

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 306**

51 Int. Cl.:

**F23D 1/00** (2006.01)

**F23C 6/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.03.2010 PCT/JP2010/054091**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.06.2011 WO11077762**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2010 E 10839000 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2017 EP 2518404**

54 Título: **Quemador de combustión y calentador proporcionado con dicho quemador**

30 Prioridad:

**22.12.2009 JP 2009290899**  
**09.02.2010 JP 2010026882**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**19.10.2017**

73 Titular/es:

**MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. (100.0%)**  
**16-5, Konan 2-chome**  
**Minato-Ku, Tokyo 108-8215, JP**

72 Inventor/es:

**MATSUMOTO, KEIGO;**  
**FUJIMURA, KOUTARO;**  
**DOMOTO, KAZUHIRO;**  
**ICHINOSE, TOSHIMITSU;**  
**ABE, NAOFUMI y**  
**KASAI, JUN**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 638 306 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

Quemador de combustión y calentador proporcionado con dicho quemador

### 5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un quemador de combustión y un calentador que incluye el quemador de combustión, y más en particular, a un quemador de combustión capaz de reducir la cantidad de emisión de óxidos de nitrógeno (NOx) y un calentador que incluye el quemador de combustión.

10

### Antecedentes de la técnica

Los quemadores de combustión convencionales usan normalmente una configuración para estabilizar la llama exterior de la llama de combustión. En esta configuración, se forman una temperatura alta y un área de oxígeno alto en una parte periférica externa de la llama de combustión, que generan un aumento en la emisión de NOx. Como un ejemplo de dichos quemadores de combustión convencionales que usan esta configuración, se conoce una tecnología descrita en el documento JP 2781740B.

15

20

El documento EP 0687857A2 divulga un quemador de combustión de combustible pulverizado en el que un conducto de carbón pulverizado se proporciona con un separador abundante/escaso que produce una mezcla de alta concentración de carbón en una porción periférica externa y una mezcla de baja concentración de carbón en una porción central dentro del conducto de carbón pulverizado simple. El conducto de carbón pulverizado se localiza dentro de la boquilla del aire secundario de carbón pero la boquilla del aire secundario de carbón y la boquilla del combustible se proporcionan respectivamente con una abertura acampanada exterior.

25

El documento WO 2009/114331A2 divulga un quemador de combustión de combustible pulverizado en el que el aire secundario de carbón y el combustible se expulsan en una dirección hacia afuera debido a los extremos de la abertura acampanada de una boquilla del combustible y de una boquilla del aire secundario. El documento divulga un elemento de separación que se amplía hacia el extremo corriente abajo del quemador de combustión.

30

Los documentos US4634054 y EP0672863 divulgan también un quemador de combustión de combustible pulverizado en el que el combustible y el aire secundario se inyectan en una dirección hacia afuera.

35

### Divulgación de la invención

#### Problema a resolverse por la invención

La presente invención tiene el objeto de proporcionar un quemador de combustión capaz de reducir la cantidad de emisión de NOx y un calentador que incluye el quemador de combustión.

40

#### Medios para resolver el problema

De acuerdo con la presente invención, un quemador de combustión incluye las características de la reivindicación 1.

45

#### Efecto de la invención

Debido que el quemador de combustión de acuerdo con la presente invención alcanza una estabilización de la llama interior de la llama de combustión (estabilización de la llama en un área central de la abertura de la boquilla del combustible), una parte periférica externa de la llama de combustión se mantiene a temperatura baja en comparación con las configuraciones para la estabilización de la llama exterior de la llama de combustión (estabilización de la llama en la periferia externa de la boquilla del combustible o estabilización de llama en un área cercana a la superficie de la pared interna de la abertura de la boquilla del combustible). Por lo tanto, con el aire secundario, puede disminuir la temperatura de la parte periférica externa de la llama de combustión en una atmósfera de oxígeno alto. Esto es ventajoso en cuanto a que se reduce la cantidad de emisión de NOx en la parte periférica externa de la llama de combustión.

50

55

#### Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama de configuración de un quemador de combustión de acuerdo con un ejemplo que sirve para explicar las características de la presente invención.

60

La Figura 2 es una vista frontal de una abertura del quemador de combustión ilustrado en la Figura 1.

La Figura 3 es un esquema para explicar un portallamas en el quemador de combustión ilustrado en la Figura 1.

La Figura 4 es un esquema para explicar los efectos del quemador de combustión ilustrado en la Figura 1.

65

La Figura 5 es un gráfico de los resultados de la prueba de rendimiento del quemador de combustión ilustrado en la Figura 1.

La Figura 6 es un esquema para explicar los efectos del portallamas ilustrado en la Figura 3.

La Figura 7 es un gráfico de rendimiento de los resultados de la prueba de rendimiento del quemador de combustión.

La Figura 8 es un esquema para explicar una estructura de enderezado del flujo en el quemador de combustión ilustrado en la Figura 1.

5 La Figura 9 es un esquema para explicar un anillo de enderezado de flujo de la estructura de enderezado del flujo ilustrada en la Figura 8.

La Figura 10 es un esquema para explicar una modificación del quemador de combustión ilustrado en la Figura 1.

10 La Figura 11 es un esquema para explicar una modificación del quemador de combustión ilustrado en la Figura 1.

La Figura 12 es un esquema para explicar una modificación del quemador de combustión ilustrado en la Figura 1 (realización).

La Figura 13 es un gráfico de los resultados de la prueba de rendimiento del quemador de combustión.

15 La Figura 14 es un esquema para explicar una modificación del quemador de combustión ilustrado en la Figura 1.

La Figura 15 es un esquema para explicar una modificación del quemador de combustión ilustrado en la Figura 1 (realización).

La Figura 16 es un esquema para explicar una modificación del quemador de combustión ilustrado en la Figura 1.

20 La Figura 17 es un esquema para explicar una modificación del quemador de combustión ilustrado en la Figura 1.

La Figura 18 es un esquema para explicar una modificación del quemador de combustión ilustrado en la Figura 1.

25 La Figura 19 es un esquema para explicar una modificación del quemador de combustión ilustrado en la Figura 1.

La Figura 20 es un esquema para explicar la cantidad de emisión de NOx cuando el quemador de combustión ilustrado en la Figura 1 se aplica en un calentador con el uso de un sistema de aire adicional.

La Figura 21 es un esquema para explicar la cantidad de emisión de NOx cuando el quemador de combustión ilustrado en la Figura 1 se aplica en el calentador con el uso del sistema de aire adicional.

30 La Figura 22 es un diagrama de configuración de un calentador de combustible de carbón pulverizado típico.

### Mejor modo de llevar a cabo la invención

La presente invención se describirá ahora en detalle con referencia a los dibujos adjuntos.

35 [Calentador de combustión de carbón pulverizado]

La Figura 22 es un diagrama de configuración de un calentador de combustible de carbón pulverizado típico. Este calentador de combustible de carbón pulverizado 100 es un calentador que quema el carbón pulverizado para producir energía térmica y se usa para la generación de energía o aplicaciones industriales, por ejemplo.

40 El calentador de combustible de carbón pulverizado 100 incluye un horno 110, un aparato de combustión 120, y un aparato de generación de vapor 130 (véase la Figura 22). El horno 110 es un horno para quemar el carbón pulverizado, e incluye una cámara de combustión 111 y un conducto de gas de la chimenea 112 conectado por encima de la cámara de combustión 111. El aparato de combustión 120 es un aparato que quema el carbón pulverizado, y que incluye quemadores de combustión 121, sistemas de suministro para el carbón pulverizado 122 que suministran el carbón pulverizado a los quemadores de combustión 121 respectivos, y un sistema de suministro de aire 123 que suministra aire secundario a los quemadores de combustión 121. El aparato de combustión 120 se dispone de modo que los quemadores de combustión 121 estén conectados con la cámara de combustión 111 del horno 110. En el aparato de combustión 120, el sistema de suministro de aire 123 suministra aire adicional para completar la oxidación y la combustión del carbón pulverizado en la cámara de combustión 111. El aparato de generación de vapor 130 es un aparato que calienta el agua que ingresa al calentador a través del intercambio de calor con gas de combustión para generar vapor, e incluye un economizador 131, un recalentador 132, un supercalentador 133, y un colector de vapor (no ilustrado). El aparato de generación de vapor 130 se configura de modo que el economizador 131, el recalentador 132, y el supercalentador 133 se dispongan de manera gradual en el conducto de gas de la chimenea 112 del horno 110.

60 En el calentador de combustible de carbón pulverizado 100, en primer lugar, en el aparato de combustión 120, el sistema de suministro de carbón pulverizado 122 suministra el carbón pulverizado y el aire principal al quemador de combustión 121, y el sistema de suministro de aire 123 suministra el aire secundario para la combustión al quemador de combustión 121 (véase la Figura 22). Posteriormente, el quemador de combustión 121 enciende el gas de combustión que contiene el carbón pulverizado, el aire principal, y el aire secundario e inyecta el gas de combustión en la cámara de combustión 111. En consecuencia, el gas de combustión se quema en la cámara de combustión 111, en la que se produce el gas de combustión. El gas de combustión se descarga luego desde la cámara de combustión 111 a través del conducto de gas de la chimenea 112. En este proceso, el aparato de generación de vapor 130 genera el intercambio de calor entre el gas de combustión y el agua que ingresa al calentador para

generar vapor. El vapor debe suministrarse en una planta externa (una turbina de vapor, por ejemplo).

En el calentador de combustible de carbón pulverizado 100, la suma de la cantidad del suministro del aire principal y la cantidad del suministro del aire secundario debe ser menos que un volumen de aire teórico con respecto a la cantidad del suministro de carbón pulverizado, en el que la cámara de combustión 111 se mantiene en una atmósfera de reducción. El NOx emitido como un resultado de la combustión del carbón pulverizado se reduce en la cámara de combustión 111, y el aire adicional (AA) se suministra adicionalmente después, por lo que la oxidación y la combustión del carbón pulverizado se completan (sistema de aire adicional). De este modo, la cantidad de emisión de NOx debido a la combustión del carbón pulverizado se ve disminuida.

[Quemador de combustión]

La Figura 1 es un diagrama de configuración de un quemador de combustión de acuerdo con un ejemplo que sirve para explicar las características de la presente invención, y es una vista en sección del quemador de combustión en su dirección de altura a lo largo del eje central. La Figura 2 es una vista frontal de una abertura del quemador de combustión ilustrado en la Figura 1.

Este quemador de combustión 1 es un quemador de combustión de combustible sólido para quemar el combustible sólido, y se usa como el quemador de combustión 121 en el calentador de combustible de carbón pulverizado 100 ilustrado en la Figura 22, por ejemplo. Se proporcionará ahora un ejemplo en el cual se usa el carbón pulverizado como combustible sólido, y el quemador de combustión 1 se aplica al calentador de combustible de carbón pulverizado 100.

El quemador de combustión 1 incluye una boquilla del combustible 2, una principal boquilla del aire secundario 3, una boquilla del aire secundario 4, y un portallamas 5 (véanse las Figuras 1 y 2). La boquilla del combustible 2 es una boquilla que inyecta gas de combustión (aire principal que contiene combustible sólido) preparado por la combinación del carbón pulverizado (combustible sólido) y del aire principal. La boquilla principal del aire secundario 3 es una boquilla que inyecta el aire secundario principal (aire secundario del carbón) en la periferia externa del gas de combustión inyectado por la boquilla del combustible 2. La boquilla del aire secundario 4 es una boquilla que inyecta el aire secundario en la periferia externa del aire secundario principal inyectado por la boquilla principal del aire secundario 3. El portallamas 5 es un dispositivo usado para encender el gas de combustión y estabilizar la llama, y se dispone en una abertura 21 de la boquilla del combustible 2.

Por ejemplo, en el presente ejemplo, la boquilla del combustible 2 y la boquilla principal del aire secundario 3 tienen una estructura tubular alargada cada una, y aberturas rectangulares 21 y 31, respectivamente (véanse las Figuras 1 y 2). Con la boquilla del combustible 2 en el centro, la boquilla principal del aire secundario 3 se dispone en el lado externo, en el que se forma un tubo doble. La boquilla del aire secundario 4 tiene una estructura de tubo doble, y tiene una abertura con forma de anillo 41. En el anillo interno de la boquilla del aire secundario 4, se insertan y disponen la boquilla del combustible 2 y la boquilla principal del aire secundario 3. Por consiguiente, con la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 en el centro, la abertura 31 de la boquilla principal del aire secundario 3 se dispone en el lado externo de la abertura 21, y la abertura 41 de la boquilla del aire secundario 4 se dispone en el lado externo de la abertura 31. Las aberturas 21 a 41 de estas boquillas 2 a 4 están alineadas y se disponen de manera coplanaria. El portallamas 5 se respalda por un elemento de placa (no se ilustra) en el lado corriente arriba del gas de combustión, y se dispone en la abertura 21 de la boquilla del combustible 2. El extremo corriente abajo (extremo ampliado) del portallamas 5 y las aberturas 21 a 41 de estas boquillas 2 a 4 se alinean de manera coplanaria.

En el quemador de combustión 1, el gas de combustión preparado al mezclar el carbón pulverizado y el aire principal se inyecta a través de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 (véase la Figura 1). En este proceso, el gas de combustión se ramifica en el portallamas 5 en la abertura 21 de la boquilla del combustible 2, y luego se enciende y se quema para ser gas de combustión. En la periferia externa del gas de combustión, se inyecta el aire secundario principal a través de la abertura 31 de la boquilla principal del aire secundario 3, en la que la combustión del gas de combustión se facilita. En la periferia externa de la llama de combustión, se suministra el aire secundario a través de la abertura 41 de la boquilla del aire secundario 4, con lo que se enfría la parte periférica externa de la llama de combustión.

