

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 647 923**

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: **07.06.2010 PCT/JP2010/059607**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.06.2011 WO11074281**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.06.2010 E 10837312 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.10.2017 EP 2515039**

54 Título: **Quemador de combustible sólido y caldera alimentada con combustible sólido**

30 Prioridad:

**17.12.2009 JP 2009286663**

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

**27.12.2017**

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 2 647 923 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 combustible sólido y caldera alimentada con combustible sólido

### 5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a quemadores alimentados con combustible sólido y calderas alimentadas con combustible sólido que queman un combustible sólido (combustible en polvo) tal como carbón pulverizado.

### 10 **Antecedentes de la técnica**

15 Ejemplos de calderas alimentadas con combustible sólido convencionales incluyen una caldera alimentada con carbón pulverizado que quema, por ejemplo, carbón pulverizado (carbón) como combustible sólido. Ejemplos de esta caldera alimentada con carbón pulverizado incluyen dos tipos de sistemas de combustión conocidos, es decir, una caldera de alimentación tangencial y una caldera de alimentación de pared.

20 De estas calderas, en la caldera de alimentación tangencial que quema carbón pulverizado, los puertos de inyección de aire secundario para inyectar aire secundario están dispuestos por encima y por debajo del aire primario inyectado desde un quemador alimentado con carbón (quemador alimentado con combustible sólido) junto con carbón pulverizado, que sirve como combustible, con el fin de realizar el ajuste de flujo del aire de secundario alrededor de la caldera alimentada con carbón (véase, por ejemplo, el documento JP 3679998B).

25 La cantidad del aire primario descrito anteriormente debe ser suficiente para transportar el carbón pulverizado, que sirve como combustible, y por lo tanto, se especifica la cantidad del mismo en un molino de rodillos para pulverizar el carbón para generar carbón pulverizado.

30 El aire secundario descrito anteriormente se sopla en una cantidad necesaria para formar la llama completa en la caldera de alimentación tangencial. Por lo tanto, la cantidad de aire secundario para la caldera de alimentación tangencial se obtiene en general restando la cantidad de aire primario de la cantidad total de aire necesaria para la combustión del carbón pulverizado.

35 Por otra parte, en un quemador de una caldera de alimentación de pared, se ha propuesto que el aire secundario y el aire terciario se introduzcan en un lado exterior del aire primario (para suministrar el carbón pulverizado) para realizar un ajuste fino de la cantidad de aire introducido (véase, por ejemplo, el documento JP 2006-189188A).

### **Sumario de la invención**

#### **Problema técnico**

40 La caldera de alimentación tangencial convencional descrita anteriormente tiene una configuración en la que se proporciona un puerto de inyección de aire secundario por encima y por debajo de la caldera alimentada con carbón, y por lo tanto, no puede realizarse el ajuste fino de la cantidad de aire secundario a inyectar desde los puertos de inyección de aire secundario. Por lo tanto, se forma una región que permanece con oxígeno a alta temperatura en la circunferencia exterior de la llama, y en particular, la región que permanece con oxígeno a alta temperatura se forma en una región donde el aire secundario se concentra, para provocar un aumento en la cantidad de NOx producido, lo que es indeseable.

50 En general, el quemador alimentado con carbón convencional tiene una configuración en la que un mecanismo de estabilización de llama (para el ajuste del ángulo de punta, giro, etc.) está dispuesto en la circunferencia exterior del quemador, y además, los puertos de inyección de aire secundario (o aire terciario) están dispuestos inmediatamente al lado de la circunferencia exterior del mecanismo de estabilización de llama. Por lo tanto, la ignición se lleva aproximadamente a la circunferencia exterior de la llama, y una gran cantidad de aire se mezcla en la circunferencia exterior de la llama. Como resultado, la combustión en la circunferencia exterior de la llama progresa a un estado de alta temperatura con alto contenido de oxígeno en la región que permanece con oxígeno a alta temperatura en la circunferencia exterior de la llama, y por lo tanto, el NOx se produce en la circunferencia exterior de la llama.

60 Ya que el NOx producido de este modo en la región que permanece con oxígeno a alta temperatura en la circunferencia exterior de la llama pasa a través de la circunferencia exterior de la llama, la reducción del NOx se retrasa en comparación con la del NOx producido dentro de la llama, y esto provoca que se produzca NOx a partir de la caldera alimentada con carbón.

65 Por otra parte, también en la caldera de alimentación de pared, ya que la ignición se realiza en la circunferencia exterior de la llama debido a los vórtices, esto provoca de manera similar, que el NOx se produzca en la circunferencia exterior de la llama.

A partir de estas circunstancias, como en el quemador alimentado con carbón y la caldera alimentada con carbón convencionales descritos anteriormente, en los quemadores alimentados con combustible sólido y las calderas alimentadas con combustible sólido que queman combustible sólido en polvo, se desea suprimir una región que permanece con oxígeno a alta temperatura formada en la circunferencia exterior de la llama para reducir la cantidad de NOx producido emitido finalmente desde una sección de inyección de aire adicional.

Ejemplos adicionales de quemadores alimentados con carbón convencionales provistos de un mecanismo de estabilización de llama (para el ajuste del ángulo de punta, giro, etc.) dispuesto en la circunferencia exterior del quemador y con un puerto de inyección de aire secundario dispuesto inmediatamente al lado de la circunferencia exterior del mecanismo de estabilización de llama se describen en los documentos US 5315939B, EP 1219893A1 y JP 2791029B2.

El documento JP 2791029B2 desvela un quemador alimentado con carbón donde se proporciona un puerto primario, en la parte delantera de la trayectoria del flujo, con superficies que se ensanchan hacia fuera y que cambian el ángulo de punta del puerto primario y crean vórtices que efectúan la estabilización de llama en la periferia exterior de la llama producida delante del quemador. El quemador tiene un único elemento separador vertical y un único elemento separador horizontal dispuestos con el fin de producir una única parte de cruce en la que se cruzan los elementos separadores.

El documento US 5315939B desvela un quemador alimentado con carbón que tiene una superficie que se ensancha hacia fuera similar en una parte delantera de trayectoria de flujo de un puerto primario de un quemador de combustible que constituye el mecanismo de estabilización de llama dispuesto en la circunferencia exterior del quemador. Un mecanismo de estabilización de llama interior en esta estructura está formado por unas barras rectangulares que forman un bastidor rectangular.

El documento EP 1219893A1 desvela un quemador alimentado con carbón que tiene unas superficies que se ensanchan hacia fuera en una parte delantera de trayectoria de flujo de un puerto primario y también en una parte delantera de un puerto secundario que constituye el mecanismo de estabilización de llama en la circunferencia exterior del quemador. Un mecanismo de estabilización de llama interior está formado por un elemento separador triangular (en sección transversal) en una parte central del puerto primario. El estabilizador de llama tiene una placa delantera con una pluralidad de orificios de aire que promueven la ignición.

La presente invención se ha realizado en vista de las circunstancias descritas anteriormente, y un objetivo de la misma es proporcionar un quemador alimentado con combustible sólido y una caldera alimentada con combustible sólido capaces de disminuir la cantidad de NOx producido emitido finalmente desde la sección de inyección de aire adicional suprimiendo (debilitando) una región que permanece con oxígeno a alta temperatura formada en la circunferencia exterior de la llama.

### **Solución del problema**

Con el fin de resolver los problemas descritos anteriormente, la presente invención de acuerdo con un primer aspecto proporciona un quemador alimentado con combustible sólido con las características de la reivindicación 1 que debe usarse en una sección de quemador de una caldera alimentada con combustible sólido para realizar una combustión baja en NOx por separado en la sección de quemador y en una sección de inyección de aire adicional.

De acuerdo con este quemador alimentado con combustible sólido del primer aspecto de la presente invención, ya que se proporcionan el quemador de combustible que tiene la estabilización de llama interior y el puerto de inyección de aire secundario que no realiza la estabilización de llama, cuando se establece la proporción en el quemador de combustible a 0,85 o más, la cantidad de aire en una sección de inyección de aire adicional (la cantidad de aire adicional inyectado) disminuye en comparación con un caso en el que la proporción se establece en 0,8, por ejemplo. Como resultado, en la sección de inyección de aire adicional donde la cantidad de aire adicional inyectado disminuye, la cantidad de NOx producido disminuye finalmente.

La disminución descrita anteriormente en la cantidad de aire adicional inyectado se habilita cuando la ignición en el quemador de combustible se mejora con la estabilización de llama interior empleando el quemador de combustible que tiene la estabilización de llama interior y el puerto de inyección de aire secundario que no realiza estabilización de llama, y cuando la difusión del aire en el interior de la llama se mejora para suprimir una región que permanece con oxígeno formada en la llama. Específicamente, ya que se suprime una región que permanece con oxígeno a alta temperatura formada en la circunferencia exterior de la llama, y además, la mejora de la ignición produce NOx dentro de la llama para reducir efectivamente el NOx, la cantidad de NOx que alcanza la sección de inyección de aire adicional disminuye. Además, ya que la cantidad de aire adicional inyectado disminuye en la sección de inyección de aire adicional, la cantidad de NOx producido en la sección de inyección de aire adicional también disminuye, y, como resultado, la cantidad de NOx emitida puede disminuir finalmente.

Además, la adopción del puerto inyección de aire secundario que no realiza estabilización de llama también es eficaz para disminuir la cantidad de NOx producido en la circunferencia exterior de la llama.

En el quemador alimentado con combustible sólido descrito anteriormente, una proporción más preferible en el quemador de combustible es 0,9 o más.

5 En el quemador alimentado con combustible sólido de acuerdo con la presente invención, el quemador de combustible inyecta combustible en polvo y aire en el horno; el puerto de inyección de aire secundario está dispuesto por encima y por debajo y/o en los lados derecho e izquierdo del quemador de combustible y tiene un medio de ajuste de flujo de aire; y los elementos separadores están dispuestos en una parte delantera de trayectoria de flujo del quemador de combustible.

10 De acuerdo con este quemador alimentado con combustible sólido, ya que el quemador alimentado con combustible sólido, que inyecta combustible en polvo y aire en el horno, está provisto de más elementos separadores dispuestos en la parte delantera de trayectoria de flujo del quemador de combustible, los elementos separadores funcionan como un mecanismo de estabilización de llama interior cerca del centro de la abertura de salida del quemador de combustible. Ya que la estabilización de llama interior se habilita por los elementos separadores, la parte central de la llama se vuelve deficiente en aire, y por lo tanto procede la reducción de NOx.

