialmente en paralelo a dos hileras (205a, 205b; 305a, 305b) consecutivas de quemadores de techo (203; 303), y porque la cantidad de segundo oxidante suministrado por unidad de tiempo es compensada de tal manera que el oxígeno que es suministrado a través del segundo oxidante constituye al menos el 50 por ciento en peso del total del oxígeno suministrado por unidad de tiempo en el horno (200; 300).
- 15 2.- Método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el segundo oxidante es suministrado a una velocidad de al menos Mach 1.5.
- 3.- Método de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el segundo oxidante tiene un contenido de oxígeno de al menos 95 por ciento en peso.
- 20 4.- Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la cantidad de segundo oxidante que es suministrada por unidad de tiempo está compensada, de tal manera que el oxígeno que es suministrado a través del segundo oxidante constituye al menos el 70 por ciento en peso del oxígeno total suministrado por unidad de tiempo en el horno (200; 300).
- 5.- Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el primer oxidante es aire.
- 25 6.- Método de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque los quemadores de techo (203; 303) son quemadores de aire convencionales, refrigerados por aire, porque el flujo de aire a través de los quemadores de techo (203; 303) es controlado hasta el nivel más bajo posible en el que es posible todavía una refrigeración adecuada de los quemadores de techo (203; 303), y porque la cantidad de segundo oxidante suministrado es controlada para que se consiga un equilibrio estequiométrico global deseado en el horno (200; 300).
- 30 7.- Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el interior del horno es calentado por una matriz de quemadores de techo (203; 303) que comprende al menos tres hileras, que comprenden al menos cuatro quemadores de techo cada una.
- 35 8.- Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el segundo oxidante es suministrado al interior del horno a una altura a lo largo de la pared del horno (201; 301) entre la superficie superior del material (202; 302) y el techo interior del horno (200; 300), a una distancia vertical desde el punto más alto de la superficie superior del material (202; 302) de entre 50 % y 60 % de la distancia vertical mínima entre el material (202; 302) y el techo interior del horno (200; 300).
- 40 9.- Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el horno (200) tiene al menos 8 metros de anchura en una dirección (T) paralela a las hileras (205a, 205b) de quemadores de techo (203), y porque una lanza (208a, 208b) respectiva para el segundo oxidante está dispuesta para suministrar el segundo oxidante a dicha velocidad alta desde un orificio respectivo dispuesto en cada lado del horno (200), opuestos entre sí, de manera que los chorros (207) respectivos de segundo oxidante están paralelos, pero dirigidos en direcciones opuestas uno hacia el otro.
- 45 10.- Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque se provoca que la matriz de quemadores de techo (303) comprenda al menos tres hileras, porque el horno (300) tiene al menos 10 metros de anchura en una dirección paralela a las hileras (305a, 305b) de quemadores de techo (303), y porque se hace que varias lanzas (308a, 308b) respectivas para el segundo oxidante estén dispuestas para suministrar el segundo oxidante a dicha velocidad alta desde orificios respectivos dispuestos en cada lado del horno (300) y de manera que chorros (307) respectivos de segundo oxidante son suministrados en diferentes direcciones opuestas unos hacia los otros a lo largo de hileras de quemadores de techo (303) en diferentes espacios respectivos entre tales hileras, de manera que resulta una circulación de circuito cerrado del segundo oxidante debido a la orientación opuesta mutua de las lanzas (308a, 308b) diferentes.
- 50 11.- Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el ángulo de propagación del chorro del segundo oxidante es 10° o menos.

12.- Método para incrementar la eficiencia y la homogeneidad de la temperatura así como para reducir la cantidad de NO_x y CO_2 formados en un horno industrial (200; 300) existente de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque después de la etapa inicial, el horno es suplementado con la lanza (206; 306) para el segundo oxidante.

- 5 13.- Método de acuerdo con la reivindicación 12, caracterizado porque la cantidad de combustible suministrado por unidad de tiempo a través de los quemadores de techo (203; 303) existentes es compensada estequiométricamente con respecto al oxígeno total suministrado por unidad de tiempo durante el funcionamiento y cuando es necesario, de manera que se provoca que la potencia máxima de calentamiento sea incrementada para el horno industrial (200; 300).