[Disposición del portallamas]

En el quemador de combustión 1, con el fin de reducir la cantidad de emisión de NOx como un resultado de la combustión del carbón pulverizado, se optimiza la disposición del portallamas 5 con respecto a la abertura 21 de la boquilla del combustible 2, la cual se describirá a continuación.

En primer lugar, cuando se ve en sección transversal a lo largo de una dirección en la que el portallamas 5 se amplía, la sección transversal que pasa a través del eje central de la boquilla del combustible 2, el portallamas 5 tiene una forma de separación que se amplía en la dirección del flujo del gas de combustión (gas combinado del carbón pulverizado y del aire principal) (véanse las Figuras 1 y 3). Además, una distancia máxima h a partir del eje

central de la boquilla del combustible 2 hasta el extremo ampliado (el extremo corriente abajo de la forma de separación) del portallamas 5 y un diámetro interno  $r$  de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 cumple con  $h/(r/2) < 0,6$ .

- 5 Por ejemplo, en el presente ejemplo, la boquilla del combustible 2 tiene una abertura rectangular 21, y se dispone de modo que su dirección de la altura se alinee con la dirección vertical y su dirección del ancho se alinee con la dirección horizontal (véanse las Figuras 1 y 2). En la abertura 21 de la boquilla del combustible 2, se dispone el portallamas 5. El portallamas 5 tiene una forma de separación que se amplía en la dirección del flujo del gas de combustión, y tiene una forma alargada en la dirección perpendicular a la dirección que se amplía. El portallamas 5
- 10 tiene su dirección longitudinal alineada con la dirección del ancho de la boquilla del combustible 2, y corta transversalmente de manera sustancial la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 en la dirección del ancho de la abertura 21. Además, el portallamas 5 se dispone en la línea central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2, dividiendo así la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 en la dirección de la altura de la abertura 21.
- 15 El portallamas 5 tiene una sección transversal de triángulo sustancialmente isósceles y una forma alargada, sustancialmente prismática (véanse las Figuras 1 y 3). Cuando se ve en sección transversal a lo largo de la dirección axial de la boquilla del combustible 2, el portallamas 5 se dispone en el eje central de la boquilla del combustible 2. Concretamente, el portallamas 5 tiene su vértice dirigido al lado corriente arriba del gas de combustión y su parte inferior dispuesta en alineación con la abertura 21 de la boquilla del combustible 2. Por consiguiente, el portallamas 5
- 20 tiene una forma de separación que se amplía en la dirección del flujo del gas de combustión. Además, el portallamas 5 tiene un ángulo de separación (el ángulo del vértice del triángulo isósceles)  $\theta$  y un ancho de separación (la longitud base del triángulo isósceles)  $L$  establecidos en los tamaños predeterminados respectivos.

25 El portallamas 5 tiene una forma de separación tal que se dispone en un área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 (véanse las Figuras 1 y 2). El "área central" de la abertura 21 en el presente documento se refiere a un área donde, con el portallamas 5 con una forma de separación que se amplía en la dirección del flujo del gas de combustión, cuando se ve en sección transversal a lo largo de la dirección en la que el portallamas 5 se amplía, la sección transversal que pasa a través del eje central de la boquilla del combustible 2, la distancia máxima  $h$  a partir del eje central de la boquilla del combustible 2 hasta el extremo ampliado (el extremo corriente abajo de la forma de separación) del portallamas 5 y el diámetro interno  $r$  de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 cumple con  $h/(r/2) < 0,6$ . En el presente ejemplo, dado que el portallamas 5 se dispone en el eje central de la boquilla del combustible 2, la distancia máxima  $h$  a partir del eje central de la boquilla del combustible 2 hasta el extremo ampliado del portallamas 5 es la mitad de  $L/2$  del ancho de separación del portallamas 5.

35 En el quemador de combustión 1, dado que el portallamas 5 tiene la forma de separación, el gas de combustión se ramifica en el portallamas 5 en la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 (véase la Figura 1). En esta configuración, el portallamas 5 se dispone en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2, y el gas de combustión se enciende y la llama se estabiliza en el área central. De este modo, se alcanza la estabilización de la llama interna de la llama de combustión (estabilización de la llama en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2).

45 En esta configuración, en comparación con las configuraciones (no se ilustran) para la estabilización de la llama exterior de la llama de combustión (estabilización de la llama en la periferia externa de la boquilla del combustible o estabilización de la llama en un área cercana a la superficie de la pared interna de la abertura de la boquilla del combustible), una parte periférica externa  $Y$  de la llama de combustión se mantiene a baja temperatura (véase la Figura 4). Por lo tanto, con el aire secundario, la temperatura de la parte periférica externa  $Y$  de la llama de combustión en una atmósfera de alto nivel de oxígeno, puede disminuirse. De este modo, se reduce la cantidad de emisión de NOx en la parte periférica externa  $Y$  de la llama de combustión.

50 La Figura 5 es un gráfico de los resultados de la prueba de rendimiento del quemador de combustión ilustrado en la Figura 1, que representa los resultados de la prueba de la relación entre una posición  $h/(r/2)$  del portallamas 5 en la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 y la cantidad de emisión de NOx.

55 Se mide la prueba de rendimiento, en el quemador de combustión 1 ilustrado en la Figura 1, la cantidad de emisión de NOx, con la distancia  $h$  del portallamas 5 varió. El diámetro interno  $r$  de la boquilla del combustible 2, el ángulo de separación  $\theta$  y el ancho de separación  $L$  del portallamas 5, por ejemplo, se establecieron como constantes. La cantidad de emisión de NOx se representa en valores relativos a una configuración que estabiliza la llama exterior de la llama de combustión (una configuración en la que se dispone un portallamas en la periferia externa de una boquilla del combustible, véase el Documento de la patente 1) (es decir,  $h/(r/2)=1$ ).

60 Como se representa en los resultados de la prueba, puede observarse que la cantidad de emisión de NOx disminuye a medida que la posición del portallamas 5 se acerca al centro de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 (véase la Figura 5). Concretamente, con la posición del portallamas 5 que cumple con  $h/(r/2) < 0,6$ , la cantidad de emisión de NOx disminuye por igual a o en más de 10 %, lo que demuestra propiedades ventajosas.

65 En el quemador de combustión 1, es preferible que los extremos del portallamas 5 en la dirección longitudinal y la

superficie de la pared interna de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 entren en contacto unos con los otros. Sin embargo, en el diseño típico, un espacio mínimo  $d$  de algunas milímetros cada uno se define entre los extremos del portallamas 5 y la superficie de la pared interna de la boquilla del combustible 2 teniendo en cuenta la expansión térmica de los elementos (véase la Figura 2). Por consiguiente, en la configuración en la que los extremos del portallamas 5 y la superficie de la pared interna de la boquilla del combustible 2 se disponen cerca unos de los otros, los extremos del portallamas 5 se exponen a radiación desde la llama de combustión. Como resultado, la propagación de la llama continúa desde los extremos del portallamas 5 al interior, lo cual es preferible.

[Ángulo de separación y ancho de separación del portallamas]

En el quemador de combustión 1, con el fin de suprimir la cantidad de emisión de NOx como un resultado de la combustión del combustible sólido, es preferible que la forma de separación del portallamas 5 esté optimizada, la cual se describirá a continuación.

Como se mencionó anteriormente, en el quemador de combustión 1, el portallamas 5 tiene la forma de separación para ramificar el gas de combustión (véase la Figura 3). En esta configuración, es preferible que el portallamas 5 tenga una forma de separación con una sección transversal triangular con su vértice dirigido hacia el lado corriente arriba de la dirección del flujo del gas de combustión (véase la Figura 6 (a)). Con el portallamas 5 que tiene dicha sección transversal triangular, el gas de combustión ramificado fluye a lo largo de las superficies laterales del portallamas 5 y se extiende al lado de la base debido a la presión diferencial. Esto dificulta que el gas de combustión se expanda hacia afuera en la dirección radial del portallamas 5, y por lo tanto, la estabilización de la llama interna de la llama de combustión se asegura apropiadamente (o se optimiza). En consecuencia, la parte periférica externa Y de la llama de combustión (véase la Figura 4) se mantiene a temperatura baja, en donde la cantidad de emisión de NOx debido a la mezcla con el aire secundario se reduce.

En una configuración en la que un portallamas tiene una forma de separación similar a una placa (véase la Figura 6 (b)), el gas de combustión ramificado fluye hacia la superficie de la pared interna de una boquilla del combustible desde el portallamas. Esta es una configuración típica en quemadores de combustión convencionales en los que el gas de combustión se ramifica en el portallamas y se guía a lo largo de la superficie de la pared interna de la boquilla del combustible. En esta configuración, un área cercana de la superficie de la pared interna de la boquilla del combustible se convierte en gas de combustión rico en comparación con un área central de la boquilla del combustible, y la parte periférica externa Y de la llama de combustión tiene una temperatura más alta que una parte interna X (véase la Figura 4). Como resultado, en la parte periférica externa Y de la llama de combustión, la cantidad de emisión de NOx debido a la mezcla con el aire secundario puede incrementarse.

En la configuración descrita anteriormente, es preferible que el ángulo de separación  $\theta$  del portallamas 5 que tiene una sección transversal triangular sea de  $\theta < 90$  (grados) (véase la Figura 3). Es además preferible que el ángulo de separación  $\theta$  del portallamas 5 sea de  $\theta < 60$  (grados). En tales condiciones, se impide que el gas de combustión ramificado se expanda hacia los lados de la superficie de la pared sin la boquilla del combustible, en donde la estabilización de la llama interna de la llama de combustión se asegura de manera apropiada.

Por ejemplo, en el presente ejemplo, el portallamas 5 tiene una forma de separación con una sección transversal de triángulo isósceles, y el ángulo de separación  $\theta$  se establece para ser de  $\theta < 90$  (grados) (véase la Figura 3). Además, dado que el portallamas 5 se dispone simétricamente con respecto a la dirección del flujo del gas de combustión, cada ángulo inclinado lateral ( $\theta/2$ ) se establece por debajo de 30 (grados).

Además, en la configuración descrita anteriormente, es preferible que el ancho de separación  $L$  del portallamas 5 con una sección transversal triangular y el diámetro interno  $r$  de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 cumplan con  $0,06 \leq L/r$ , y es más preferible que cumplan con  $0,10 \leq L/r$ . En tales condiciones, una proporción  $L/r$  del ancho de separación  $L$  del portallamas 5 con el diámetro interno  $r$  de la boquilla del combustible 2 está optimizada, en la que la cantidad de emisión de NOx se reduce.

La Figura 7 es un gráfico de los resultados de la prueba de rendimiento del quemador de combustión, que representa los resultados de la prueba de la relación entre la proporción  $L/r$  del ancho de separación  $L$  del portallamas 5 con el diámetro interno  $r$  de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 y la cantidad de emisión de NOx.

Se mide la prueba de rendimiento, en el quemador de combustión 1 ilustrado en la Figura 1, y la cantidad de emisión de NOx, con el ancho de separación  $L$  del portallamas 5 varió. El diámetro interno  $r$  de la boquilla del combustible 2, la distancia  $h$  y el ángulo de separación  $\theta$  del portallamas 5, por ejemplo, se establecieron como constantes. La cantidad de emisión de NOx se representa en valores relativos con un ejemplo en el que el ancho de separación  $L$  para la llama de combustión es de  $L=0$ .

Como se representa en los resultados de la prueba, puede observarse que la cantidad de emisión de NOx disminuye a medida que el ancho de separación  $L$  del portallamas 5 aumenta. Concretamente, puede observarse que la cantidad de emisión de NOx disminuye por 20 % con  $0,06 \leq L/r$ , y la cantidad de emisión de NOx disminuye por igual

a o en más de 30 % con  $0,10 \leq L/r$ . Sin embargo, con  $0,13 < L/r$ , una disminución en la cantidad de emisión de NOx tiende a bajar.

El límite superior del ancho de separación L se define por la relación con la posición  $h/(r/2)$  del portallamas 5 en la abertura 21 de la boquilla del combustible 2. En otras palabras, si el ancho de separación L se vuelve demasiado grande, la posición del portallamas se acerca más a la superficie de la pared interna de la boquilla del combustible 2, y el efecto de estabilización de la llama interna para la llama de combustión se reduce, lo cual no es preferible (véase la Figura 5). Por lo tanto, es preferible que el ancho de separación L del portallamas 5 esté optimizado en función de la relación (proporción L/r) con el diámetro interno r de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 y la relación con la posición  $h/(r/2)$  del portallamas 5.

Mientras el portallamas 5 tiene una sección transversal triangular en el presente ejemplo, esto no representa una limitación. El portallamas 5 puede tener una sección transversal con forma de V (no se ilustra). Esta configuración proporciona también efectos similares.

Es preferible, sin embargo, que el portallamas 5 tenga una sección transversal triangular, en lugar de una sección transversal con forma de V. Por ejemplo, una sección transversal con forma de V puede generar que el portallamas se deforme debido al calor de la radiación durante la combustión alimentada por aceite (1). Además, las cenizas pueden retenerse, adherirse, y depositarse dentro del portallamas. Con el portallamas 5 que tiene una sección transversal triangular y el horno fabricado de cerámica, la adhesión de ceniza disminuye.