15 En el quemador alimentado con combustible sólido de acuerdo con la presente invención, el quemador de combustible inyecta combustible en polvo y aire en el horno; el puerto de inyección de aire secundario está dispuesto por encima y por debajo y/o en los lados derecho e izquierdo del quemador de combustible y tiene un medio de ajuste de flujo de aire; y los elementos separadores están dispuestos en una pluralidad de direcciones en una parte delantera de trayectoria de flujo del quemador de combustible.

20 De acuerdo con este quemador alimentado con combustible sólido, ya que el quemador alimentado con combustible sólido, que inyecta combustible en polvo y aire en el horno, está provisto de los elementos separadores dispuestos en una pluralidad de direcciones en la parte delantera de trayectoria de flujo del quemador de combustible, las partes de cruce de los elementos separadores, que funcionan como el mecanismo de estabilización de llama interior, pueden proporcionarse fácilmente cerca del centro de la abertura de salida del quemador de combustible.

25 Por lo tanto, en la proximidad del centro de la abertura de salida del quemador de combustible donde los elementos separadores se cruzan, el flujo de combustible en polvo y aire se ve perturbado por la presencia de los elementos separadores que dividen la trayectoria de flujo. Como resultado, la mezcla y la difusión del aire se facilitan incluso en el interior de la llama, y además, el área de ignición se divide, haciendo de este modo que la posición de ignición se acerque a la parte central de la llama y disminuya la cantidad de combustible no quemado. Específicamente, ya que se hace fácil que el oxígeno entre en la parte central de la llama a lo largo de los elementos separadores, se suprime la región que permanece con oxígeno a alta temperatura en la circunferencia exterior de la llama, por lo tanto, se realiza con eficacia la ignición interna. Cuando se facilita la ignición en la llama como se ha descrito anteriormente, la reducción avanza rápidamente en la llama, disminuyendo de este modo la cantidad de NOx producido, comparado con un caso donde la ignición se realiza en la región que permanece con oxígeno a alta temperatura en la circunferencia exterior de la llama.

30 Obsérvese que, en este quemador alimentado con combustible sólido, se elimina un estabilizador de llama que convencionalmente está dispuesto en la circunferencia exterior del quemador, suprimiendo además de este modo la cantidad de NOx producido en la circunferencia exterior de la llama.

35 En el quemador alimentado con combustible sólido de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención, puede preferirse que una longitud de superficie de ignición ( $L_f$ ) constituida por los elementos separadores se establezca más grande que una longitud circunferencial de abertura de salida ( $L$ ) del quemador de combustible ( $L_f > L$ ).

40 Cuando la longitud de los elementos separadores se establece como se ha descrito anteriormente, la superficie de ignición determinada por la longitud de superficie de ignición ( $L_f$ ) es mayor que la usada en la ignición realizada en la circunferencia exterior de la llama. Por lo tanto, en comparación con la ignición realizada en la circunferencia exterior de la llama, se mejora la ignición interna, facilitando de este modo la reducción rápida en la llama.

45 Además, ya que los elementos separadores dividen la llama en los mismos, se habilita una combustión rápida en la llama.

50 En el quemador alimentado con combustible sólido descrito anteriormente, puede preferirse que los elementos separadores estén dispuestos densamente en el centro de la abertura de salida del quemador de combustible.

55 Cuando los elementos separadores, que sirven como el mecanismo de estabilización de llama interior, están dispuestos densamente en el centro de la abertura de salida, como se ha descrito anteriormente, los elementos separadores se concentran en la parte central del quemador de combustible, facilitando adicionalmente de este modo la ignición en la parte central de la llama para producir y rápidamente reducir el NOx en la llama.

60 Además, cuando los elementos separadores están dispuestos densamente en el centro, se reduce el área

desocupada en el parte central del quemador de combustible, aumentando relativamente de este modo la pérdida de presión en los elementos separadores. Por lo tanto, la velocidad de flujo del combustible en polvo y el aire que fluye en el quemador de combustible disminuye, y se puede provocar una ignición más rápida.

5 En el quemador alimentado con combustible sólido descrito anteriormente, puede preferirse que los puertos de inyección de aire secundario se dividan cada uno en una pluralidad de trayectorias de flujo independientes teniendo cada una de las mismas un medio de ajuste de flujo de aire.

10 El quemador alimentado con combustible sólido configurado de este modo puede realizar la distribución de la tasa de flujo de tal manera que la cantidad de aire secundario a inyectar en la circunferencia exterior de la llama se establece en un valor deseado operando el medio de ajuste de flujo de aire para cada una de las trayectorias de flujo divididas. Por lo tanto, cuando la cantidad de aire secundario a inyectar en la circunferencia exterior de la llama se establece apropiadamente, puede suprimirse o evitarse la formación de una región que permanece con oxígeno a alta temperatura.

15 En el quemador alimentado con combustible sólido descrito anteriormente, puede preferirse incluir adicionalmente un mecanismo de ajuste de flujo que aplica una pérdida de presión a un flujo del combustible en polvo y al aire proporcionados en un lado corriente arriba de los elementos separadores.

20 Ya que este mecanismo de ajuste de flujo elimina la desviación de caudal del combustible en polvo provocada pasando a través de una ventilación proporcionada en una trayectoria de flujo, es posible utilizar de manera eficaz el mecanismo de estabilización de llama interior constituido por los elementos separadores.

25 En el quemador alimentado con combustible sólido descrito anteriormente, puede preferirse que los puertos de inyección de aire secundario están cada uno provisto de un mecanismo de ajuste de ángulo.

30 Cuando los puertos de inyección de aire secundario están cada uno provisto del mecanismo de ajuste de ángulo, es posible suministrar de manera óptima el aire secundario desde los puertos de inyección de aire secundario más alejados hacia el exterior de la llama. Además, ya que no se utiliza un vórtice, es posible evitar o suprimir la formación de la región que permanece con oxígeno a alta temperatura al tiempo que se evita la difusión excesiva de la llama.

35 En el quemador alimentado con combustible sólido descrito anteriormente, puede preferirse que la distribución de la cantidad de aire a inyectar desde los puertos de inyección de aire secundario se controle por retroalimentación basándose en la cantidad de combustible no quemado y en la cantidad de emisión de óxido de nitrógeno (NOx).

40 Cuando se realiza este control de retroalimentación, la distribución del aire secundario puede optimizarse automáticamente. En este control, por ejemplo, cuando la cantidad de combustible no quemado es alta, aumenta la distribución del aire secundario a un lado interior cerca de la superficie circunferencial exterior de la llama; y, cuando la cantidad de emisión de óxido de nitrógeno es alta, aumenta la distribución del aire secundario a un lado exterior lejos de la superficie circunferencial exterior de la llama.

45 Obsérvese que, para medir la cantidad de combustible no quemado, por ejemplo, puede analizarse la ceniza recolectada cada vez, o puede emplearse un instrumento para medir la concentración de carbono a partir de la dispersión de la luz láser.

50 En el método de funcionamiento del quemador alimentado con combustible sólido descrito anteriormente, puede preferirse que la cantidad de aire a inyectar desde los puertos de inyección de aire secundario se distribuya entre las inyecciones de aire de múltiples etapas que hacen de una región desde la sección de quemador a la sección de inyección de aire adicional una atmósfera reductora.

55 Cuando la cantidad de aire se distribuye de esta manera, la cantidad de óxido de nitrógeno producido puede disminuirse más debido a la sinergia entre una disminución en el óxido de nitrógeno a través de la supresión de la región que permanece con oxígeno a alta temperatura formada en la circunferencia exterior de la llama y una disminución de la emisión de óxido de nitrógeno (NOx).

60 Cuando se realiza este control de retroalimentación, la distribución del aire secundario puede optimizarse automáticamente. En este control, por ejemplo, cuando la cantidad de combustible no quemado es alta, aumenta la distribución del aire secundario a un lado interior cerca de la superficie circunferencial exterior de la llama; y, cuando la cantidad de emisión de óxido de nitrógeno es alta, aumenta la distribución de aire secundario a un lado exterior lejos de la superficie circunferencial exterior de la llama.

65 Obsérvese que, para medir la cantidad de combustible no quemado, por ejemplo, puede analizarse la ceniza recolectada cada vez, o puede emplearse un instrumento para medir la concentración de carbono a partir de la dispersión de la luz láser.

En el quemador alimentado con combustible sólido descrito anteriormente, puede preferirse que la cantidad de aire a inyectar desde los puertos de inyección de aire secundario se distribuya entre unas inyecciones de aire de múltiples etapas, lo que hace de una región desde la sección de quemador a la sección de inyección de aire adicional una atmósfera reductora.

5 Cuando la cantidad de aire se distribuye de esta manera, la cantidad de óxido de nitrógeno producido puede disminuir adicionalmente debido a la sinergia entre una disminución en óxido de nitrógeno a través de la supresión de la región que permanece con oxígeno a alta temperatura formada en la circunferencia exterior de la llama y una  
10 disminución en el óxido de nitrógeno en los gases de escape de combustión, provocada proporcionando la atmósfera reductora.

En el quemador alimentado con combustible sólido descrito anteriormente, puede preferirse que un sistema para suministrar aire a un puerto secundario de carbón del quemador de combustible esté separado de un sistema para  
15 suministrar aire a los puertos de inyección de aire secundario.

20 Cuando se proporcionan esos sistemas de suministro de aire, la cantidad de aire puede ajustarse de manera confiable incluso cuando los puertos de inyección de aire secundario están divididos en una pluralidad de puertos para proporcionar múltiples etapas.

25 En el quemador alimentado con combustible sólido descrito anteriormente, puede preferirse que la pluralidad de trayectorias de flujo de los puertos de inyección de aire secundario se proporcionen concéntricamente alrededor del quemador de combustible, que tiene una forma circular, en una dirección circunferencial exterior en una forma de múltiples etapas.

30 El quemador alimentado con combustible sólido configurado de este modo puede aplicarse específicamente a una caldera de alimentación de pared. Ya que el aire se introduce uniformemente desde su circunferencia, la región de alta temperatura con alto contenido de oxígeno puede disminuir más precisamente.

35 De acuerdo con un segundo aspecto, la presente invención proporciona una caldera alimentada con combustible sólido en la que el quemador alimentado con combustible sólido descrito anteriormente que inyecta el combustible en polvo y el aire en un horno se disponen en una esquina o en una pared del horno.