10

Fig. 1

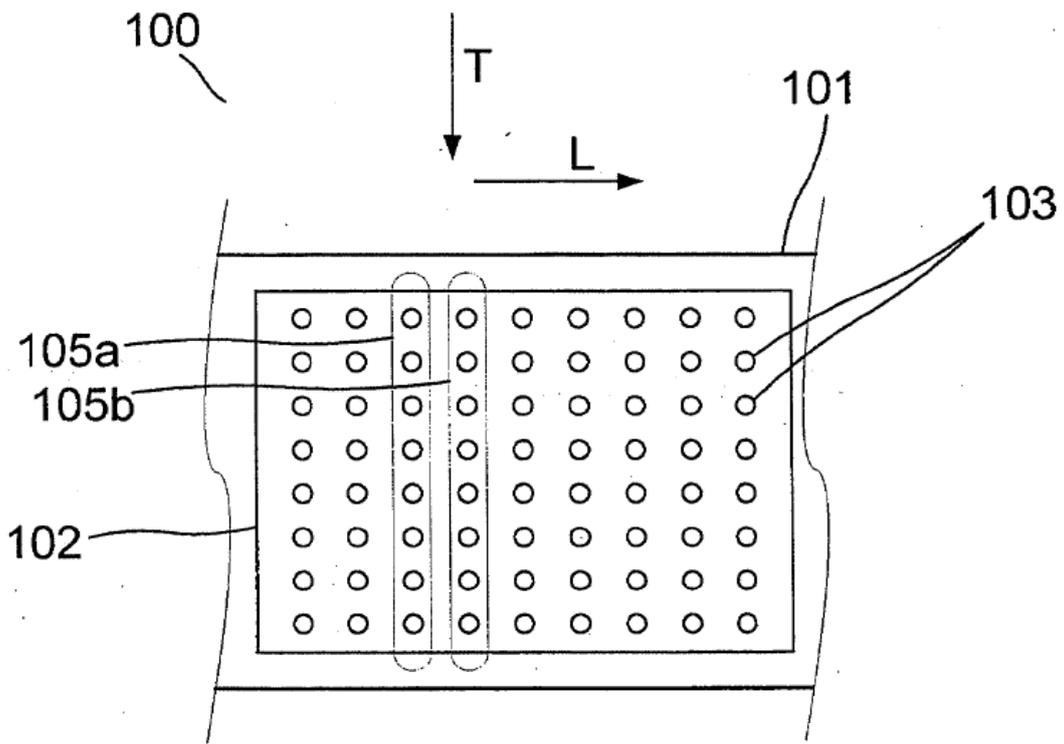


Fig. 2

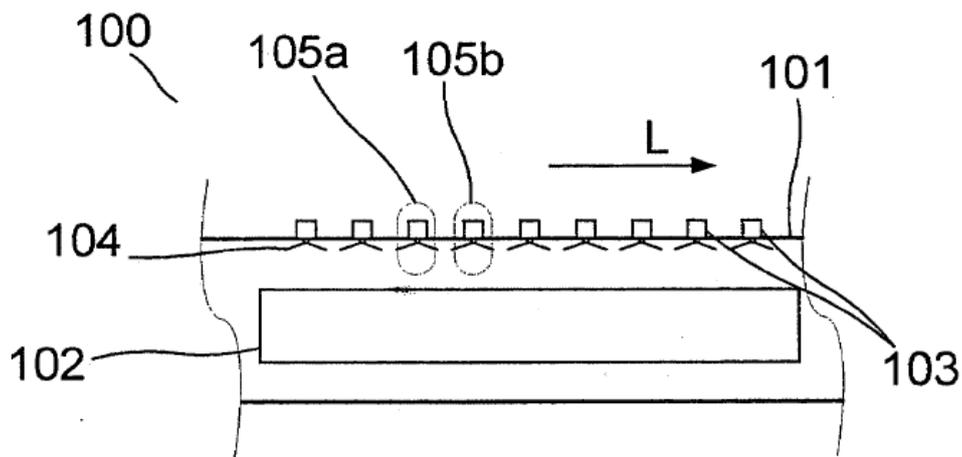