[Estructura de enderezado de la boquilla del combustible]

La Figura 8 es un esquema para explicar una estructura de enderezado del flujo en el quemador de combustión ilustrado en la Figura 1. La Figura 9 es un esquema para explicar un anillo de enderezado de flujo de la estructura de enderezado del flujo ilustrada en la Figura 8.

En los quemadores de combustión convencionales con una configuración que estabiliza la llama exterior de la llama de combustión, el gas de combustión o el aire secundario se suministra en flujos giratorios o flujos con ángulos empinados. Por consiguiente, se forma un área de recirculación en la periferia externa de una boquilla del combustible, donde el encendido externo y la estabilización de la llama exterior se llevan a cabo eficientemente (no se ilustra).

Por el contrario, dado que el quemador de combustión 1 utiliza la configuración que estabiliza la llama interna de la llama de combustión como se describió anteriormente, es preferible que el gas de combustión y el aire secundario (aire secundario principal y aire secundario) se suministren en flujos enderezados (véase la Figura 1). En otras palabras, es preferible que la boquilla del combustible 2, la boquilla principal del aire secundario 3, y la boquilla del aire secundario 4 tengan una estructura para suministrar gas de combustión o aire secundario en flujos enderezados sin generar remolinos.

Por ejemplo, es preferible que la boquilla del combustible 2, la boquilla principal del aire secundario 3, y la boquilla del aire secundario 4 tengan una estructura sin obstáculos que dificulten los flujos enderezados del gas de combustión o del aire secundario en sus pasajes de gas interno (véase la Figura 1). Dichos obstáculos incluyen, por ejemplo, las aspas giratorias para generar flujos giratorios y una estructura para guiar los flujos de gas hacia un área cercana a la superficie de la pared interna.

En esta configuración, dado que el gas de combustión y el aire secundario se inyectan en flujos enderezados para formar la llama de combustión, en una configuración que estabiliza la llama interna de la llama de combustión, se suprime la circulación de gas en la llama de combustión. En consecuencia, la parte periférica externa Y de la llama de combustión (véase la Figura 4) se mantiene a temperatura baja, en donde la cantidad de emisión de NOx debido a la mezcla con el aire secundario se reduce.

Además, en el quemador de combustión 1, es preferible que la boquilla del combustible 2 tenga un mecanismo de enderezado del flujo 6 (véanse las Figuras 8 y 9). El mecanismo de enderezado del flujo 6 es un mecanismo que endereza los flujos del gas de combustión a suministrarse en la boquilla del combustible 2, y que tiene una función para generar una caída de presión en el gas de combustión que pasa a través de la boquilla del combustible 2 y que suprime la desviación del flujo del gas de la chimenea, por ejemplo. En esta configuración, el mecanismo de enderezado del flujo 6 genera flujos enderezados del gas de combustión en la boquilla del combustible 2. Con el portallamas 5 dispuesto en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2, se realiza la estabilización de la llama interna de la llama de combustión (véase la Figura 1). La estabilización interna de la llama se asegura de este modo apropiadamente, donde la cantidad de emisión de NOx en la parte periférica externa Y de la llama de combustión (véase la Figura 4) se reduce.

Por ejemplo, en el presente ejemplo, la boquilla del combustible 2 tiene una estructura de tubo circular en el lado corriente arriba del gas de combustión (en la base del quemador de combustión 1), y su sección transversal cambia gradualmente para ser una sección transversal rectangular en la abertura 21 (véanse las Figuras 2, 8, y 9). El

mecanismo de enderezado del flujo 6 de un orificio de anillo se dispone en una parte corriente arriba en la boquilla del combustible 2. La boquilla del combustible 2 tiene un pasaje lineal (forma recta) del gas de combustión desde una posición donde el mecanismo de enderezado del flujo 6 se dispone a través de la abertura 21. Dentro de la boquilla del combustible 2, en un intervalo desde el mecanismo de enderezado del flujo 6 a la abertura 21 (el portallamas 5), no se colocan obstáculos que dificultan los flujos enderezados. De esta manera, se forma una estructura (estructura de enderezado del flujo para el gas de la chimenea) en la que el mecanismo de enderezado del flujo 6 endereza los flujos del gas de combustión y los flujos enderezados del gas de combustión se suministran directamente en la abertura 21 de la boquilla del combustible 2.

Es preferible que la distancia entre el mecanismo de enderezado del flujo 6 y la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 sea igual a o mayor del doble (2H) de una altura H del quemador de combustión 1, y es más preferible que la distancia sea de diez veces (10H) la altura H. En consecuencia, se reducen los efectos adversos de colocar el mecanismo de enderezado del flujo 6 en el flujo del gas de la chimenea, con lo que se forman los flujos enderezados preferibles.

[Primera modificación en la forma del portallamas]

En el presente ejemplo, en una vista frontal de la boquilla del combustible 2, la boquilla del combustible 2 tiene una abertura rectangular 21, y el portallamas 5 se dispone para cortar transversalmente de manera sustancial el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 (véase la Figura 2). Además, se dispone un solo, portallamas 5 alargado.

Esto, en el diseño típico, no es limitante, y en el quemador de combustión 1, un par de portallamas 5, 5 pueden disponerse en paralelo en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 (véase la Figura 10). En esta configuración, un área intercalada entre el par de portallamas 5, 5 se forma en la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 (véase la Figura 11). En el área intercalada, ocurre una escasez de aire. Como resultado, se forma una atmósfera de reducción debido a la escasez de aire en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2. De este modo, la cantidad de emisión de NOx en la parte interna X de la llama de combustión (véase la Figura 4) se reduce.

Por ejemplo, en el presente ejemplo, el par de portallamas alargados 5, 5 se dispone en paralelo, con sus direcciones longitudinales alineadas con la dirección del ancho de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 (véase la Figura 10). Con estos portallamas 5, 5 cortando transversalmente de manera sustancial la abertura 21 de la boquilla del combustible 2, la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 se divide en tres áreas en la dirección de la altura. Cuando se ve en sección transversal a lo largo de la dirección en la que el portallamas 5 se amplía, la sección transversal que pasa a través del eje central de la boquilla del combustible 2, los portallamas 5, 5 tienen cada uno una forma de separación con una sección transversal triangular con su dirección que se amplía alineada con la dirección del flujo del gas de combustión (véase la Figura 11). El par de portallamas 5, 5 se configura de modo que ambos se encuentren en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2. Concretamente, se configuran de modo que la distancia máxima h a partir del eje central de la boquilla del combustible 2 hacia los extremos que se amplían respectivos del par de portallamas 5, 5 y el diámetro interno r de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 cumplan con  $h/(r/2) < 0,6$ . De esta manera, se realiza la estabilización de la llama interna de la llama de combustión.

En la configuración descrita anteriormente, el par de portallamas 5, 5 se dispone (véanse las Figuras 10 y 11). Esto, sin embargo, no es limitante, y tres o más portallamas 5 pueden disponerse en paralelo en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 (no se ilustra). También en dicha configuración, una atmósfera de reducción debido a la escasez de aire se forma en áreas intercaladas entre portallamas adyacentes 5, 5. De este modo, la cantidad de emisión de NOx en la parte interna X de la llama de combustión (véase la Figura 4) se reduce.

[Segunda modificación en forma del portallamas - Realización]

Como alternativa, en el quemador de combustión 1, el par de portallamas 5, 5 puede disponerse para que se crucen unos con los otros y se conecten, y su intersección se coloca en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 (véase la Figura 12). En esta configuración, con el par de portallamas 5, 5 que se cruzan uno con el otro y se conectan, se forma una superficie resistente de encendido en su intersección. Con su intersección colocada en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2, la estabilización de la llama interna de la llama de combustión se realiza apropiadamente. De este modo, la cantidad de emisión de NOx en la parte interna X de la llama de combustión (véase la Figura 4) se reduce.

Por ejemplo, en la presente realización, el par de portallamas alargados 5, 5 se dispone con sus direcciones longitudinales alineadas con la dirección del ancho y la dirección de la altura de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 (véase la Figura 12). Estos portallamas 5, 5 cortan transversalmente de manera sustancial la abertura 21 en la dirección del ancho y la dirección de la altura, respectivamente. Estos portallamas 5, 5 se disponen en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2. Por consiguiente, la intersección de los portallamas 5, 5 se coloca en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2. Además, los portallamas 5 se

configuran de modo que la distancia máxima  $h$  ( $h'$ ) desde el eje central de la boquilla del combustible 2 hacia los extremos ampliados respectivos del portallamas 5 y el diámetro interno  $r$  ( $r'$ ) de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 cumplan con  $h/(r/2) < 0,6$  ( $h'/(r'/2) < 0,6$ ). De este modo, se alcanza la estabilización de la llama interna de la llama de combustión.

5 En la configuración descrita anteriormente, el par de portallamas 5, 5 se dispone (véase la Figura 12). Esto, sin embargo, no es limitante, y tres o más portallamas 5 pueden cruzarse unos con los otros y conectarse con su intersección colocada en el área central de la abertura de la boquilla del combustible (no se ilustra). También en dicha configuración, la intersección de los portallamas 5, 5 se forma en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2. De este modo, la estabilización de la llama interna de la llama de combustión se realiza apropiadamente, y la cantidad de emisión de NOx en la parte interna X de la llama de combustión (véase la Figura 4) se reduce.

15 La Figura 13 es un gráfico de los resultados de la prueba de rendimiento del quemador de combustión, que representa los resultados de la prueba comparativos del quemador de combustión 1 ilustrado en la Figura 10 y del quemador de combustión 1 ilustrado en la Figura 12. Los quemadores de combustión 1 son comunes en cuanto a que ambos tienen el par de portallamas 5, 5 dispuestos en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2. Sin embargo, estos difieren unos de los otros en cuanto a que el quemador de combustión 1 ilustrado en la Figura 10 tiene una estructura (estructura de separación paralela) en la que el par de portallamas 5, 5 se dispone en paralelo, mientras que el quemador de combustión 1 ilustrado en la Figura 12 tiene una estructura (estructura de separación cruzada) en la que el par de portallamas 5, 5 se disponen de manera cruzada. Los valores numéricos del carbono sin quemar son valores relativos al quemador de combustión 1 (1,00) ilustrado en la Figura 10.

25 Como se representa en los resultados de la prueba, puede observarse que, en el quemador de combustión 1 ilustrado en la Figura 12, el carbono sin quemar disminuye relativamente.

[Tercera modificación en la forma del portallamas]

30 Como alternativa, en el quemador de combustión 1, una pluralidad de portallamas 5 pueden disponerse en un patrón de signos numéricos (#), y el área rodeada por estos portallamas 5 puede colocarse en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 (véase la Figura 14). En otras palabras, la configuración de la Figura 10 y la configuración de la Figura 12 pueden combinarse. En esta configuración, una superficie resistente de encendido se forma en el área rodeada por el portallamas 5. Con el área rodeada por el portallamas 5 colocada en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2, la estabilización de la llama interna de la llama de combustión se realiza apropiadamente. De este modo, la cantidad de emisión de NOx en la parte interna X de la llama de combustión (véase la Figura 4) se reduce.

40 Por ejemplo, en el presente ejemplo, cuatro portallamas 5 alargados se disponen en un patrón de signo numérico, y se configuran de modo que sus direcciones longitudinales se alineen con la dirección del ancho o la dirección de la altura de la boquilla del combustible 2 (véase la Figura 14). Cada portallamas 5 corta transversalmente de manera sustancial la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 en la dirección del ancho o la dirección de la altura. Cada uno de los cuatro portallamas 5 se dispone en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2. Por consiguiente, el área rodeada por los portallamas 5 se dispone en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2. Además, los portallamas 5 se configuran de modo que la distancia máxima  $h$  desde el eje central de la boquilla del combustible 2 hacia los extremos ampliados respectivos del portallamas 5 y el diámetro interior  $r$  de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 cumplan con  $h/(r/2) < 0,6$ . De este modo, la estabilización de la llama interna de la llama de combustión se realiza apropiadamente.

50 En la configuración descrita anteriormente, es preferible que los espacios de disposición entre el portallamas 5 se establezcan como pequeños (véase la Figura 14). En esta configuración, un área libre en el área rodeada por los portallamas 5 es pequeña. En consecuencia, una caída de presión del área rodeada por el portallamas 5 se vuelve amplia relativamente debido a la forma de separación de los portallamas 5, donde la velocidad del flujo del gas de la chimenea del área rodeada por el portallamas 5 en la boquilla del combustible 2 disminuye. Por lo tanto, el encendido del gas de combustión se realiza rápidamente.

60 En la configuración descrita anteriormente, cuatro portallamas 5 se disponen en un patrón de signo numérico (véase la Figura 14). Esto, sin embargo, no es limitante, y cualquier número de (por ejemplo, dos en la dirección de la altura y tres en la dirección del ancho) de los portallamas 5 puede conectarse para formar un área rodeada por los portallamas 5 (no se ilustra). Con el área rodeada por los portallamas 5 colocados en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2, la estabilización de la llama interna de la llama de combustión se realiza apropiadamente.

[Ejemplo de aplicación con la boquilla del combustible que tiene una abertura circular]

65 En los presentes ejemplos y realizaciones, en una vista frontal de la boquilla del combustible 2, la boquilla del

combustible 2 tiene la abertura rectangular 21 en la que los portallamas 5 se disponen (véanse las Figuras 2, 10, 12, y 14). Esto, sin embargo, no es limitante, y la boquilla del combustible 2 puede tener una abertura circular 21 en la que los portallamas 5 se disponen (véanse las Figuras 15 y 16).