40 De acuerdo con la caldera alimentada con combustible sólido del segundo aspecto de la presente invención, ya que se proporciona el quemador alimentado con combustible sólido descrito anteriormente, que inyecta combustible en polvo y aire en el horno, los elementos separadores que están dispuestos cerca del centro de la abertura de salida de un quemador de combustible y que funcionan como un mecanismo de estabilización de llama interior dividen la trayectoria de flujo del combustible en polvo y del aire para perturbar el flujo de los mismos. Como resultado, la mezcla y la difusión de aire se facilitan incluso en la llama, y además, la superficie de ignición se divide, haciendo de este modo que la posición de alimentación se acerque al centro de la llama, disminuyendo la cantidad de  
45 combustible no quemado. Específicamente, ya que se vuelve fácil que el oxígeno entre en la parte central de la llama, la ignición interna se realiza de manera efectiva, y por lo tanto, procede la reducción rápida en la llama, disminuyendo la cantidad de emisión de NOx.

50 De acuerdo con un tercer aspecto, la presente invención proporciona un método de funcionamiento de un quemador alimentado con combustible sólido que se usa en una sección de quemador de una caldera alimentada con combustible sólido para realizar una combustión baja en NOx por separado en la sección de quemador y en una sección de inyección de aire adicional y que inyecta el combustible sólido en polvo y el aire en un horno, incluyendo el quemador alimentado con combustible sólido: un quemador de combustible que tiene una estabilización de llama interior; y un puerto de inyección de aire secundario que no realiza la estabilización de llama, en el que la operación se realiza con una proporción en el quemador de combustible establecida en 0,85 o más.

55 De acuerdo con este método de funcionamiento de un quemador alimentado con combustible sólido, el quemador alimentado con combustible sólido incluye un quemador de combustible que tiene la estabilización de llama interior y un puerto de inyección de aire secundario que no realiza la estabilización de llama y se opera con la proporción en el quemador de combustible establecida en 0,85 o más. Por lo tanto, la cantidad de aire (la cantidad de aire adicional inyectado) en la sección de inyección de aire adicional se reduce en comparación con un caso en el que la proporción es, por ejemplo, de 0,8. Como resultado, en la sección de inyección de aire adicional donde la cantidad de aire adicional inyectado disminuye, la cantidad de NOx producido se reduce finalmente.

## 60 **Efectos ventajosos de la invención**

65 De acuerdo con el quemador alimentado con combustible sólido y la caldera alimentada con combustible sólido descritos anteriormente de la presente invención, ya que se proporcionan el quemador de combustible que tiene la estabilización de llama interior y el puerto de inyección de aire secundario que no realiza la estabilización de llama, y la proporción en el quemador de combustible se establece en 0,85 o más, preferentemente, en 0,9 o más, una disminución en la cantidad de aire adicional inyectado disminuye la cantidad de NOx producido en la sección de

inyección de aire adicional.

Además, ya que la región que permanece con oxígeno a alta temperatura formada en la circunferencia exterior de la llama se suprime, y el NOx producido en la llama, en la que se logra la combustión que se aproxima a la combustión de premezcla, se reduce efectivamente, una disminución en el cantidad de NOx que llega a la sección de inyección de aire adicional y una disminución en la cantidad de NOx producido debido a la inyección de aire adicional disminuye la cantidad de NOx emitido finalmente por la sección de inyección de aire adicional.

Además, ya que los elementos separadores dispuestos en una pluralidad de direcciones que funcionan como el mecanismo de estabilización de llama interior se proporcionan en la abertura de salida del quemador de combustible, la trayectoria de flujo del combustible en polvo y del aire se divide para perturbar el flujo del mismo en las proximidades del centro de la abertura de salida del quemador de combustible donde se cruzan los elementos separadores. Como resultado, ya que la mezcla y la difusión de aire se facilita incluso en la llama, y además, los elementos separadores dividen la superficie de ignición, la posición de ignición se acerca al centro de la llama, y se reduce la cantidad de combustible no quemado. Esto es porque es fácil que el oxígeno entre en el parte central de la llama, y la ignición interna se realiza de manera eficaz con este oxígeno, y por lo tanto procede la reducción rápida en la llama, disminuyendo la cantidad de NOx producido emitido finalmente desde la caldera alimentada con combustible sólido.

Además, ajustando la inyección del aire secundario, la concentración de aire secundario en la circunferencia exterior de la llama puede evitarse o suprimirse. Como resultado, es posible suprimir la región que permanece con oxígeno a alta temperatura formada en la circunferencia exterior de la llama, disminuyendo la cantidad de óxido de nitrógeno (NOx) producido.

Además, usando un método de funcionamiento de un quemador alimentado con combustible sólido en el que el quemador se opera con la proporción en el quemador de combustible establecida en 0,85 o más, la cantidad de aire (la cantidad de aire adicional inyectado) en la sección de inyección de aire adicional puede disminuirse, disminuyendo de este modo la cantidad de NOx producido finalmente en la sección de inyección de aire adicional donde disminuye la cantidad de aire adicional inyectado.

**Breve descripción de los dibujos**

La figura 1A es una vista delantera de un quemador alimentado con combustible sólido (quemador alimentado con carbón) de acuerdo con una primera realización de la presente invención, cuando el quemador alimentado con combustible sólido se ve desde el interior de un horno.

La figura 1B es una vista en sección transversal del quemador alimentado con combustible sólido (una vista en sección transversal vertical del mismo) a lo largo de las flechas AA mostradas en la figura 1A.

La figura 2 es un diagrama que muestra un sistema de suministro de aire para suministrar aire al quemador alimentado con combustible sólido mostrado en las figuras 1A y 1B.

La figura 3 es una vista en sección transversal vertical que muestra un ejemplo de configuración de una caldera alimentada con combustible sólido (caldera alimentada con carbón) de acuerdo con la presente invención.

La figura 4 es una vista en sección transversal (horizontal) de la figura 3.

La figura 5 es un diagrama explicativo que muestra, en resumen, la caldera alimentada con combustible sólido que está provista de una sección de inyección de aire adicional y en la que el aire se inyecta en una forma de múltiples etapas.

La figura 6A es una vista que muestra un ejemplo de la forma de sección transversal de un elemento separador en el quemador alimentado con combustible sólido mostrado en las figuras 1A y 1B.

La figura 6B es una vista que muestra una primera modificación de la forma de sección transversal mostrada en la figura 6A.

La figura 6C es una vista que muestra una segunda modificación de la forma de sección transversal mostrada en la figura 6A.

La figura 6D es una vista que muestra una tercera modificación de la forma de sección transversal mostrada en la figura 6A.

La figura 7A es una vista delantera que muestra una primera modificación de un puerto primario de carbón del quemador alimentado con combustible sólido mostrado en las figuras 1A y 1B, en el que la disposición de los elementos separadores es diferente.

La figura 7B es un diagrama explicativo para complementar la definición de una longitud de superficie de ignición (Lf) del puerto primario de carbón del quemador alimentado con combustible sólido mostrado en las figuras 1A y 1B.

La figura 8 es una vista delantera que muestra una segunda modificación del puerto primario de carbón del quemador alimentado con combustible sólido mostrado en las figuras 1A y 1B, en el que la disposición de los elementos separadores es diferente.

La figura 9 es una vista en sección transversal vertical que muestra un ejemplo de configuración en el que un mecanismo de ajuste de flujo se proporciona en una base de quemador, como una tercera modificación del quemador alimentado con combustible sólido de la primera realización.

La figura 10A es una vista en sección transversal vertical que muestra un quemador alimentado con combustible sólido de acuerdo con una segunda realización de la presente invención.

La figura 10B es una vista delantera del quemador alimentado con combustible sólido mostrado en la figura 10A, como se ve desde el interior del horno.

5 La figura 10C es un diagrama que muestra un sistema de suministro de aire para suministrar aire al quemador alimentado con combustible sólido mostrado en las figuras 10A y 10B.

La figura 11A es una vista en sección transversal vertical que muestra un ejemplo de configuración del quemador alimentado con combustible sólido provisto de un elemento separador, como primera modificación (no de acuerdo con la invención como se reivindica) del quemador alimentado con combustible sólido mostrado en las

10 figuras 10A a 10C.  
La figura 11B es una vista delantera del quemador alimentado con combustible sólido mostrado en la figura 10A, como se ve desde el interior del horno.

La figura 12 es una vista delantera del quemador alimentado con combustible sólido provisto de unos puertos laterales de aire secundario, como se ve desde el interior del horno, como una segunda modificación del quemador alimentado con combustible sólido mostrado en figuras 10A a 10C.

15 La figura 13 es una vista en sección transversal vertical que muestra un ejemplo de configuración en el que un puerto de inyección de aire secundario del quemador alimentado con combustible sólido mostrado en la figura 10A está provisto de un mecanismo de ajuste de ángulo.

La figura 14 es un diagrama que muestra una modificación del sistema de suministro de aire mostrado en la figura 10C.

La figura 15 es una vista en sección transversal vertical de un quemador alimentado con combustible sólido, que muestra un ejemplo de configuración en el que se combinan la tercera modificación de la primera realización, mostrada en la figura 9, y la segunda realización, mostrada en las figuras 10A a 10C.

La figura 16 es una vista delantera de un quemador alimentado con combustible sólido adecuado para su uso en una caldera de alimentación de pared, como se ve desde el interior del horno.

25 La figura 17 es una gráfica de un resultado experimental que muestra la relación entre una posición de estabilizador de llama en la estabilización de llama interior (posición de estabilizador de llama / anchura real de flujo de carbón pulverizado) y la cantidad de NOx producido (valor relativo).

La figura 18 muestra unas vistas de ejemplos comparativos de un quemador de combustible, para explicar la posición de estabilizador de llama indicada en la gráfica mostrada en la figura 17.

30 La figura 19 es una gráfica de un resultado experimental que muestra la relación entre la tenencia de división y la cantidad de NOx producido (valor relativo).

La figura 20 es una gráfica de un resultado experimental que muestra unos valores relativos de las cantidades de combustible no quemado producido en una división de una dirección y una división cruzada.

35 La figura 21 es una gráfica de un resultado experimental que muestra los valores relativos de las cantidades de NOx producido en una sección de quemador, en una región entre la sección de quemador y una sección AA, y en la sección AA, comparando una tecnología convencional y la presente invención.

La figura 22 es una gráfica de un resultado experimental que muestra la relación entre una proporción en la región entre la sección de quemador y la sección AA y la cantidad de NOx producido (valor relativo), comparando una tecnología convencional y la presente invención.