Fig. 3

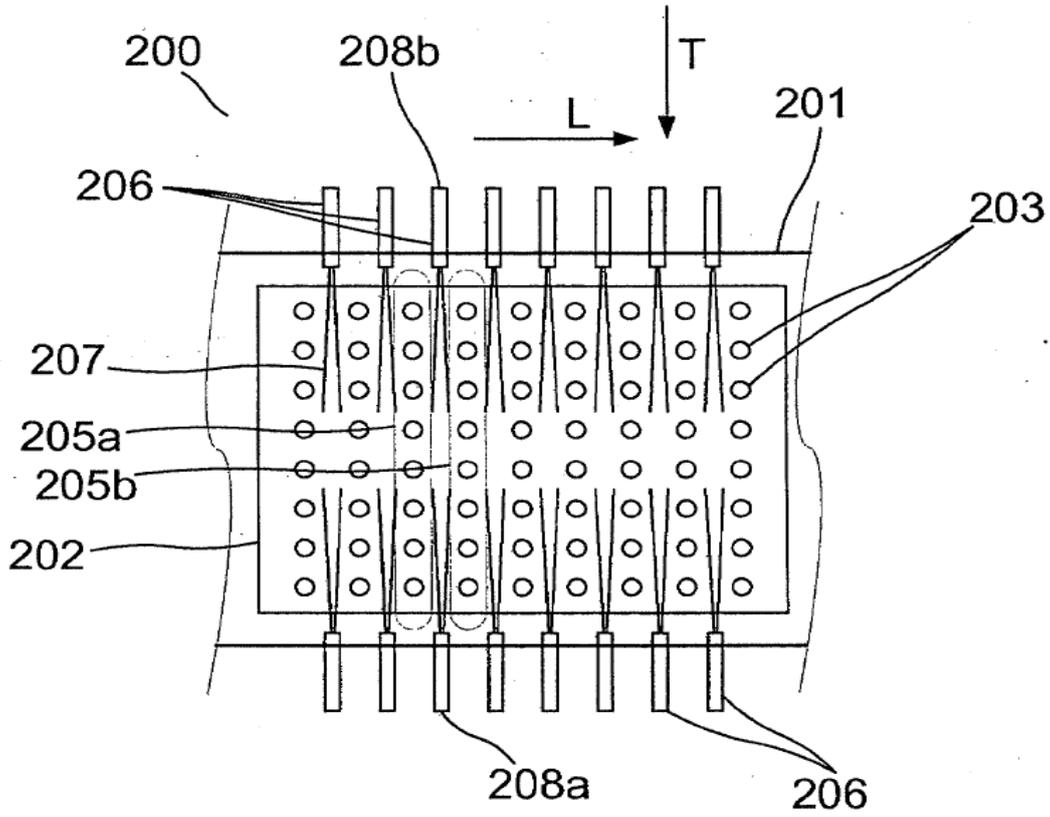


Fig. 4

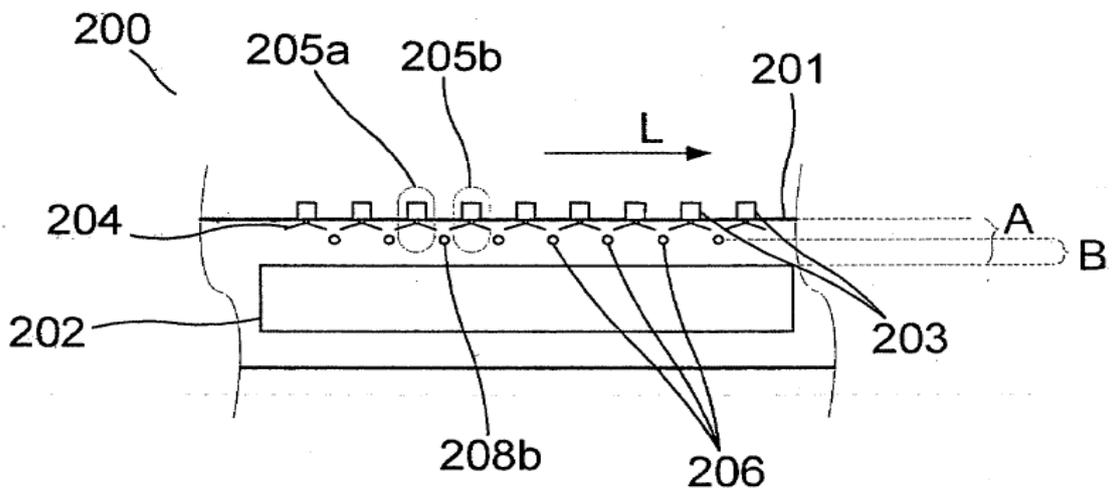


Fig. 5