5 Por ejemplo, en el quemador de combustión 1 ilustrado en la Figura 15, en la abertura circular 21, los portallamas 5 que tienen una estructura de separación cruzada (véase la Figura 12) se disponen. En el quemador de combustión 1 ilustrado en la Figura 16, en la abertura circular 21, los portallamas 5 conectados en un patrón de signo numérico (véase la Figura 14) se disponen. En estas configuraciones, con la intersección de los portallamas 5 (véase la Figura 12) o el área rodeada por los portallamas 5 (véase la Figura 14) dispuesta en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2, la estabilización de la llama interna de la llama de combustión se realiza apropiadamente.

10 Por ejemplo, con la abertura circular 21, el aire secundario se suministra de manera pareja a través del suministro múltiple del aire secundario en los círculos concéntricos. Esto suprime la formación de un área de oxígeno alto local, lo cual es preferente.

15 [Estructura del amortiguador de la boquilla de aire secundaria]

En general, la parte periférica externa Y de la llama de combustión tiende a tener un área de temperatura alta local y de oxígeno alto debido al suministro del aire secundario (véase la Figura 4). Es preferible, por lo tanto, que la cantidad del suministro del aire secundario se ajuste para disminuir este estado de alta temperatura y de oxígeno alto. Por otra parte, cuando permanece una gran cantidad de gas de combustión sin quemar, es preferible que esto se disminuya.

20 Por lo tanto, en el quemador de combustión 1, una pluralidad de (tres, en este ejemplo) boquillas de aire secundario 4 se disponen en la periferia externa de la boquilla principal del aire secundario 3 (véase la Figura 17). Además, la boquilla principal del aire secundario 3 y cada boquilla del aire secundario 4 tiene una estructura de amortiguador, que ajusta por lo tanto las cantidades de suministro del aire secundario principal y del aire secundario. En esta configuración, es preferible que cada boquilla del aire secundario 4 sea capaz de ajustar la dirección de la inyección del aire secundario dentro de un intervalo de  $\pm 30$  (grados).

25 En esta configuración, cuando una boquilla del aire secundario 4 dispuesta en el lado externo inyecta más aire secundario que una boquilla del aire secundario 4 dispuesta en el lado interno, se disminuye la difusión del aire secundario. En consecuencia, un estado de alta temperatura y de oxígeno alto en la parte periférica externa Y de la llama de combustión se disminuye. Por otra parte, en esta configuración, cuando una boquilla del aire secundario 4 dispuesta en el lado interno inyecta más aire secundario que una boquilla del aire secundario 4 dispuesta en el lado externo, se promueve la difusión del aire secundario. En consecuencia, se suprime un incremento en el gas de combustión sin quemar. De esta manera, al ajustar la cantidad de inyección de aire secundario a partir de cada boquilla del aire secundario 4, el estado de la llama de combustión se controla apropiadamente.

30 La configuración descrita anteriormente es útil cuando los combustibles sólidos con diferentes proporciones de combustible se usan selectivamente. Por ejemplo, cuando el carbón con un gran contenido volátil se usa como combustible sólido, al controlar para provocar difusión del aire secundario en una etapa temprana, el estado de la llama de combustión se controla apropiadamente.

35 En la configuración descrita anteriormente, es preferible que todas las boquillas de aire secundario 4 estén operando constantemente. En esta configuración, en comparación con una configuración en la cual algunas boquillas del aire secundario no están operando, se suprime el desgaste de las boquillas de aire secundario generado por la radiación de las llamas desde el horno. Por ejemplo, todas las boquillas de aire secundario 4 están operando constantemente. Además, el aire secundario se inyecta en una velocidad del flujo mínimo en la medida en que una boquilla del aire secundario 4 específica no se desgastará. Las otras boquillas del aire secundario 4 suministran aire secundario en intervalos amplios de tasa de flujo y de velocidad de flujo. Por consiguiente, el suministro del aire secundario puede llevarse a cabo apropiadamente dependiendo de los cambios en condiciones de operación del calentador. Por ejemplo, durante la operación de carga baja del calentador, el aire secundario se inyecta en una velocidad del flujo mínimo en la medida en que una parte de las boquillas del aire secundario 4 no se desgastará. La cantidad de suministro del aire secundario desde las otras boquillas del aire secundario 4 también se ajusta. La velocidad de flujo del aire secundario puede mantenerse de este modo, donde el estado de la llama de combustión se mantiene apropiadamente.

40 En la configuración descrita anteriormente, una parte de las boquillas de aire secundario 4 puede también servir como puerto de aceite (véase la Figura 18). En esta configuración, por ejemplo, cuando el quemador de combustión 1 se aplica al calentador de combustible de carbón pulverizado 100, una parte de las boquillas de aire secundario 4 se usa como un puerto de aceite. A través de la boquilla del aire secundarios 4, se suministra el aceite requerido para la operación de inicio del calentador. Esta configuración elimina la necesidad de puertos de aceite adicionales o de boquillas de aire secundario adicionales, reduciendo la altura del calentador.

45 En la configuración descrita anteriormente, es preferible que el aire secundario principal suministrado en la boquilla

principal del aire secundario 3 y el aire secundario suministrado en la boquilla del aire secundario 4 se suministren a través de diferentes sistemas de suministro (véase la Figura 19). En esta configuración, incluso cuando se proporciona una gran cantidad de boquillas de aire secundario (la boquilla principal del aire secundario 3 y una pluralidad de dichas boquillas de aire secundario 4), se operan y ajustan fácilmente.

5 [Aplicación en calentador de fuego frontal]

Es preferible que el quemador de combustión 1 se aplique en un calentador de fuego frontal (no se ilustra). En esta configuración, dado que el aire secundario se suministra gradualmente, la cantidad del suministro de aire puede controlarse fácilmente. De este modo, la cantidad de emisión de NOx se reduce.

[Adopción del sistema de suministro de aire adicional]

15 Es preferible que el quemador de combustión 1 se aplique en el calentador de combustible de carbón pulverizado 100 que utiliza el sistema de aire adicional (véase la Figura 22).

20 En otras palabras, este quemador de combustión 1 utiliza una configuración que estabiliza la llama interna de la llama de combustión (véase la Figura 1). Por lo tanto, incluso se promueve la combustión en la parte interna X de la llama de combustión, donde se reduce la temperatura de la parte periférica externa Y de la llama de combustión, y la cantidad de emisión de NOx desde el quemador de combustión 1 se reduce (véanse las Figuras 4 y 5). En consecuencia, la proporción del suministro de aire por el quemador de combustión 1 aumenta, donde la proporción del suministro de aire adicional se disminuye. De este modo, la cantidad de emisión de NOx generada por el aire adicional se reduce, y la cantidad de emisión de NOx de todo el calentador se reduce.

25 Las Figuras 20 y 21 son esquemas para explicar la cantidad de emisión de NOx cuando este quemador de combustión 1 se aplica en un calentador utilizando un sistema de aire adicional.

30 Los quemadores de combustión convencionales utilizan una configuración que estabiliza la llama exterior de la llama de combustión (véase el documento de la patente 1). Esta configuración genera un área donde el oxígeno permanece en la parte interna X de la llama de combustión (véase la Figura 4). Por lo tanto, para reducir lo suficiente el NOx, en general, la tasa de suministro del aire adicional necesita establecerse en aproximadamente 30 % a 40 % y la proporción de aire en exceso desde un quemador de combustión hasta un área de suministro de aire adicional necesita establecerse en aproximadamente 0,8 (véase el lado izquierdo de la Figura 20). Esto genera a su vez un problema de una gran cantidad de NOx emitido en el área de suministro de aire adicional.

35 Por el contrario, el quemador de combustión 1 utiliza la configuración que estabiliza la llama interna de la llama de combustión (véase la Figura 1). En esta configuración, debido a que incluso la combustión en la parte interna X de la llama de combustión (véase la Figura 4) se promueve, se forma una atmósfera de reducción en la parte interna X de la llama de combustión. Por lo tanto, la proporción de aire en exceso desde el quemador de combustión 1 hacia el área de suministro de aire adicional puede incrementarse (véase la Figura 21). Por consiguiente, mientras la proporción de aire en exceso desde el quemador de combustión 1 hacia el área de suministro de aire adicional se incrementa en aproximadamente 0,9, la tasa de suministro del aire adicional puede disminuir en aproximadamente 0 % a 20 % (véase el lado derecho de la Figura 20). De esta manera, la cantidad de emisión de NOx en el área de suministro de aire adicional se reduce, y la cantidad de emisión de NOx desde todo el calentador se reduce.

45 En el quemador de combustión 1, a través de la estabilización de la llama interna de la llama de combustión, la proporción de aire en exceso de todo el calentador puede disminuir de 1,0 a 1,1 (normalmente, la proporción de aire en exceso es de alrededor de 1,15). La eficiencia del calentador se incrementa de este modo.

50 [Efectos]

55 Como se describió anteriormente, en el quemador de combustión 1, cuando se ve en sección transversal a lo largo de la dirección en la que el portallamas 5 se amplía, la sección transversal que pasa a través del eje central de la boquilla del combustible 2, el portallamas 5 tiene una forma de separación que se amplía en la dirección de flujo del gas de combustión (véanse las Figuras 1 y 3). La distancia máxima  $h$  ( $h'$ ) desde el eje central de la boquilla del combustible 2 hacia los extremos ampliados respectivos de los portallamas 5 y el diámetro interno  $r$  ( $r'$ ) de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 cumplen con  $h/(r/2) < 0,6$  (véanse las Figuras 1, 2, 10 a 12, y 14 a 16). Debido a que esta configuración alcanza la estabilización de la llama interna de la llama de combustión (estabilización de la llama en un área central de la abertura de la boquilla del combustible), la parte periférica externa Y de la llama de combustión se mantiene a temperatura baja en comparación con las configuraciones (no se ilustra) para la estabilización de la llama exterior de la llama de combustión (estabilización de la llama en la periferia externa de la boquilla del combustible o estabilización de la llama en un área cercana a la superficie de la pared interna de la abertura de la boquilla del combustible) (véase la Figura 4). Por lo tanto, con el aire secundario, la temperatura de la parte periférica externa Y de la llama de combustión en una atmósfera de alto nivel de oxígeno, puede disminuirse.

65 Esto es ventajoso en cuanto a que la cantidad de emisión de NOx en la parte periférica externa Y de la llama de combustión (véase la Figura 4) se reduce.

- En el quemador de combustión 1, "el área central" de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 se refiere a un área donde, con el portallamas 5 con una forma de separación que se amplía en la dirección del flujo del gas de combustión, cuando se ve en sección transversal a lo largo de la dirección en la que el portallamas 5 se amplía, la sección transversal que pasa a través del eje central de la boquilla del combustible 2, la distancia máxima  $h$  ( $h'$ ) desde el eje central de la boquilla del combustible 2 hacia los extremos que se amplían (el extremo corriente abajo de la forma de separación) de los portallamas 5 y el diámetro interno  $r$  ( $r'$ ) de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 cumplen con  $h/(r/2) < 0,6$  ( $h'/(r'/2) < 0,6$ ) (véanse las Figuras 1, 2, 10 a 12, y 14 a 16). La distancia máxima  $h$  ( $h'$ ) significa la distancia máxima  $h$  ( $h'$ ) de una pluralidad de extremos que se amplían de los portallamas 5.
- El diámetro interno de la boquilla de combustión 2 se refiere a, cuando la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 es rectangular, un tamaño interior  $r$ ,  $r'$  en su dirección del ancho y su dirección de la altura (véanse las Figuras 2, 10, 12, y 14); se refiere a, cuando la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 es circular, su diámetro  $r$  (véanse las Figuras 15 y 16); y se refiere a, cuando la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 es elíptica, su diámetro largo y su diámetro corto (no se ilustra).
- En el quemador de combustión 1, el ancho de separación  $L$  de la forma de separación del portallamas 5 y el diámetro interior  $r$  de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 cumplen con  $0,06 \leq L/r$  (véanse las Figuras 1 y 3). En esta configuración, debido a que la proporción  $L/r$  del ancho de separación  $L$  del portallamas 5 con el diámetro interno  $r$  de la boquilla del combustible 2 está optimizada, la estabilización de la llama interna se asegura apropiadamente. Esto es ventajoso en cuanto a que la cantidad de emisión de NOx en la parte periférica externa Y de la llama de combustión (véase la Figura 4) se reduce.
- En el quemador de combustión 1, la boquilla del combustible 2 y las boquillas de aire secundario 3, 4 tienen una estructura que inyecta el gas de combustión o el aire secundario en flujos enderezados (véanse las Figuras 1, 8, y 11). En esta configuración, el gas de combustión y el aire secundario se inyectan en flujos enderezados para formar la llama de combustión, donde en una configuración que estabiliza la llama interna de la llama de combustión, se suprime la circulación de gas en la llama de combustión. En consecuencia, la parte periférica externa de la llama de combustión se mantiene a temperatura baja, en donde la cantidad de emisión de NOx debido a la mezcla con el aire secundario se reduce.
- En el quemador de combustión 1, los portallamas 5 se disponen en paralelo en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 (véanse las Figuras 10, 11, 14, y 16). En esta configuración, en un área intercalada entre los portallamas adyacentes 5, 5, se forma una atmósfera de reducción debido a la escasez de aire. Esto es ventajoso en cuanto a que la cantidad de emisión de NOx en la parte interna X de la llama de combustión (véase la Figura 4) se reduce.
- En el quemador de combustión 1, el par de portallamas 5, 5 se disponen de modo que se crucen unos con los otros y se conecten y su intersección se coloque en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 (véanse las Figuras 12, y 14 a 16). En esta configuración, con el par de portallamas 5, 5 cruzándose unos con los otros y conectados, se forma una superficie resistente de encendido en su intersección. Con la intersección dispuesta en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2, la estabilización de la llama interna de la llama de combustión se realiza apropiadamente. De este modo, la cantidad de emisión de NOx en la parte interna X de la llama de combustión (véase la Figura 4) se reduce.
- En el quemador de combustión 1, se dispone una pluralidad de boquillas de aire secundario (la boquilla del aire secundario 4), y estas boquillas de aire secundario son capaces de ajustar la cantidad de suministro de aire secundario de una forma relativa a la otra (véase la Figura 17). En esta configuración, al ajustar la cantidad de inyección de aire secundario a partir de cada boquilla del aire secundario 4, el estado de la llama de combustión se controla apropiadamente, lo cual es ventajoso.
- En el quemador de combustión 1 con la configuración descrita anteriormente, todas las boquillas de aire secundario (las boquillas de aire secundario 4) se operan constantemente. Esta configuración es ventajosa en cuanto a que, en comparación con una configuración en la cual algunas boquillas del aire secundario no están operando, se suprime el desgaste de las boquillas de aire secundario generado por la radiación de las llamas desde el horno.
- En el quemador de combustión 1 con la configuración descrita anteriormente, una parte de las boquillas de aire secundario 4 sirve también como un puerto de aceite o un puerto de gas (véase la Figura 18). En esta configuración, por ejemplo, cuando el quemador de combustión 1 se aplica al calentador de combustible de carbón pulverizado 100, a través de la boquilla del aire secundarios 4 que sirve también como un puerto de aceite o un puerto de gas, puede suministrarse el aceite requerido para la operación de inicio del calentador. Esto es ventajoso en cuanto a que esta configuración elimina la necesidad de puertos de aceite adicionales o boquillas de aire secundario adicionales y la altura del calentador puede reducirse.