### Descripción de realizaciones

45 Un quemador alimentado con combustible sólido y una caldera alimentada con combustible sólido de acuerdo con una realización de la presente invención se describirá a continuación de acuerdo con los dibujos. Obsérvese que, en esta realización, como un ejemplo de quemador alimentado con combustible sólido y de la caldera alimentada con combustible sólido, se describirá una caldera de alimentación tangencial provista de quemadores alimentados con combustible sólido que usan carbón pulverizado (carbón de combustible sólido en polvo) como combustible, pero la presente invención no está limitada a la misma.

50 Una caldera de combustión tangencial 10 mostrada en las figuras 3 a 5 inyecta aire en un horno 11 de una forma de múltiple etapa para hacer de una región desde una sección de quemador 12 a una adicional sección de inyección de aire (en lo sucesivo en el presente documento denominada "sección AA") 14 una atmósfera reductora, logrando de este modo una disminución en NOx en los gases de escape de combustión.

55 En los dibujos, el número de referencia 20 indica los quemadores alimentados con combustible sólido que inyectan carbón pulverizado (combustible sólido en polvo) y aire, y el número de referencia 15 indica unas boquillas de inyección de aire adicional que inyectan aire adicional. Por ejemplo, como se muestra en la figura 3, unas tuberías de transporte de aire mezclado con carbón pulverizado 16 que transportan carbón pulverizado por el aire primario y un conducto de suministro de aire 17 que suministra aire secundario están conectados a los quemadores alimentados con combustible sólido 20, y el conducto de suministro de aire 17, que suministra aire secundario, está conectado a las boquillas de inyección de aire adicional 15.

65 De esta manera, la caldera de combustión tangencial descrita anteriormente 10 emplea un sistema de combustión tangencial en el que los quemadores alimentados con combustible sólido 20, que inyectan carbón pulverizado (carbón), que sirve como combustible en polvo, y aire en el horno 11, están dispuestos en unas partes de esquina

respectivas en cada etapa para constituir la sección de quemador de tipo combustión tangencial 12, y una o más llamas de vórtice formadas en cada etapa.

Primera realización

5 El quemador alimentado con combustible sólido 20 mostrado en las figuras 1A y 1B incluye un quemador de carbón pulverizado (quemador de combustible) 21 que inyecta carbón pulverizado y aire, y unos puertos de inyección de aire secundario 30 que están dispuestos por encima y por debajo del quemador de carbón pulverizado 21.

10 Con el fin de permitir el ajuste de flujo de aire en cada puerto, los puertos de inyección de aire secundario 30 están provistos de unos reguladores 40 que pueden ajustar los grados de apertura de los mismos, como medio de ajuste de flujo de aire, en cada una de las líneas de suministro de aire secundario ramificadas del conducto 17, como se muestra, por ejemplo, en la figura 2.

15 El quemador de carbón pulverizado descrito anteriormente 21 incluye un puerto primario de carbón rectangular 22 que inyecta carbón pulverizado transportado por el aire primario y un puerto secundario 23 que se proporciona con el fin de que rodee el puerto primario de carbón 22 y que inyecte parte del aire secundario. Obsérvese que el puerto secundario 23 está también provisto de un regulador 40 que puede ajustar el grado de apertura del mismo, como medio de ajuste de flujo de aire, como se muestra en la figura 2. Obsérvese que el puerto primario de carbón 22 puede tener una forma circular o una forma elíptica.

25 En una parte delantera de trayectoria de flujo del quemador de carbón pulverizado 21, específicamente, en una parte delantera de trayectoria de flujo del puerto primario de carbón 22, los elementos separadores 24 están dispuestos en una pluralidad de direcciones. Por ejemplo, como se muestra en la figura 1A, están dispuestos un total de cuatro elementos separadores 24, dos verticalmente y dos horizontalmente, en un patrón similar a una rejilla con un hueco de separación predeterminado entre los mismos en una abertura de salida del puerto primario de carbón 22.

30 En otras palabras, los cuatro elementos separadores 24 están dispuestos en dos direcciones diferentes, es decir, las direcciones vertical y horizontal, en un patrón similar a una rejilla, dividiendo de este modo la abertura de salida del puerto primario de carbón 22 del quemador de carbón pulverizado 21 en nueve partes.

35 Cuando los elementos separadores descritos anteriormente 24 emplean las formas de sección transversal mostradas, por ejemplo, en las figuras 6A a 6D, el flujo de carbón pulverizado y aire puede dividirse y perturbarse suavemente.

40 El elemento separador 24 mostrado en la figura 6A tiene una forma triangular en sección transversal. La forma triangular mostrada en la figura es un triángulo equilátero o un triángulo isósceles, y se localiza un lado del mismo colocado en la salida frente al interior del horno 11 con el fin de que sea aproximadamente perpendicular a la dirección de flujo del carbón pulverizado y el aire. En otras palabras, uno de los ángulos que constituyen la forma triangular en la sección transversal frente a la dirección de flujo del carbón pulverizado y el aire.

45 Un elemento separador 24A mostrado en la figura 6B tiene aproximadamente una forma de T en sección transversal, y una superficie del mismo que es aproximadamente perpendicular a la dirección de flujo del carbón pulverizado y del aire se localiza en la salida frente al interior del horno 11. Obsérvese que esta aproximadamente forma de T en sección transversal puede deformarse para formar un elemento separador 24A' que tiene una forma trapezoidal en sección transversal, como se muestra, por ejemplo, en la figura 6C.

50 Además, un elemento separador 24B mostrado en la figura 6D tiene aproximadamente una forma de L en sección transversal. Específicamente, tiene una forma en sección transversal obtenida mediante el corte de una parte de la aproximadamente una forma de T descrita anteriormente. En particular, en un caso donde el elemento separador 24B está dispuesto en una dirección derecha e izquierda (horizontal), si el elemento separador 24B tiene aproximadamente una forma de L obtenida eliminando una parte saliente superior de la aproximadamente una forma de T descrita anteriormente, es posible evitar que el carbón pulverizado se acumule en el elemento separador 24B. Obsérvese que, cuando una parte saliente superior del mismo se amplía mediante una cantidad igual a la parte saliente superior eliminada, puede garantizarse un rendimiento de división necesario para el elemento separador 24B.

60 Sin embargo, las formas de sección transversal descritas anteriormente de los elementos separadores 24, etc., no están limitadas a los ejemplos mostrados en las figuras; pueden ser, por ejemplo aproximadamente una forma de Y.

65 En el quemador alimentado con combustible sólido configurado de este modo 20, los elementos separadores 24 dispuestos cerca del centro de la abertura de salida del quemador de carbón pulverizado 21 dividen la trayectoria de flujo del carbón pulverizado y del aire para perturbar el flujo en los mismos, formando una región de recirculación en frente de los elementos separadores 24, sirviendo de este modo como un mecanismo de estabilización de llama interior.

En general, en un quemador alimentado con combustible sólido convencional, el carbón pulverizado, que sirve como combustible, se enciende al recibir la radiación en la circunferencia exterior de la llama. Cuando el carbón pulverizado se enciende en la circunferencia exterior de la llama, el NOx se produce en una región que permanece con oxígeno a alta temperatura H (véase la figura 1B) en la circunferencia exterior de la llama de alta temperatura, donde permanece el oxígeno a alta temperatura, y permanece insuficientemente reducido, aumentando de este modo la cantidad de emisión de NOx.

Sin embargo, ya que se proporcionan los elementos separadores 24 que sirven como el mecanismo de estabilización de llama interior, el carbón pulverizado se enciende en la llama. Por lo tanto, el NOx se produce en la llama y se reduce rápidamente en la llama, que es deficiente en aire, debido a que el NOx producido en la llama contiene muchos tipos de hidrocarburos que tienen una acción reductora. Por lo tanto, ya que el quemador alimentado con combustible sólido 20 está estructurado de tal manera que no se emplea la estabilización de llama realizada disponiendo un estabilizador de llama en la circunferencia exterior de la llama, en otras palabras, de tal manera que el mecanismo de estabilización de llama no está dispuesto en la circunferencia exterior del quemador, también es posible suprimir la producción de NOx en la circunferencia exterior de la llama.

En particular, ya que los elementos separadores 24 están dispuestos en una pluralidad de direcciones, las partes de cruce en las que los elementos separadores 24 dispuestos en las diferentes direcciones se proporcionan fácilmente cruces cerca del centro de la abertura de salida del quemador de carbón pulverizado 21. Cuando tales partes de cruce se proporcionan cerca del centro de la abertura de salida del quemador de carbón pulverizado 21, la trayectoria de flujo del carbón pulverizado y del aire se divide en una pluralidad de trayectorias cerca del centro de la abertura de salida del quemador de carbón pulverizado 21, perturbando de este modo el flujo del mismo cuando el flujo se divide en una pluralidad de flujos.

Específicamente, si los elementos separadores 24 están dispuestos en una dirección horizontal, la difusión de aire y la ignición en una parte central se retrasan, provocando un aumento en la cantidad de combustible no quemado; sin embargo, si los elementos separadores 24 están dispuestos en una pluralidad de direcciones para formar las partes de cruce, se facilita la mezcla de aire, y la superficie de ignición se divide, haciendo de este modo fácil para el aire (oxígeno) entrar en la parte central de la llama, lo que resulta en una disminución en la cantidad de combustible no quemado.

En otras palabras, cuando los elementos separadores 24 están dispuestos con el fin de formar las partes de cruce, se facilitan la mezcla y la difusión del aire incluso en el interior de la llama, y además, la superficie de ignición se divide, haciendo de este modo que la posición de ignición se acerque a la parte central (parte central axial) de la llama y disminuya la cantidad de carbón pulverizado no quemado. Específicamente, ya que se hace fácil para el oxígeno entrar en la parte central de la llama, la ignición interior se realiza de manera eficaz, y por lo tanto, procede una reducción rápida en la llama, disminuyendo la cantidad de NOx producido.

Como resultado, se hace más fácil suprimir la producción de NOx en la circunferencia exterior de la llama usando el quemador alimentado con combustible sólido 20 que no emplea la estabilización de llama realizado por un estabilizador de llama dispuesto en la circunferencia exterior de la llama y que no tiene un estabilizador de llama en la circunferencia exterior de la llama.

A continuación, se describirá una primera modificación del puerto primario de carbón 22 del quemador alimentado con combustible sólido 20, mostrado en la figura 1A, basándose en las figuras 7A y 7B, en las que la disposición de los elementos separadores 24 es diferente.

En esta modificación, en la parte delantera de trayectoria de flujo del puerto primario de carbón 22, están dispuestos dos elementos separadores 24 en la dirección vertical de la abertura de salida del mismo, y un elemento separador 24 está dispuesto en la dirección horizontal de la abertura de salida del mismo.