#### Aplicabilidad industrial

Como se describió anteriormente, el quemador de combustión y el calentador que incluye el quemador de

combustión de acuerdo con la presente invención son útiles en lo que se refiere a la reducción de la cantidad de emisión de NOx.

EXPLICACIONES DE LETRAS O NÚMEROS

5

1	quemador de combustión
2	boquilla del combustible
21	abertura
3	boquilla principal del aire secundario
31	abertura
4	boquilla del aire secundario
41	abertura
5	portallamas
6	mecanismo de enderezado del flujo
100	calentador
110	horno
111	cámara de combustión
112	conducto de gas de la chimenea
120	aparato de combustión
121	quemador de combustión
122	sistema de suministro de carbón pulverizado
123	sistema de suministro de aire
130	aparato de generación de vapor
131	economizador
132	recalentador
133	supercalentador

10 El diámetro interno de la boquilla de combustión 2 se refiere a, cuando la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 es rectangular, un tamaño interior  $r, r'$  en su dirección del ancho y su dirección de la altura (véanse las Figuras 2, 10, 12, y 14); se refiere a, cuando la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 es circular, su diámetro  $r$  (véanse las Figuras 15 y 16); y se refiere a, cuando la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 es elíptica, su diámetro largo y su diámetro corto (no se ilustra).

15 En el quemador de combustión 1, el ancho de separación  $L$  de la forma de separación del portallamas 5 y el diámetro interior  $r$  de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 cumplen con  $0,06 \leq L/r$  (véanse las Figuras 1 y 3). En esta configuración, debido a que la proporción  $L/r$  del ancho de separación  $L$  del portallamas 5 con el diámetro interno  $r$  de la boquilla del combustible 2 está optimizada, la estabilización de la llama interna se asegura apropiadamente. Esto es ventajoso en cuanto a que la cantidad de emisión de NOx en la parte periférica externa  $Y$  de la llama de combustión (véase la Figura 4) se reduce.

20 En el quemador de combustión 1, la boquilla del combustible 2 y las boquillas de aire secundario 3, 4 tienen una estructura que inyecta el gas de combustión o el aire secundario en flujos enderezados (véanse las Figuras 1, 8, y 11). En esta configuración, el gas de combustión y el aire secundario se inyectan en flujos enderezados para formar la llama de combustión, donde en una configuración que estabiliza la llama interna de la llama de combustión, se suprime la circulación de gas en la llama de combustión. En consecuencia, la parte periférica externa de la llama de  
25 combustión se mantiene a temperatura baja, en donde la cantidad de emisión de NOx debido a la mezcla con el aire secundario se reduce.

30 En el quemador de combustión 1, los portallamas 5 se disponen en paralelo en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 (véanse las Figuras 10, 11, 14, y 16). En esta configuración, en un área intercalada entre los portallamas adyacentes 5, 5, se forma una atmósfera de reducción debido a la escasez de aire. Esto es ventajoso en cuanto a que la cantidad de emisión de NOx en la parte interna  $X$  de la llama de combustión (véase la Figura 4) se reduce.

35 En el quemador de combustión 1, el par de portallamas 5, 5 se disponen de modo que se crucen unos con los otros y se conecten y su intersección se coloque en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2 (véanse las Figuras 12, y 14 a 16). En esta configuración, con el par de portallamas 5, 5 cruzándose unos con los otros y conectados, se forma una superficie resistente de encendido en su intersección. Con la intersección dispuesta en el área central de la abertura 21 de la boquilla del combustible 2, la estabilización de la llama interna de la llama de combustión se realiza apropiadamente. De este modo, la cantidad de emisión de NOx en la parte interna  
40  $X$  de la llama de combustión (véase la Figura 4) se reduce.

5 En el quemador de combustión 1, se dispone una pluralidad de boquillas de aire secundario (la boquilla del aire secundario 4), y estas boquillas de aire secundario son capaces de ajustar la cantidad de suministro de aire secundario de una forma relativa a la otra (véase la Figura 17). En esta configuración, al ajustar la cantidad de inyección de aire secundario a partir de cada boquilla del aire secundario 4, el estado de la llama de combustión se controla apropiadamente, lo cual es ventajoso.

10 En el quemador de combustión 1 con la configuración descrita anteriormente, todas las boquillas de aire secundario (las boquillas de aire secundario 4) se operan constantemente. Esta configuración es ventajosa en cuanto a que, en comparación con una configuración en la cual algunas boquillas del aire secundario no están operando, se suprime el desgaste de las boquillas de aire secundario generado por la radiación de las llamas desde el horno.

15 En el quemador de combustión 1 con la configuración descrita anteriormente, una parte de las boquillas de aire secundario 4 sirve también como un puerto de aceite o un puerto de gas (véase la Figura 18). En esta configuración, por ejemplo, cuando el quemador de combustión 1 se aplica al calentador de combustible de carbón pulverizado 100, a través de la boquilla del aire secundarios 4 que sirve también como un puerto de aceite o un puerto de gas, puede suministrarse el aceite requerido para la operación de inicio del calentador. Esto es ventajoso en cuanto a que esta configuración elimina la necesidad de puertos de aceite adicionales o boquillas de aire secundario adicionales y la altura del calentador puede reducirse.

## 20 **Aplicabilidad industrial**

Como se describió anteriormente, el quemador de combustión y el calentador que incluye el quemador de combustión de acuerdo con la presente invención son útiles en lo que se refiere a la reducción de la cantidad de emisión de NOx.

25

### EXPLICACIONES DE LETRAS O NÚMEROS

1	quemador de combustión
2	boquilla del combustible
21	abertura
3	boquilla principal del aire secundario
31	abertura
4	boquilla del aire secundario
41	abertura
5	portallamas
6	mecanismo de enderezado del flujo
100	calentador
110	horno
111	cámara de combustión
112	conducto de gas de la chimenea
120	aparato de combustión
121	quemador de combustión
122	sistema de suministro de carbón pulverizado
123	sistema de suministro de aire
130	aparato de generación de vapor
131	economizador
132	recalentador
133	supercalentador

## REIVINDICACIONES

1. Un quemador de combustión (1) que comprende:

- 5 una boquilla del combustible (2) que está configurada para inyectar gas de combustión preparado por la mezcla del combustible sólido y el aire principal;  
una boquilla del aire secundario de carbón (3) dispuesta en un lado externo de la boquilla del combustible (2) y configurada para inyectar el aire secundario de carbón desde una periferia externa de la boquilla del combustible (2);
- 10 una boquilla del aire secundario (4) dispuesta en un lado externo de la boquilla del combustible (2) y de la boquilla del aire secundario de carbón (3) y configurada para inyectar aire secundario desde una periferia externa de la boquilla del combustible (2); y  
una pluralidad de portallamas (5) que están dispuestos en una abertura (21) de la boquilla del combustible (2), **caracterizado por que** los portallamas (5) tienen una estructura para cortar transversalmente la abertura (21) de la boquilla del combustible (2) y para cruzarse uno con el otro en una o más intersecciones, en donde al menos una intersección está situada en un área central de la abertura (21) de la boquilla del combustible (2), y tiene una forma de separación que se amplía en una dirección de flujo del gas de combustión y tiene un vértice dirigido al lado corriente arriba de la dirección de flujo para ramificar/dividir el gas de combustión en una dirección de flujo del gas de combustión cuando se observa en sección transversal a lo largo de una dirección en la que el portallamas (5) se amplía, y la boquilla del combustible (2), la boquilla del aire secundario de carbón (3) y la boquilla del aire secundario (4) están configuradas respectivamente para inyectar el gas de combustión, el aire secundario de carbón y el aire secundario en flujos rectos sin generar remolinos.
- 25 2. El quemador de combustión (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que cuando se ve en sección transversal a lo largo de una dirección en la que el portallamas (5) se amplía, la sección transversal que pasa a través de un eje central de la boquilla del combustible (2), una distancia máxima  $h$  a partir del eje central de la boquilla del combustible (2) hasta un extremo ampliado del portallamas (5) y un diámetro interno  $r$  de la abertura (21) de la boquilla del combustible (2) cumplen que  $h/(r/2) < 0,6$ .
- 30 3. El quemador de combustión de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que un ancho de separación  $L$  de la forma de separación del portallamas (5) y el diámetro interno  $r$  de la abertura (21) de la boquilla del combustible (2) cumplen que  $0,06 \leq L/r$ .
- 35 4. El quemador de combustión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que una pluralidad de los portallamas (5) están dispuestos en paralelo en el área central de la abertura (21) de la boquilla del combustible (2).
- 40 5. El quemador de combustión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la pluralidad de los portallamas (5) están conectados.
- 45 6. El quemador de combustión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la boquilla del combustible (2) tiene una abertura rectangular o elíptica y los portallamas (5) cortan transversalmente de manera sustancial el área central de la abertura (21) de la boquilla del combustible (2).
- 50 7. El quemador de combustión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la boquilla del combustible (2) tiene una abertura circular y los portallamas (5) cortan transversalmente de manera sustancial el área central de la abertura (21) de la boquilla del combustible (2).
8. El quemador de combustión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que hay dispuesta una pluralidad de las boquillas de aire secundario (4) y las boquillas de aire secundario (4) son capaces de ajustar una cantidad de suministro de aire secundario de una manera en relación una a la otra.
- 55 9. El quemador de combustión de acuerdo con la reivindicación 8, en el que todas las boquillas de aire secundario (4) están funcionando constantemente.
- 60 10. El quemador de combustión de acuerdo con las reivindicaciones 8 o 9, en el que una parte de las boquillas de aire secundario (4) sirve también como un puerto de aceite o un puerto de gas.
11. Un calentador que comprende el quemador de combustión (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

FIG.1

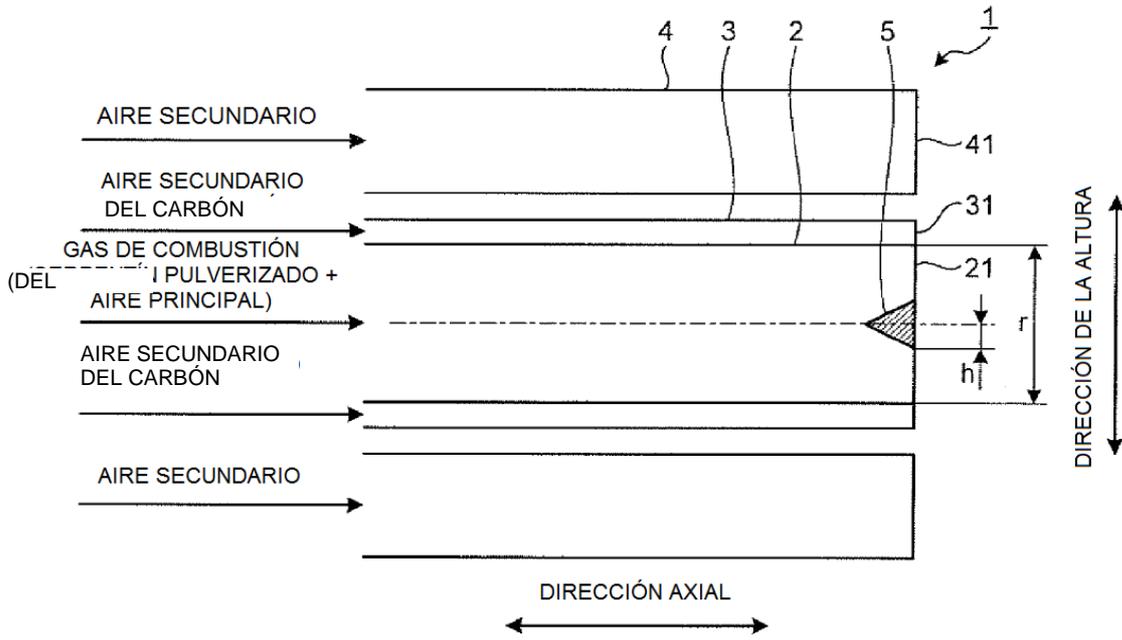


FIG.2

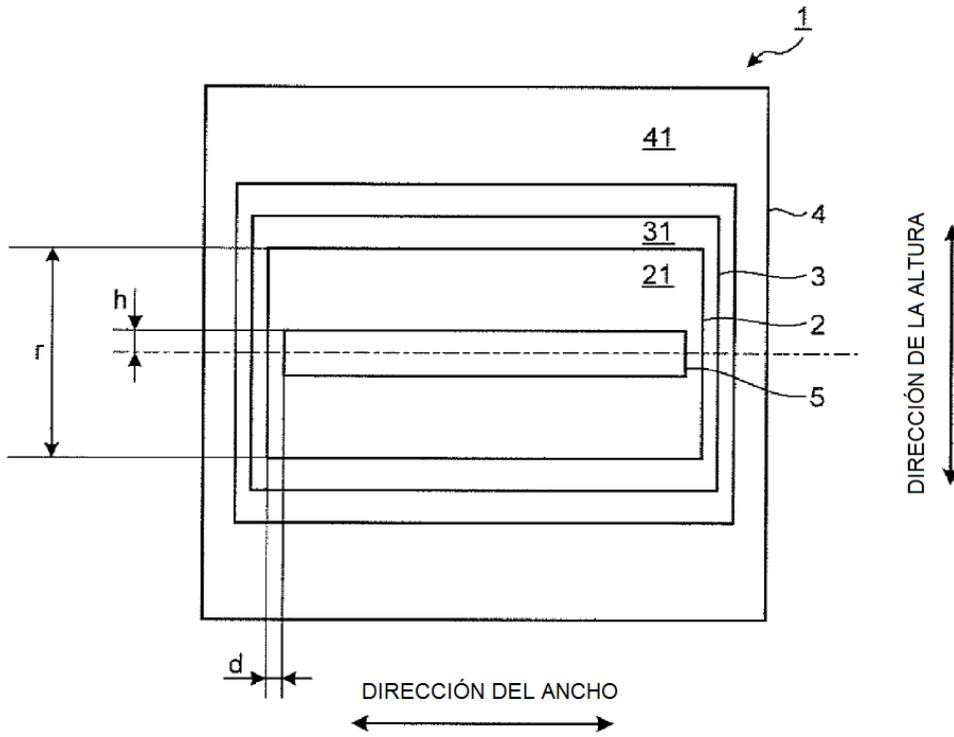


FIG.3

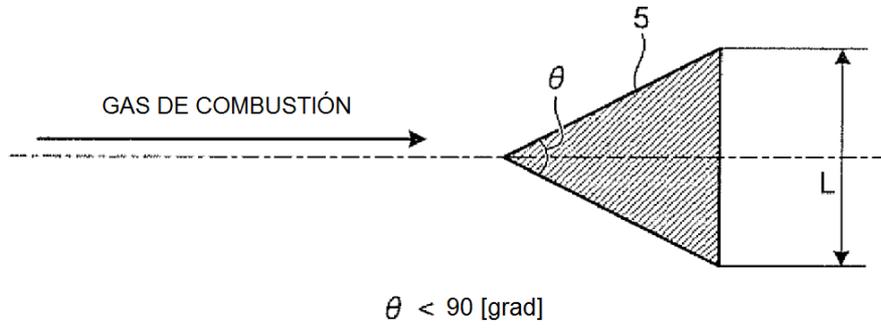


FIG.4

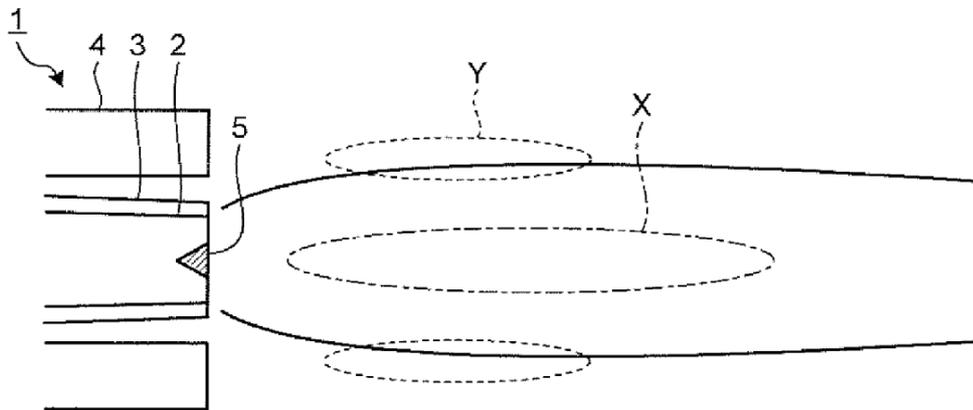


FIG.5

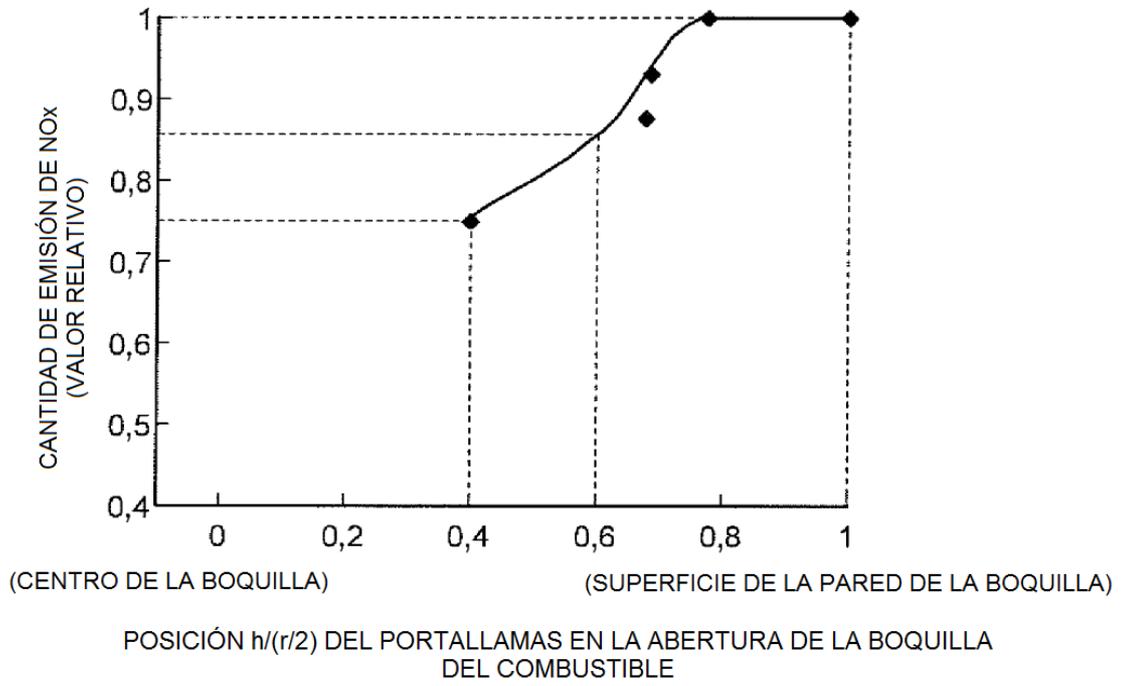


FIG.6A

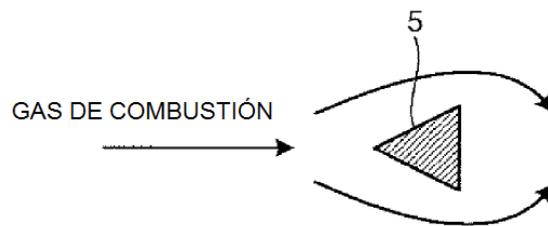


FIG.6B

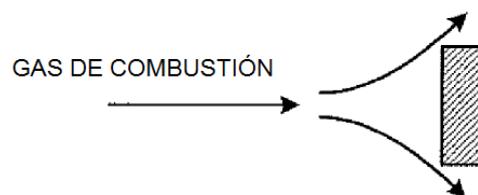


FIG.7