Los elementos separadores 24 mostrados en las figuras están estructurados de tal manera que una longitud de superficie de ignición (Lf) constituida por los elementos separadores 24 es mayor que una longitud circunferencial de abertura de salida (L) del puerto primario de carbón 22 que constituye el quemador de carbón pulverizado 21 ( $L_f > L$ ).

En este caso, ya que la longitud circunferencial de abertura de salida (L) del puerto primario de carbón 22 es la suma de las longitudes de los cuatro lados que constituyen el rectángulo, que se expresa por  $L = 2H + 2W$ , donde H indica la dimensión vertical y W indica la dimensión horizontal.

Por otro lado, ya que cada elemento separador 24, que tiene una cierta anchura, tiene unas superficies de ignición en ambos lados del mismo, la longitud de superficie de ignición (Lf) de los elementos separadores 24, que es la longitud total de ambos lados de cada uno de los tres elementos separadores 24, se expresa por  $L_f = 6S$ , donde S indica la longitud del elemento separador 24. En este caso, ya que la longitud del elemento separador corto 24 que está dispuesto en la dirección vertical se usa como la longitud S, la longitud de superficie de ignición calculada (Lf) es un valor estimado que yerra en el lado seguro, incluso si se toma en cuenta la presencia de las partes de cruce.

Obsérvese que, al calcular la longitud de superficie de ignición (Lf), si se usa un elemento separador 24' que está estructurado para tener unas partes estrechas 24a en ambos extremos debido a un método de fabricación de elementos separadores o similares, como se muestra, por ejemplo en la figura 7B, las partes estrechas 24a en ambos extremos también se consideran como una parte de la superficie de ignición.

5 Cuando la longitud del elemento separador 24 se especifica como se ha descrito anteriormente, la superficie de ignición determinada por la longitud de superficie de ignición (Lf) es mayor que la usada en la ignición realizada en la circunferencia exterior de la llama. Por lo tanto, en comparación con la ignición realizada en la circunferencia exterior de la llama determinada por la longitud circunferencial de abertura de salida (L), la ignición interna determinada por la longitud de superficie de ignición (Lf) es mayor, permitiendo de este modo una rápida reducción del NOx producido en la llama.

10 Además, ya que los elementos separadores 24 dividen la llama en la misma, se hace fácil para el aire (oxígeno) entrar en la parte central de la llama, y por lo tanto, la rápida combustión en la llama puede disminuir la cantidad de combustible no quemado.

15 A continuación, una segunda modificación del puerto primario de carbón 22 del quemador alimentado con combustible sólido 20, mostrado en la figura 1A, se describirá basándose en la figura 8, en la que la disposición de los elementos separadores 24 es diferente.

20 En esta modificación, cinco elementos separadores 24 están dispuestos densamente en un patrón similar a una rejilla en el centro de la abertura de salida del puerto primario de carbón 22 del quemador de combustible 21. Específicamente, los elementos separadores 24, tres de los cuales están dispuestos en la dirección vertical y dos de los cuales están dispuestos en la dirección horizontal, están dispuestos con los huecos entre los mismos que se estrechan en el centro del puerto primario de carbón 22. Por lo tanto, las partes centrales de la abertura de salida del puerto primario de carbón 22, divididas por los elementos separadores 24, tienen unas áreas más pequeñas que otras partes en el lado circunferencial exterior de las mismas.

25 De esta manera, cuando los elementos separadores 24, que sirven como el mecanismo de estabilización de llama interior, están dispuestos densamente en el centro del puerto primario de carbón 22, los elementos separadores 24 se concentran en el centro de parte del quemador de carbón pulverizado 21, facilitando además de este modo la ignición en la parte central de la llama para producir y reducir rápidamente el NOx en la llama.

30 Además, cuando los elementos separadores 24 están dispuestos densamente en el centro, disminuye el área no ocupada en la parte central del quemador de carbón pulverizado 21. Específicamente, ya que se reduce la proporción de carbón pulverizado y de aire que pasa a través del área de sección transversal de una trayectoria de flujo que es casi recta sin ningún obstáculo con respecto a aquellos que fluyen en el puerto primario de carbón 22 del quemador de carbón pulverizado 21, la pérdida de presión en los elementos separadores 24 aumenta relativamente. Por lo tanto, en el quemador de combustible 21, ya que la velocidad de flujo del carbón pulverizado y del aire que fluye en el puerto primario de carbón 22 disminuye bajo la influencia de un aumento en la pérdida de presión, puede provocarse una ignición más rápida.

35 A continuación, se describirá un ejemplo de configuración de acuerdo con una tercera modificación del puerto primario de carbón 22 del quemador alimentado con combustible sólido 20, mostrado en la figura 1A, basándose en la figura 9, en la que se proporciona un mecanismo de ajuste de flujo en una base de quemador. Obsérvese que el ejemplo de configuración mostrado en la figura emplea los elementos separadores 24A que tienen una forma aproximadamente de T en la sección transversal, pero la forma de la misma no se limita a la misma.

40 En este ejemplo de configuración, con el fin de aplicar la pérdida de presión a un flujo de carbón pulverizado y aire, se proporciona un mecanismo de ajuste de flujo 25 en un lado corriente arriba de los elementos separadores 24A. El mecanismo de ajuste de flujo 25 evita la desviación de caudal en una dirección de sección transversal de puerto, y es eficaz para disponer un orificio o un venturi que puede restringir el área de sección transversal de trayectoria de flujo a, por ejemplo, aproximadamente 2/3, preferentemente, a aproximadamente 1/2.

45 El mecanismo de ajuste de flujo 25 puede tener cualquier estructura siempre que pueda aplicarse una cierta pérdida de presión a un flujo de transferencia de polvo que transmite un carbón pulverizado, que sirve como combustible, por el aire primario, y por lo tanto, el mecanismo de ajuste de flujo 25 no está limitado a un orificio.

50 Además, el mecanismo de ajuste de flujo descrito anteriormente 25 no está formado necesariamente como una parte del quemador alimentado con combustible sólido 20 y solo necesita estar dispuesto, en el lado corriente arriba del elemento separador 24A, en una parte de tubería recta final (parte de trayectoria de flujo recta sin un orificio de ventilación, un regulador, etc.) en la trayectoria de flujo en la que fluyen el carbón pulverizado y el aire primario.

55 Cuando el mecanismo de ajuste de flujo 25 es un orificio, puede preferirse proporcionar una parte de tubería recta (Lo) que se extiende desde el extremo de salida del orificio a la salida del puerto primario de carbón 22, específicamente, al extremo de entrada de los elementos separadores 24A, con el fin de eliminar la influencia del

orificio. Es necesario garantizar que la longitud de la parte de tubería recta (Lo) es al menos 2h o más, donde h indica la altura del puerto primario de carbón 22, y, más preferentemente, la longitud de la parte de tubería recta (Lo) es 10h o más.

5 Cuando se proporciona este mecanismo de ajuste de flujo 25, es posible eliminar la desviación de caudal en el que se provoca un desequilibrio en la distribución en una sección transversal de la trayectoria de flujo cuando el carbón pulverizado, que sirve como combustible en polvo, está influenciado por una fuerza centrífuga después de pasar a través de un orificio de ventilación proporcionado en la trayectoria de flujo para suministrar carbón pulverizado y aire primario al puerto primario de carbón 22.

10 Específicamente, aunque el carbón pulverizado transportado por el aire primario tiene, después de pasar a través del orificio de ventilación, una distribución de desviarse hacia fuera (en la dirección del diámetro de orificio de ventilación creciente), cuando el carbón pulverizado pasa a través del mecanismo de ajuste de flujo 25, se elimina la distribución en una sección transversal de la trayectoria de flujo, y el carbón pulverizado fluye en los elementos separadores 24A casi uniformemente. Como resultado, el quemador de carbón pulverizado 21 que tiene el mecanismo de ajuste de flujo 25 puede usar eficazmente el mecanismo de estabilización de llama interior constituido por los elementos separadores 24A.

15 Además, en la realización descrita anteriormente y las modificaciones de las mismas, los elementos separadores 24 están dispuestos en una pluralidad de direcciones (vertical y horizontal) en la parte delantera de trayectoria de flujo del puerto primario de carbón 22; sin embargo, uno o más elementos separadores 24 pueden proporcionarse en la dirección horizontal o en la dirección vertical. Cuando se proporcionan tales elementos separadores 24, ya que funcionan como el mecanismo de estabilización de llama interior cerca del centro de la abertura de salida del quemador de carbón pulverizado 21, la estabilización de llama interior puede realizarse mediante los elementos separadores 24, y la parte central se hace más deficiente en aire, facilitando de este modo la reducción de NOx.

20 Segunda realización

A continuación, se describirá un quemador alimentado con combustible sólido de acuerdo con una segunda realización de la presente invención basándose en las figuras 10A a 10C. Obsérvese que idénticos símbolos de referencia se asignan a los mismos elementos que los de la realización descrita anteriormente, y se omitirá una descripción detallada de los mismos.

30 En un quemador alimentado con combustible sólido 20A mostrado en las figuras, el quemador de carbón pulverizado 21 incluye un puerto primario de carbón rectangular 22 que inyecta carbón pulverizado transportado por el aire primario y el puerto secundario 23 que se proporciona con el fin de rodear el puerto primario de carbón 22 y que inyecta parte del aire secundario.

35 Los puertos de inyección de aire secundario 30A para inyectar aire secundario se proporcionan por encima y por debajo del quemador de carbón pulverizado 21. Los puertos de inyección de aire secundario 30A están cada uno dividido en una pluralidad de trayectorias de flujo independientes y puertos, y las trayectorias de flujo están provistas de los reguladores respectivos 40 que pueden ajustar los grados de apertura de las mismas, como un medio de ajuste de flujo de aire de aire secundario.

40 En un ejemplo de configuración mostrado en las figuras, los dos puertos de inyección de aire secundario 30A dispuestos por encima y por debajo del quemador de carbón pulverizado 21 están verticalmente divididos en tres puertos, que son los puertos de aire secundario interiores 31a y 31b, los puertos de aire secundario medios 32a y 32b, y los puertos de aire secundario exteriores 33a y 33b, dispuestos en este orden desde el lado interior cerca del quemador de carbón pulverizado 21 hasta el lado exterior. Obsérvese que el número de puertos en los que están divididos cada uno de los puertos de inyección de aire secundario 30 no se limita a tres y puede cambiarse apropiadamente de acuerdo con las condiciones.