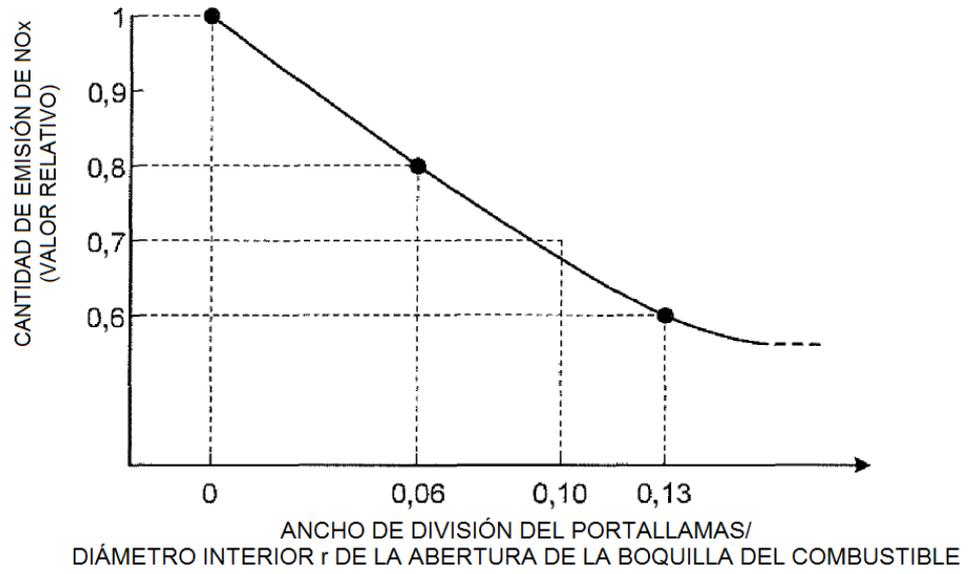


FIG.8

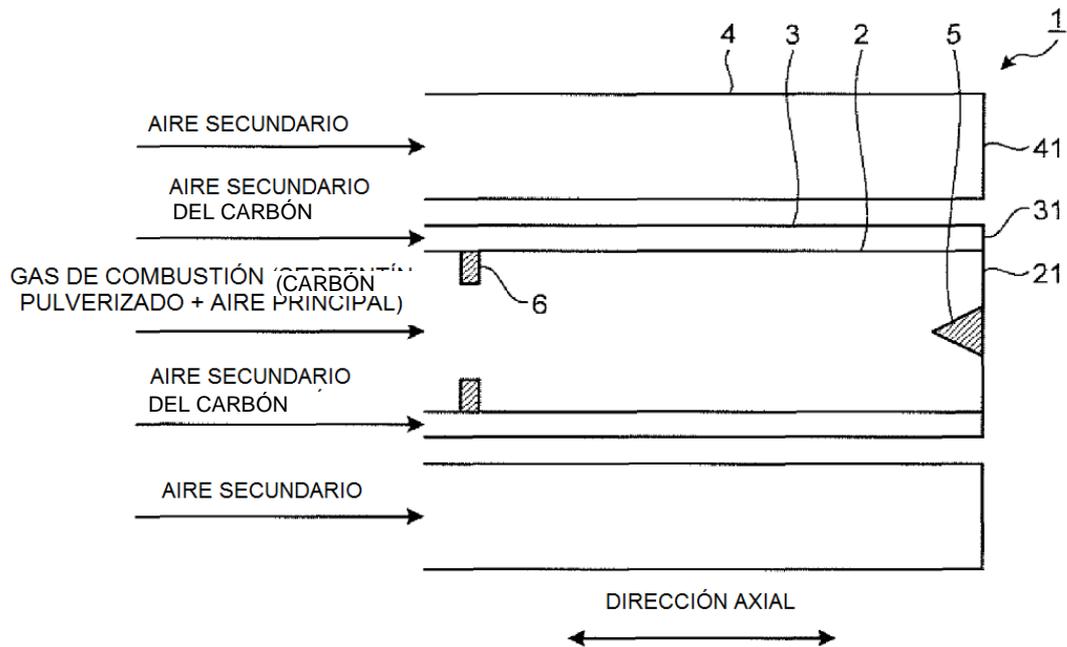


FIG.9

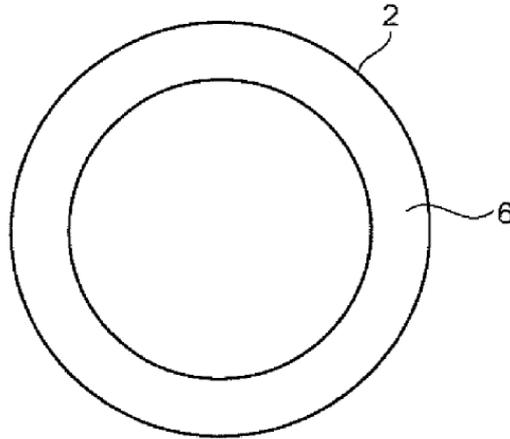


FIG.10

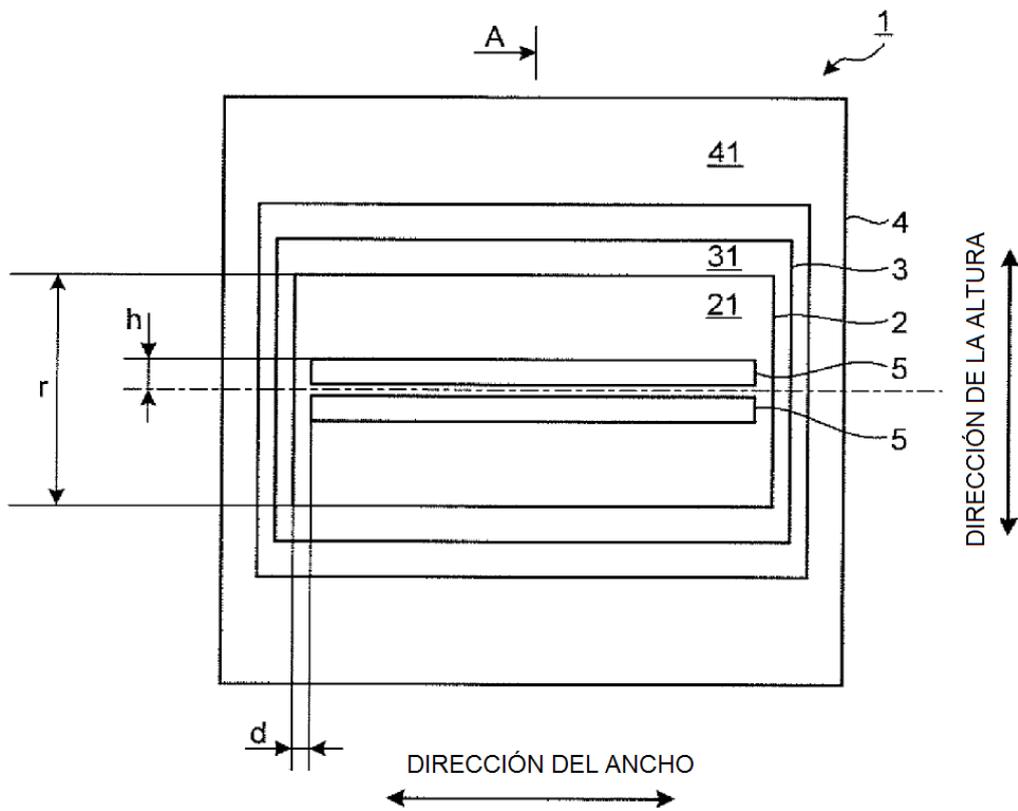


FIG.11

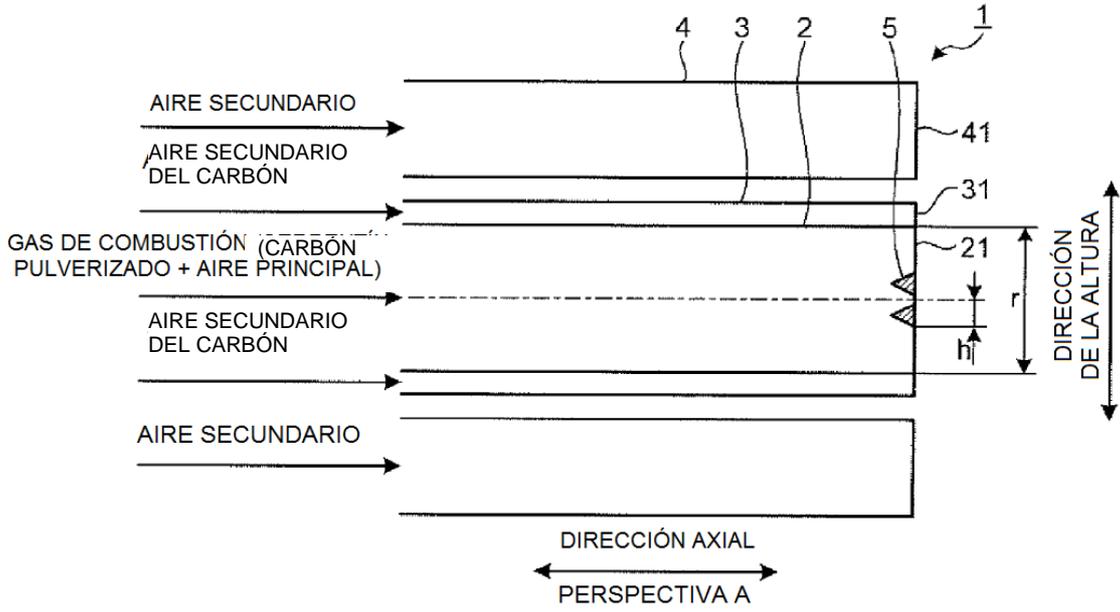


FIG.12

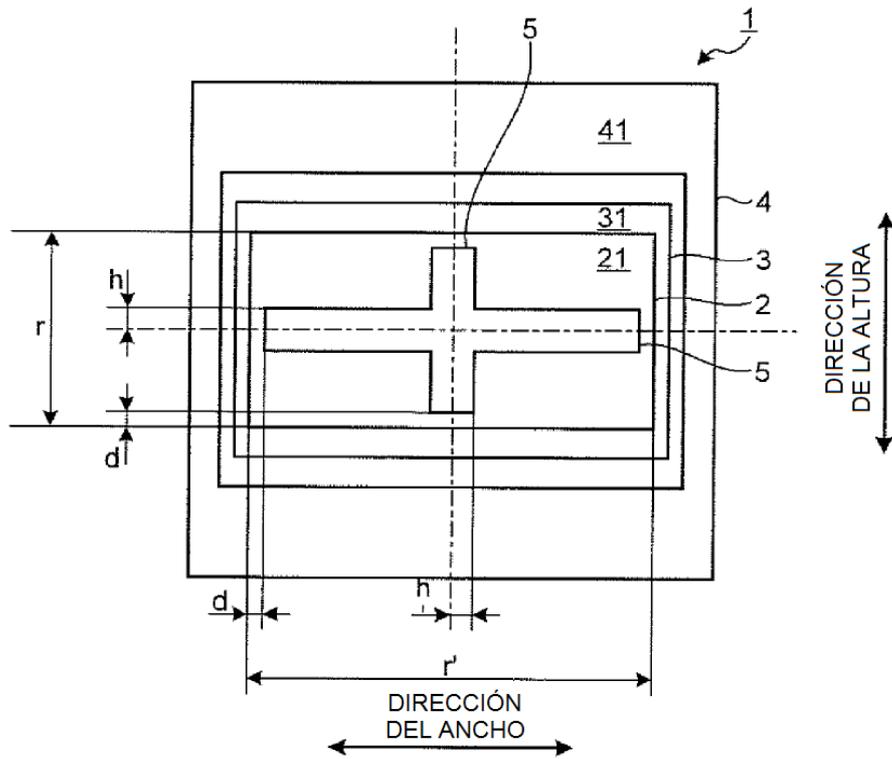


FIG.13

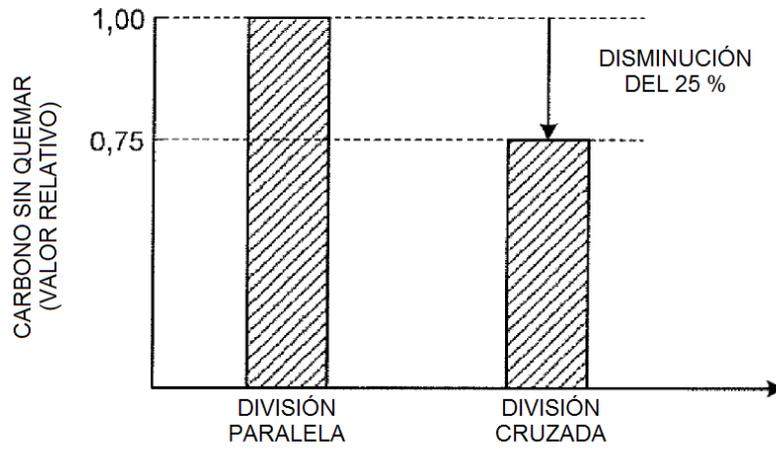


FIG.14

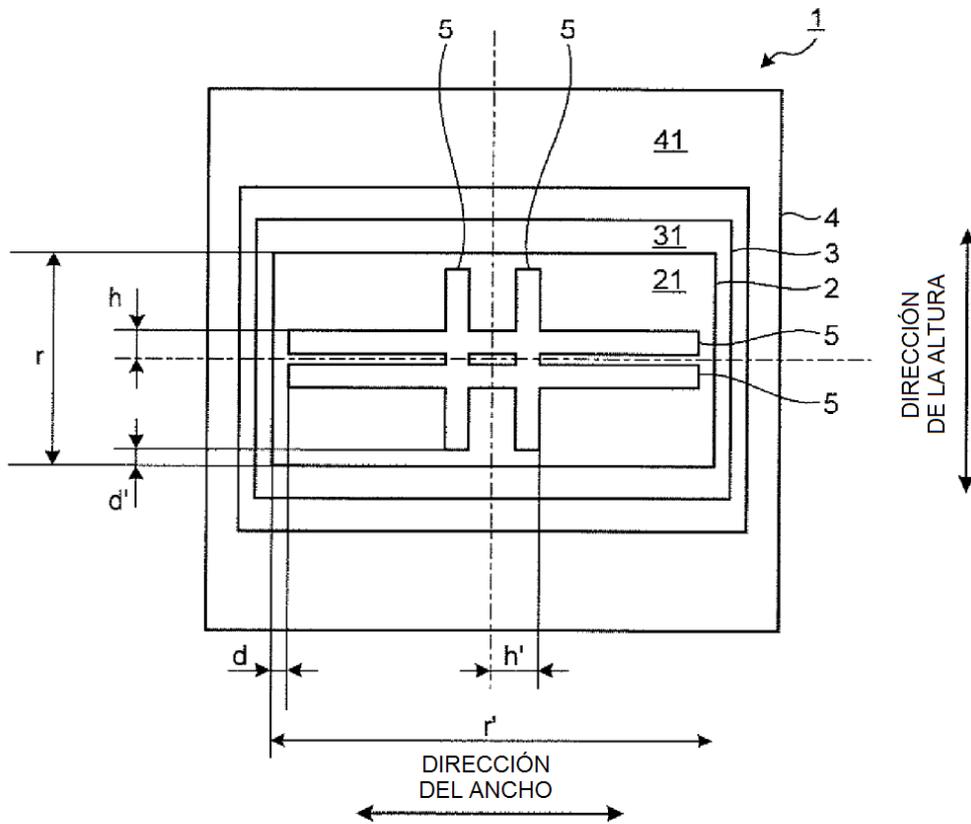