45 El puerto secundario descrito anteriormente 23, los puertos de aire secundario interiores 31a y 31b, los puertos de aire secundario medios 32a y 32b, y los puertos de aire secundario exteriores 33a y 33b están cada uno conectado a una línea de suministro de aire 50 que tiene una fuente de suministro de aire (no mostrada), como se muestra, por ejemplo en la figura 10C. Los reguladores 40 se proporcionan en las trayectorias de flujo que están ramificados desde la línea de suministro de aire 50 para comunicarse con los puertos respectivos. Por lo tanto, ajustando el grado de apertura de cada uno de los reguladores 40, puede ajustarse independientemente la cantidad de aire secundario a suministrar para cada uno de los puertos.

50 Con el quemador alimentado con combustible sólido 20A y la caldera de combustión tangencial 10 que incluye el quemador alimentado con combustible sólido 20A, ya que cada quemador alimentado con combustible sólido 20A incluye el quemador de carbón pulverizado 21, que inyecta carbón pulverizado y aire, y cada uno de los puertos de inyección de aire secundario 30A dividido en tres puertos y dispuestos por encima y por debajo del quemador de carbón pulverizado 21, es posible realizar la distribución de caudal de tal manera que la cantidad de aire secundario a inyectar en la circunferencia exterior de la llama F se establece a un valor deseado ajustando el grado de apertura

del regulador 40 para cada uno de los puertos en que se dividen los puertos de inyección de aire secundario 30A.

Por lo tanto, cuando disminuye la proporción de distribución de la cantidad de aire secundario a inyectar en los puertos de aire secundario interiores 31a y 31b, que están más cerca de la circunferencia exterior de la llama F y aumenta secuencialmente en proporción a la disminución la proporción de las cantidades de aire secundario a inyectar en los puertos de aire secundario medios 32a y 32b y los puertos de aire secundario exteriores 33a y 33b, es posible suprimir una región que permanece con oxígeno a alta temperatura local (la parte sombreada en la figura) H formada en la circunferencia exterior de la llama F.

En otras palabras, cuando aumenta la proporción de la cantidad de aire secundario a inyectar en un lado exterior lejos de la llama F, y disminuye la proporción de la cantidad de aire secundario a inyectar en la proximidad de la circunferencia externa de la llama F, puede retrasarse la difusión de aire secundario. Como resultado, la concentración de aire secundario en la circunferencia de la llama F puede evitarse o suprimirse, y por lo tanto, la región que permanece con oxígeno a alta temperatura H se debilita y disminuye de tamaño, disminuyendo de este modo la cantidad de NOx producido en la caldera de combustión tangencial 10. En otras palabras, cuando la cantidad de aire secundario a inyectar en la circunferencia exterior de la llama F se especifica adecuadamente, la formación de la región que permanece con oxígeno a alta temperatura H puede suprimirse o evitarse para lograr una disminución en la cantidad de NOx en la caldera de combustión tangencial 10.

Por otro lado, cuando se necesita la difusión de aire secundario debido a las propiedades del carbón pulverizado o similar, es necesario simplemente revertir las proporciones de distribución para los puertos de inyección de aire secundario 30A, específicamente, aumentar las proporciones de distribución de los puertos de aire secundario interiores 31a y 31b.

Específicamente, incluso cuando se usa un carbón pulverizado obtenido pulverizando un carbón que tiene una proporción de combustible diferente, tal como el que incluye una gran cantidad de componentes volátiles, la distribución de caudal de aire secundario a inyectar desde cada uno de los puertos en los que están divididos los puertos de inyección de aire secundario 30A se ajusta apropiadamente, haciendo de este modo posible seleccionar cualquier combustión apropiada con una disminución en la cantidad del NOx o de combustible no quemado.

La división de los puertos de inyección de aire secundario 30A en una pluralidad de puertos para proporcionar múltiples etapas de esta manera, también puede aplicarse al quemador alimentado con combustible sólido 20 descrito anteriormente en la primera realización.

Por cierto, como en una primera modificación de esta realización (no de acuerdo con la invención como se reivindica), mostrada, por ejemplo en las figuras 11A y 11B, el quemador alimentado con combustible sólido descrito anteriormente 20A se proporciona preferentemente con un elemento separador 24 dispuesto en un extremo de boquilla del quemador de carbón pulverizado 21 con el fin de dividir verticalmente el área de abertura.

El elemento separador 24 mostrado en las figuras tiene una forma triangular en sección transversal y está dispuesto con el fin de dividir y difundir verticalmente el carbón pulverizado y el aire primario que fluyen en la boquilla, mejorando de este modo la estabilización de llama y suprimiendo o evitando la formación de la región que permanece con oxígeno a alta temperatura H.

Específicamente, cuando el carbón pulverizado y el aire primario pasan a través del elemento separador 24, un flujo de una alta concentración de carbón pulverizado se forma en la circunferencia exterior del elemento separador 24, lo que es eficaz para mejorar la estabilización de llama. El flujo de una alta concentración de carbón pulverizado formado pasando a través del elemento separador 24 fluye en un área de presión negativa formada en un lado corriente abajo del elemento separador 24, como indican las flechas de trazos fa en la figura. Como resultado, la llama F también se introduce en el área de presión negativa debido a este flujo de aire, mejorado adicionalmente de este modo la estabilización de llama y, por lo tanto, facilitando la combustión para consumir rápidamente oxígeno.

Obsérvese que una pluralidad de elementos separadores 24 pueden proporcionarse en diferentes direcciones, como se describe en la primera realización. Además, la forma en sección transversal del elemento separador 24 puede modificarse de manera apropiada.

Además, como en una segunda modificación de esta realización mostrada, por ejemplo, en la figura 12, el quemador alimentado con combustible sólido descrito anteriormente 20A se proporciona preferentemente con uno o más puertos de aire secundario laterales 34R y uno o más puertos de aire secundario laterales 34L en los lados derecho e izquierdo del quemador de carbón pulverizado 21. En un ejemplo de configuración mostrado en la figura, un puerto de aire secundario lateral 34R y un puerto de aire secundario lateral 34L, que están cada uno provisto de un regulador (no mostrado), se proporcionan en los lados derecho e izquierdo del quemador de carbón pulverizado 21; pero cada uno de los mismos puede estar dividido en una pluralidad de puertos cuyo caudal puede controlarse.

Con esta configuración, el aire secundario puede también distribuirse en los lados derecho e izquierdo de la llama F, evitando de este modo un aire secundario excesivo en los lados superior e inferior de la llama F. En otras palabras,

la distribución de la cantidad de aire secundario a inyectar en los lados superior e inferior y en los lados derecho e izquierdo de la circunferencia exterior de la llama F puede ajustarse apropiadamente, permitiendo de este modo una distribución de caudal más precisa.

5 Estos puertos de aire secundario laterales 34L y 34R pueden aplicarse también a la primera realización descrita anteriormente.

Además, en la caldera de combustión tangencial descrita anteriormente 10, el puerto de inyección de aire secundario 30A está preferentemente provisto de un mecanismo de ajuste de ángulo que cambia verticalmente la dirección de inyección del aire secundario hacia el interior del horno 11, como se muestra, por ejemplo en la figura 10 13. El mecanismo de ajuste de ángulo vertical cambia un ángulo de inclinación  $\alpha$  del puerto de inyección de aire secundario 30A en relación con una posición de nivel y facilita la difusión del aire secundario, evitando o suprimiendo la formación de la región que permanece con oxígeno a alta temperatura H. Obsérvese que, en este caso, un ángulo de inclinación  $\alpha$  adecuado es de aproximadamente  $\pm 30$  grados, y un ángulo de inclinación  $\alpha$  más deseable es de 15  $\pm 15$  grados.

Con este mecanismo de ajuste de ángulo, ya que puede ajustarse el ángulo en el que se inyecta aire secundario desde el puerto de inyección de aire secundario 30A hacia la llama F en el horno 11, la difusión de aire en el horno 20 11 puede controlarse de manera más precisa. En particular, en un caso donde se cambia significativamente el tipo de combustible de carbón pulverizado, si el ángulo de inyección de aire secundario se cambia apropiadamente, el efecto disminución de NOx puede mejorarse adicionalmente.

Este mecanismo de ajuste de ángulo puede aplicarse también a la primera realización descrita anteriormente.

25 Además, en la caldera de combustión tangencial descrita anteriormente 10, puede preferirse que la distribución de las cantidades de aire a inyectar desde los puertos de inyección de aire secundario 30A se ajuste a través de un control de retroalimentación de los grados de apertura de los reguladores 40, basándose en las cantidades de combustible no quemado y las emisiones de NOx.

30 Específicamente, en la caldera de combustión tangencial 10, cuando la cantidad de combustible no quemado es alta, aumenta la distribución de aire secundario a los puertos de aire secundario interiores 31a y 31b, que están cerca de la superficie circunferencial exterior de la llama F; y, cuando la cantidad de emisión de NOx es alta, aumenta la distribución de aire secundario a los puertos de aire secundario exteriores 33a y 33b, que están lejos de la superficie circunferencial exterior de la llama F.

35 En este caso, puede usarse un instrumento para medir la concentración de carbono a partir de la dispersión de la luz láser para medir la cantidad de combustible no quemado, y puede usarse un conocido instrumento de medición para medir la cantidad de emisión de NOx.

40 Cuando se realiza este control de retroalimentación, la caldera de combustión tangencial 10 puede optimizar automáticamente la distribución de aire secundario de acuerdo con el estado de combustión.

Además, en la caldera de combustión tangencial descrita anteriormente 10, las cantidades de aire secundario a inyectar desde los puertos de inyección de aire secundario 30A están preferentemente distribuidas entre las 45 inyecciones de aire de múltiples etapas, que hacen de una región desde la sección de quemador 12 a la sección AA 14 la atmósfera reductora.

Específicamente, la cantidad de aire secundario a inyectar desde los puertos de inyección de aire secundario 30A, que están cada uno dividido en una pluralidad de puertos, puede disminuirse usando una combustión de dos etapas 50 en la que el aire también se inyecta desde la sección AA 14 de una forma de múltiples etapas. Por lo tanto, la cantidad de NOx producido puede disminuir además debido a la sinergia entre una disminución en el NOx a través de la supresión de la región que permanece con oxígeno a alta temperatura H formada en la circunferencia exterior de la llama F y de una disminución del NOx en los gases de escape de combustión, provocada proporcionando la atmósfera reductora.

55 De esta manera, de acuerdo con la caldera de combustión tangencial descrita anteriormente 10 de la presente invención, ya que la cantidad de aire secundario a inyectar desde los puertos de inyección de aire secundario 30A que están cada uno dividido en una pluralidad de puertos se ajusta para cada uno de los puertos, es posible evitar o suprimir la concentración de aire secundario en la circunferencia exterior de la llama F, y por lo tanto, suprimir la 60 región que permanece con oxígeno a alta temperatura H formada en la circunferencia exterior de la llama F, disminuyendo de este modo la cantidad de NOx producido.

En las realizaciones descritas anteriormente, aunque se ha proporcionado una descripción de la caldera de combustión tangencial 10, en la que se inyecta aire de una manera de múltiples etapas para hacer de la región desde la sección de quemador 12 a la sección AA 14 la atmósfera reductora, la presente invención no se limita a la 65 misma.

Además, como se muestra en la figura 14, por ejemplo, en el quemador alimentado con combustible sólido descrito anteriormente 20A, puede preferirse separar un sistema para suministrar aire al puerto secundario 23 del quemador de carbón pulverizado 21 desde un sistema para suministrar aire a los puertos de inyección de aire secundario 30A. En un ejemplo de configuración mostrado en la figura, la línea de suministro de aire 50 se divide en una línea de suministro de puerto secundario de carbón 51 y una línea de suministro de puerto de inyección de aire secundario 52, y las líneas de suministro 51 y 52 están provistas de reguladores 41.

Con tales sistemas de suministro de aire, es posible distribuir la cantidad de aire ajustando el grado de las aperturas de los reguladores respectivos 41 para la línea de suministro de puerto secundario de carbón 51 y la línea de suministro de puerto de inyección de aire secundario 52 y para ajustar aún más la cantidad de aire para cada puerto ajustando el grado de las aperturas de cada uno de los reguladores 40. Como resultado, la cantidad de aire para cada puerto puede ajustarse de manera fiable incluso cuando los puertos de inyección de aire secundario 30A están cada uno dividido en una pluralidad de puertos para proporcionar múltiples etapas.

Las realizaciones primera y segunda descritas anteriormente no se limitan a su uso por separado sino que también pueden usarse en combinación.

En un quemador alimentado con combustible sólido 20B mostrado en la figura 15, los dos puertos de inyección de aire secundario 30A dispuestos por encima y por debajo del quemador de carbón pulverizado 21 mostrado en la figura 9 están cada uno dividido en tres puertos en la dirección vertical. Específicamente, el quemador alimentado con combustible sólido 20B mostrado en la figura tiene una configuración de ejemplo en la que la estabilización de llama interior realizada por los elementos separadores 24 y el mecanismo de ajuste de flujo 25 se combina con los puertos de inyección de aire secundario de etapas múltiples 30A.

Ya que el quemador alimentado con combustible sólido configurado de este modo 20B puede disminuir la cantidad de NOx a través de la estabilización de llama interior y también puede ajustar la velocidad de difusión del aire secundario para optimizar la difusión de aire en la llama, la cantidad necesaria de aire para la combustión de los componentes volátiles y del carbón puede suministrarse con una sincronización adecuada. En otras palabras, realizando la estabilización de llama interior y el ajuste de velocidad de difusión de aire secundario, puede lograrse una disminución adicional en la cantidad de NOx debido a la sinergia de los dos.

Obsérvese que la forma de sección transversal y la disposición de los elementos separadores 24, la presencia o ausencia del mecanismo de ajuste de flujo 25, el recuento de división del puerto de inyección de aire secundario 30A, y la presencia o la ausencia de los puertos de aire secundario laterales 34L y 34R no se limitan a los de las configuraciones mostradas en las figuras, y puede usarse una configuración en la que los elementos descritos anteriormente se seleccionen y combinen apropiadamente.

Además, en la realización y las modificaciones en las que se utilizan los puertos de inyección de aire secundario de múltiples etapas 30A, algunos de los puertos de inyección de aire secundario 30A pueden usarse como puertos de aceite.

Específicamente, en una caldera alimentada con combustible sólido tal como la caldera de combustión tangencial 10, es necesaria una operación realizada usando gas o aceite como combustible para poner en marcha la caldera, necesitando de este modo un quemador de aceite para inyectar aceite en el horno 11. A continuación, en un período de puesta en marcha que necesita el quemador de aceite, los puertos de aire secundario exteriores 33a y 33b de los puertos de inyección de aire secundario de múltiples etapas 30A se usan temporalmente, por ejemplo como puertos de aceite, y por lo tanto, es posible disminuir el número de puertos usados en el quemador alimentado con combustible sólido, reduciendo la altura de la caldera.

A continuación, se describirá un quemador alimentado con combustible sólido adecuado para su uso en una caldera de alimentación de pared haciendo referencia a figura 16.

En un quemador alimentado con combustible sólido 20C mostrado en la figura, se proporciona un puerto de inyección de aire secundario 30B que incluye una pluralidad de puertos concéntricos en la circunferencia exterior de un puerto primario de carbón 22A que tiene una forma circular en sección transversal. El puerto de inyección de aire secundario 30B mostrado en la figura está constituido por dos etapas, es decir, un puerto de inyección de aire secundario interior 31 y un puerto de inyección de aire secundario exterior 33, pero la configuración del puerto de inyección de aire secundario 30B no está limitada a la misma.

Además, un total de cuatro elementos separadores 24 en dos direcciones diferentes (vertical y horizontal) están dispuestos en un patrón similar a una rejilla en el centro de la salida del puerto primario de carbón 22A. Obsérvese que el número de los elementos separadores 24, la disposición de los mismos, y la forma de sección transversal de los mismos que se describe en la primera realización puede aplicarse a los elementos separadores 24 usados en este caso.

Ya que el quemador alimentado con combustible sólido configurado de este modo 20C suministra gradualmente aire secundario, no proporciona una atmósfera reductora excesiva, pero en general proporciona una llama corta y una atmósfera reductora fuerte, disminuyendo de este modo la corrosión por sulfuro etc., provocada por el hidrógeno sulfuro producido.

De esta manera, en los quemadores alimentados con combustible sólido de las realizaciones y modificaciones descritas anteriormente, ya que los elementos separadores dispuestos en una pluralidad de direcciones que funcionan como el mecanismo de estabilización de llama interior se proporcionan en la abertura de salida del quemador de carbón pulverizado, la trayectoria de flujo del combustible en polvo y del aire se divide para perturbar el flujo del mismo, en las proximidades del centro de la abertura de salida del quemador de combustible, donde se cruzan los elementos separadores. Ya que esta perturbación facilita la mezcla y la difusión del aire incluso en la llama, y, además, los elementos separadores dividen la superficie de ignición para hacer fácil al oxígeno entrar en la parte central de la llama, la posición de ignición viene cerca del centro de la llama, disminuyendo la cantidad de combustible no quemado. Específicamente, ya que la ignición interna se realiza efectivamente usando oxígeno en la parte central de la llama, la reducción procede rápidamente en la llama, y, como resultado, disminuye la cantidad de NOx producido emitido finalmente desde la caldera alimentada con combustible sólido que tiene el quemador alimentado con combustible sólido.

Además, cuando los puertos de inyección de aire secundario se hacen para proporcionar múltiples etapas para ajustar la inyección de aire secundario, la concentración de aire secundario en la circunferencia exterior de la llama puede evitarse o suprimirse, suprimiendo de este modo la región que permanece con oxígeno a alta temperatura formada en la circunferencia exterior de la llama, disminuyendo la cantidad de óxido de nitrógeno (NOx) producido.

Además, ya que el quemador alimentado con combustible sólido y la caldera alimentada con combustible sólido que tiene el quemador alimentado con combustible sólido de acuerdo con la presente invención puede realizar una ignición potente en la llama y puede aumentar la proporción de aire en la sección de quemador, es posible disminuir la proporción de aire en exceso en toda la caldera aproximadamente de 1,0 a 1,1, conduciéndose de este modo a un efecto de mejora de la eficacia de la caldera. Obsérvese que un quemador alimentado con combustible sólido convencional y una caldera alimentada con combustible sólido convencional se operan, en general, en una proporción de aire en exceso de aproximadamente 1,15, y, por lo tanto, puede disminuirse la proporción de aire de aproximadamente un 0,05 a un 0,15.

Las figuras 17 a 22 son gráficas de resultados experimentales que muestran unas ventajas de la presente invención.

La figura 17 es una gráfica de un resultado experimental que muestra la relación entre una posición de estabilizador de llama en la estabilización de llama interior y la cantidad de NOx producido (valor relativo). En este caso, la anchura (altura) de los elementos separadores 24A que funcionan como un estabilizador de llama se indica por la posición de estabilizador de llama a, y la anchura de una trayectoria de flujo en la que el carbón pulverizado fluye en realidad está indicada por la anchura de flujo de carbón pulverizado real b, en los ejemplos comparativos mostrados en la figura 18. En la gráfica, "a/b" se indica en el eje horizontal, y el valor relativo de la cantidad de NOx producido se indica en el eje vertical. Obsérvese que, aunque el elemento separador 24A mostrado en la figura 6B se emplea en la figura 18, el tipo de un elemento separador no se limita al mismo.

En este experimento, las cantidades de NOx producido en el ejemplo comparativo 1 ( $a/b = 0,77$ ) y en el ejemplo comparativo 2 ( $a/b = 0,4$ ) se han medido con la misma velocidad de flujo del aire primario y del carbón pulverizado, la misma velocidad de flujo de aire secundario, y la misma distribución de aire entre el aire primario y el aire secundario.

En este caso, en el puerto primario de carbón 22 usado en el ejemplo comparativo 1, un núcleo invertido 26, que sirve como un obstáculo, está dispuesto en la trayectoria de flujo, y por lo tanto, el carbón en polvo fluye hacia fuera con una anchura b que aproximadamente coincide con la anchura de la pared interior del núcleo invertido 26. Por otra parte, en el puerto primario de carbón 22 usado en el ejemplo comparativo 2, el carbón pulverizado fluye a lo largo de la pared interior de una trayectoria de flujo que no tiene ningún obstáculo y fluye hacia fuera con una anchura b que aproximadamente coincide con la anchura de la trayectoria de flujo. Por lo tanto, incluso con la misma posición de estabilizador de llama a y el mismo diámetro interior de los puertos primarios de carbón 22, la presencia o la ausencia de un obstáculo provoca una diferencia en la anchura de flujo de carbón pulverizado real b, que es el denominador, y, como resultado, la cantidad de NOx producido es diferente.

En otras palabras, el resultado experimental mostrado en la figura 17 indica que, cuando la proporción (a/b) de la anchura a de los elementos separadores con la anchura de flujo de carbón pulverizado real b se establece en aproximadamente el 75 % o menos, la cantidad de NOx producido disminuye.