FIG.15

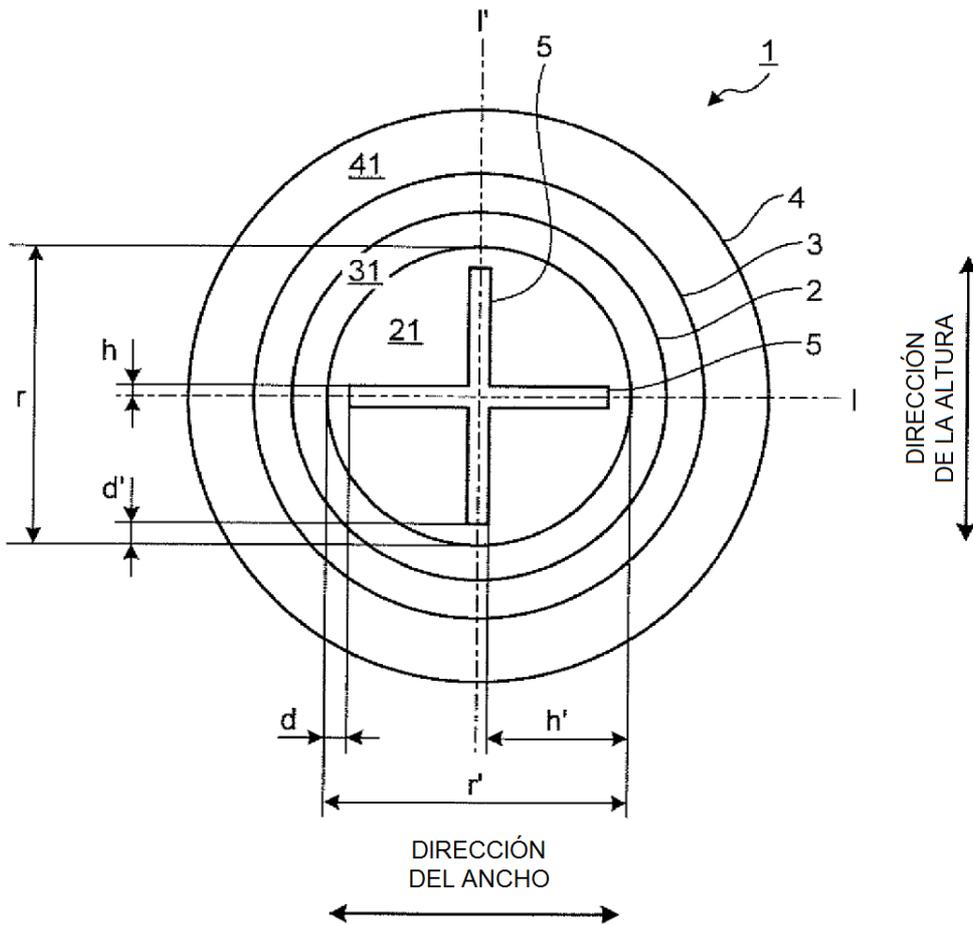


FIG.16

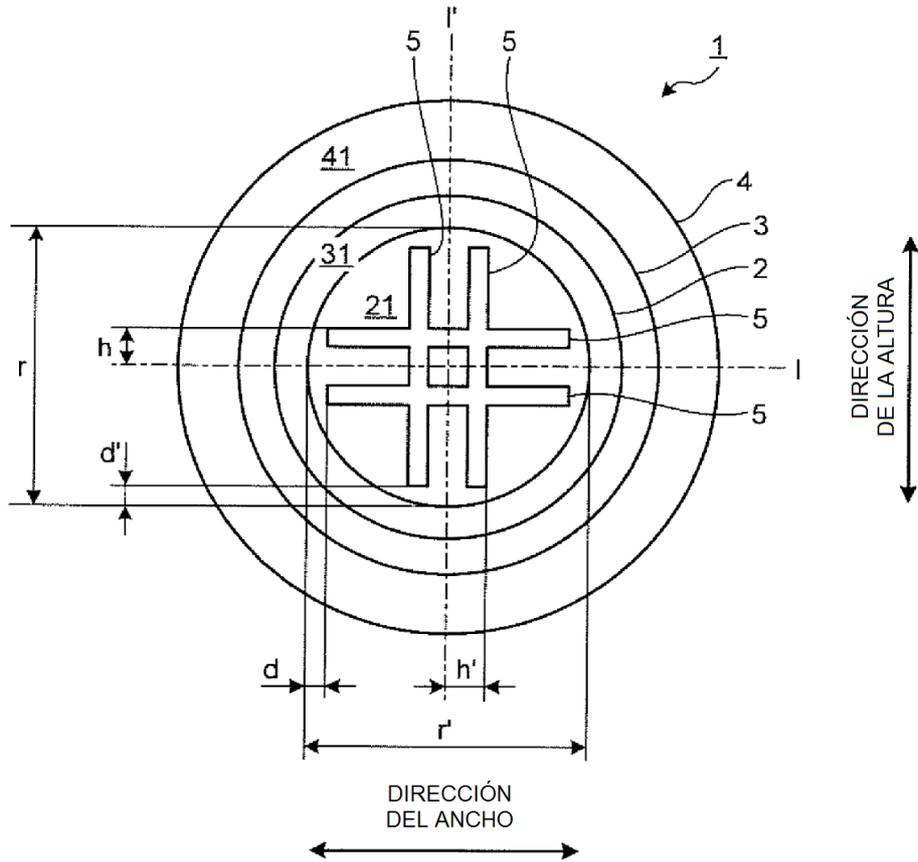


FIG.17

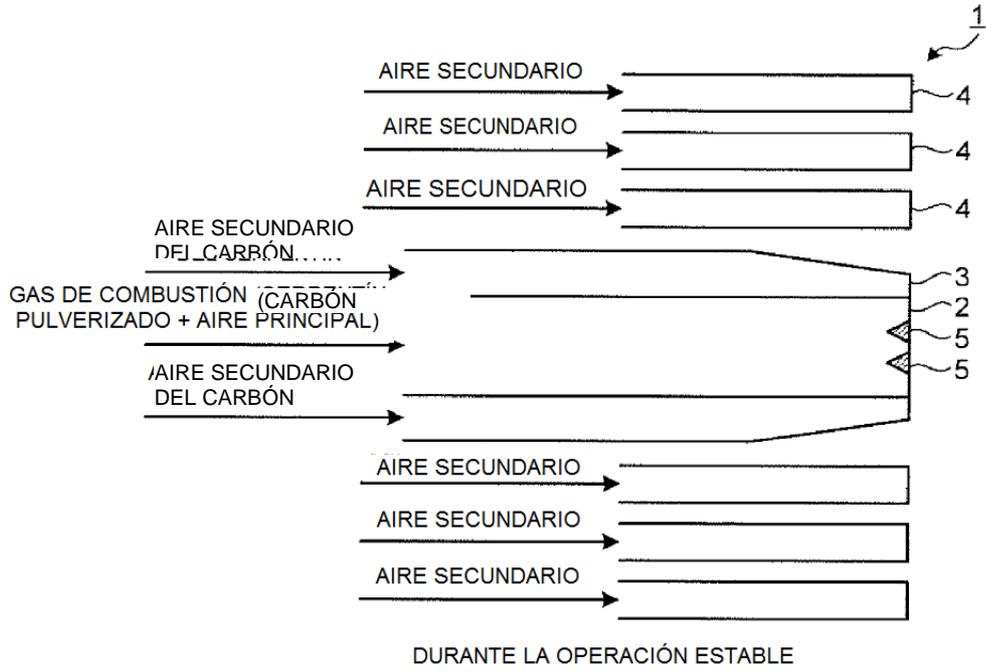


FIG.18

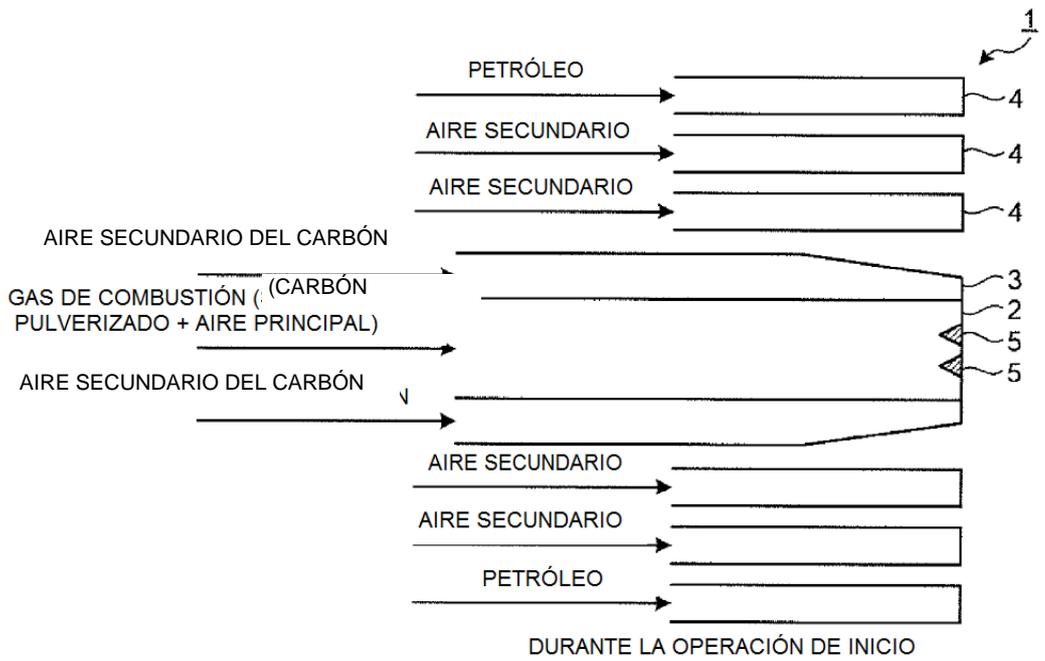


FIG.19

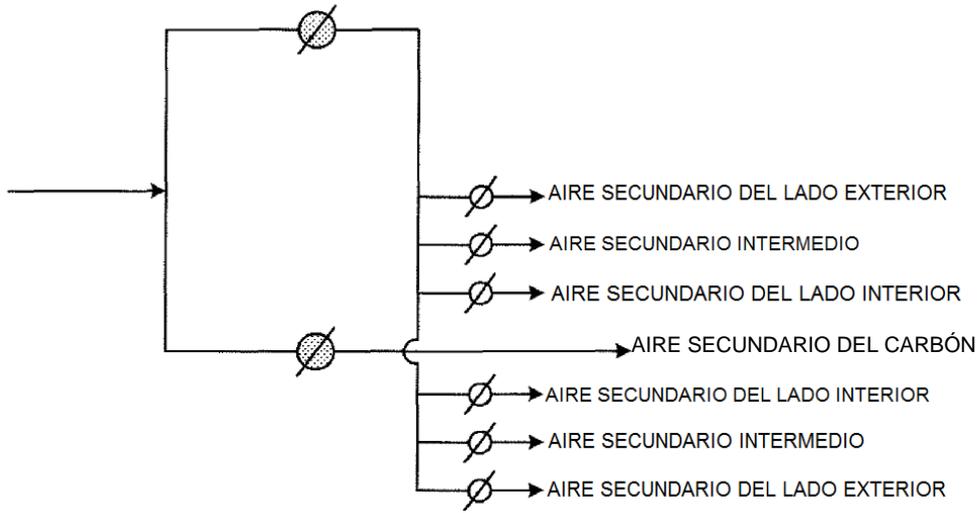


FIG.20

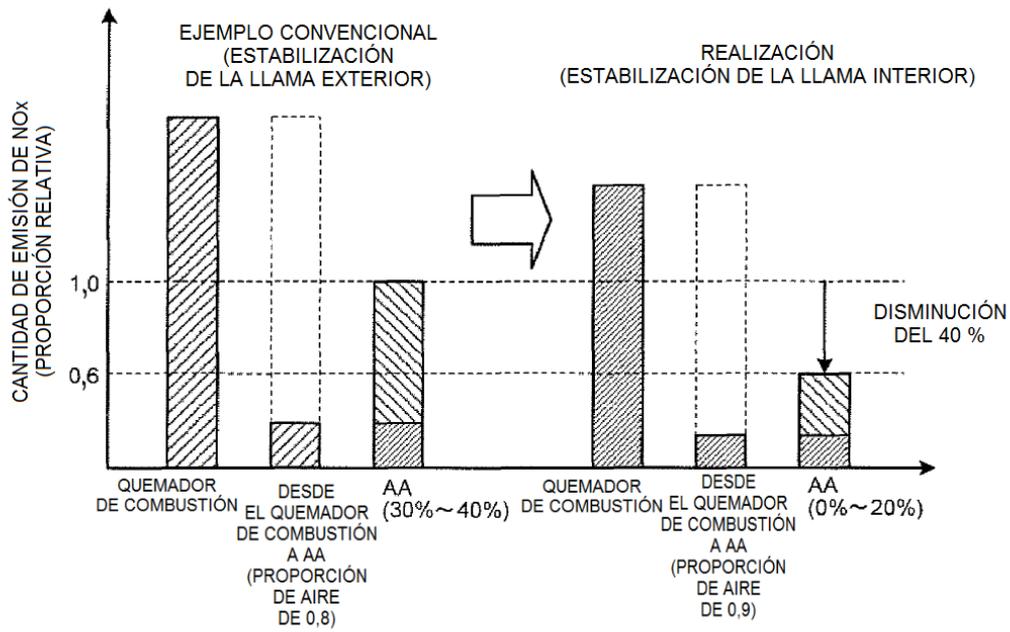


FIG.21

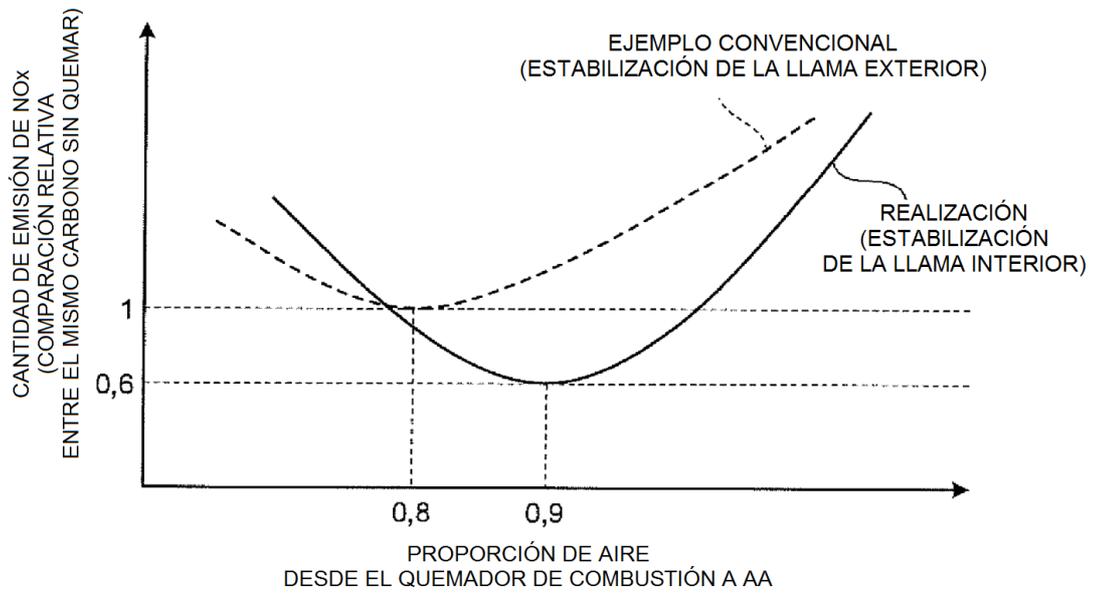


FIG.22