Específicamente, de acuerdo con este resultado experimental, se entiende que, cuando la proporción (a/b) de la anchura a de los elementos separadores con la anchura de flujo de carbón pulverizado real b disminuye desde 0,77 hasta 0,4, el valor relativo de la cantidad de NOx producido se reduce a 0,75, lo que lleva a una disminución de aproximadamente un 25 %. En otras palabras, se entiende que, la optimización de la anchura a de los elementos

separadores que funcionan como el mecanismo de estabilización de llama interior es eficaz para disminuir el NOx en el quemador alimentado con combustible sólido y en la caldera alimentada con combustible sólido.

5 En este momento, si se producen desviaciones cuando no se ha proporcionado el mecanismo de ajuste de flujo 25, las posiciones de los elementos separadores pueden estar en un lado exterior con respecto a un flujo de carbón pulverizado, lo que resulta en un aumento en el NOx. Por lo tanto, el mecanismo de ajuste de flujo es importante.

10 La figura 19 es una gráfica de un resultado experimental que muestra la relación entre la tenencia de división y la cantidad de NOx producido (valor relativo). Específicamente, es una gráfica experimental que muestra cómo la cantidad de NOx producido cambia de acuerdo con la proporción de la anchura a descrita anteriormente de los elementos separadores con la altura (anchura) del puerto primario de carbón 22.

15 De acuerdo con este resultado experimental, cuanto mayor sea la tenencia de división, menor será la cantidad de NOx producido; y por lo tanto, se entiende que la instalación de los elementos separadores es eficaz para disminuir el NOx.

20 Por otro lado, de acuerdo con el resultado experimental descrito anteriormente mostrado en la figura 17, cuando disminuye la proporción (a/b) de la anchura a de los elementos separadores con la anchura de flujo de carbón pulverizado real b, el valor relativo de la cantidad de NOx producido también disminuye, y por lo tanto, la instalación de los elementos separadores que tienen una anchura apropiada a es necesaria para disminuir la cantidad de NOx producido. En otras palabras, en la estabilización de llama interior, para disminuir la cantidad de NOx producido, es importante proporcionar unos elementos separadores que tengan una anchura adecuada a para mejorar la ignición, emitiendo y disminuyendo de este modo más rápidamente el NOx.

25 La figura 20 muestra una comparación de la cantidad de combustible no quemado producido para el caso de una división de una dirección en la que los elementos separadores están dispuestos en una dirección y el caso de una división de cruce en la que los elementos separadores están dispuestos en una pluralidad de direcciones. En este experimento, se especifican las mismas condiciones que las del experimento mostrado en la figura 17, y la cantidad de combustible no quemado producido se compara entre la división de una dirección y la división de cruce.

30 De acuerdo con el resultado experimental, el valor relativo de la cantidad de combustible no quemado que se produce cuando se usa la división cruzada es 0,75 en relación con la cantidad de combustible no quemado que se produce cuando se usa la división de una dirección, y se entiende que la cantidad de combustible no quemado producido disminuye en aproximadamente un 25 %. Específicamente, la división cruzada, en la que los elementos separadores están dispuestos en una pluralidad de direcciones, es eficaz para disminuir la cantidad de combustible no quemado en el quemador alimentado con combustible sólido y en la caldera alimentada con combustible sólido.

35 A partir del resultado experimental mostrado en la figura 20, puede concebirse que, disponiendo los elementos separadores en diferentes direcciones, la ignición en la llama se mejora adicionalmente, y se mejora la difusión del aire en el interior de la llama, disminuyendo de este modo la cantidad de combustible no quemado.

40 Por otra parte, puede concebirse que la cantidad de combustible no quemado sea mayor cuando se usa la división de una dirección debido a que el aire se suministra al lado exterior de la llama, retrasando de este modo la difusión de aire en la llama formada en el lado interior.

45 Un resultado experimental mostrado en la figura 21 se obtiene comparando las cantidades de NOx producido en una sección de quemador, en una región desde la sección de quemador a una sección AA, y en la sección AA, para un quemador alimentado con combustible sólido convencional y el quemador alimentado con combustible sólido de la presente invención; y se muestran los valores relativos a la cantidad de NOx producido en la sección AA del quemador alimentado con combustible sólido convencional, que se establece en un valor de referencia de 1. Obsérvese que los elementos separadores dispuestos en una pluralidad de direcciones, como se muestra, por ejemplo en la figura 1A, se emplean para obtener este resultado experimental.

50 Además, este resultado experimental se obtiene a través de la comparación de la misma cantidad de combustible no quemado, y la proporción de aire (la proporción de la cantidad de aire inyectado que se obtiene restando la cantidad de aire adicional inyectado de la cantidad total de aire inyectado, en relación con la cantidad total de aire inyectado) en la región desde la sección de quemador a la sección AA se establece en 0,8 en la tecnología convencional y se establece en 0,9 en la presente invención. La cantidad total de aire inyectado usada en el presente documento es una cantidad real de aire inyectado determinada en consideración de la tasa de aire en exceso. Obsérvese que cuando la tasa de inyección de aire adicional se establece en el 30 %, y la tasa de aire en exceso se establece en 1,15, la proporción de aire en la región desde la sección de quemador a la sección AA es de aproximadamente 0,8 (la proporción de aire en la región desde la sección de quemador a la sección AA =  $1,15 \times (1 - 0,3) \approx 0,8$ ).

65 De acuerdo con este resultado experimental, la cantidad de NOx producido finalmente a partir de la sección AA disminuye a 0,6, una disminución del 40 % en comparación con la tecnología convencional. Puede concebirse que esto sea debido a que la presente invención emplea la estabilización de llama interior disponiendo los elementos

separadores en una pluralidad de direcciones para mejorar aún más la ignición por los elementos separadores, produciendo de este modo el NOx en la llama y disminuyendo de manera eficaz el NOx.

5 Además, en la presente invención, ya que la mezcla en la llama es excelente, la combustión se acerca a la combustión de premezcla, proporcionando una combustión más uniforme, y por lo tanto, se confirma que se produce una capacidad de disminución suficiente incluso a una proporción de aire de 0,9.

10 Específicamente, en la tecnología convencional, ya que se forma una región de alta temperatura con alto contenido de oxígeno en la circunferencia exterior de la llama, y por lo tanto, es necesario aproximadamente el 30 % de inyección de aire adicional (AA) para reducir suficientemente el NOx, es necesario disminuir la proporción de aire en la región desde la sección de quemador a la sección AA a aproximadamente 0,8. Por lo tanto, ya que aproximadamente el 30 % de la cantidad total de aire inyectado, determinada en consideración de la tasa de aire en exceso, se inyecta en la sección AA, también se produce NOx en la sección AA.

15 Sin embargo, en la presente invención, ya que la combustión puede realizarse incluso en la proporción de aire de aproximadamente 0,9 en la región desde la sección de quemador a la sección AA, puede disminuirse la cantidad de aire adicional inyectado a aproximadamente de 0 al 20 % de la cantidad total de aire inyectado, determinada en consideración de la tasa de aire en exceso. Por lo tanto, también puede suprimirse la cantidad de NOx producido en la sección AA, permitiendo finalmente de este modo una disminución de aproximadamente el 40 % en la cantidad de  
20 NOx producido.

25 En la figura 22, el eje horizontal indica la proporción de aire en la región desde la sección de quemador a la sección AA, y el eje vertical indica el valor relativo de la cantidad de NOx producido. De acuerdo con este resultado experimental, en la presente invención, una proporción de aire de 0,9 es el valor óptimo en las proximidades del quemador, a la que se ha confirmado una disminución de aproximadamente un 40 % en NOx. Por lo tanto, a partir de la figura 22, la proporción de aire en la región desde la sección de quemador a la sección AA, que es la proporción de la cantidad de aire inyectado obtenida restando la cantidad de aire adicional inyectado de la cantidad total de aire inyectado a la cantidad total de aire inyectado determinada en consideración de la tasa de aire en exceso, se establece preferentemente en 0,85 o más, en la que la cantidad de NOx puede disminuirse en  
30 aproximadamente un 30 %, y se establece más preferentemente en el valor óptimo de 0,9 o más.

En el resultado experimental de la presente invención, la cantidad de NOx producido aumentó a 1 o más en torno a la proporción de aire de 0,8 porque el NOx se produce debido a la inyección de aire adicional.

35 Además, el límite superior de la proporción de aire difiere en función de la proporción de combustible: es 0,95 cuando la proporción de combustible es 1,5 o más, y es 1,0 cuando la proporción de combustible es menor que 1,5. La proporción de combustible en este caso es la relación de carbono fijado a los componentes volátiles (carbono fijado / componentes volátiles) en el combustible.

40 De esta manera, de acuerdo con esta realización, descrita anteriormente, se proporcionan el quemador alimentado con carbón pulverizado 21, que tiene una estabilización de llama interior, y los puertos de inyección de aire secundario 30, que no realizan la estabilización de llama, y la proporción de aire en el quemador de carbón pulverizado 21 se establece en 0,85 o más, preferentemente, en 0,9 o más, disminuyendo de este modo la cantidad de aire adicional inyectado en la sección AA 14 y disminuyendo también la cantidad de NOx producido en la sección  
45 AA 14. Además, ya que se suprime la región que permanece con oxígeno a alta temperatura H formada en la circunferencia exterior de la llama, y el NOx producido en la llama, en la que se consigue la combustión se acerca a la combustión de premezcla, disminuye de manera eficaz, la cantidad de NOx emitida finalmente desde la sección AA 14 disminuye por una disminución en la cantidad de NOx que alcanza la sección AA 14 y por una disminución en la cantidad de NOx producido en la sección AA 14 debido a la inyección de aire adicional.

50 Como resultado, en el quemador alimentado con combustible sólido 20 y en la caldera de combustión tangencial 10, disminuye la cantidad de NOx producido finalmente para emitirse desde la sección AA 14.

55 Además, usando un método de funcionamiento de quemador alimentado con combustible sólido en el que la operación se realiza con la proporción de aire en el quemador de carbón pulverizado 21 establecida en 0,85 o más, la cantidad de aire (la cantidad de aire adicional inyectado) en la sección AA 14 disminuye en comparación con un caso en el que la proporción es, por ejemplo, de 0,8, y por lo tanto, la cantidad de NOx producido finalmente disminuye en la sección AA 14 donde disminuye la cantidad de aire adicional inyectado.

60 Obsérvese que la presente invención no se limita a las realizaciones descritas anteriormente, y pueden realizarse modificaciones apropiadas. Por ejemplo, el combustible sólido en polvo no se limita a carbón pulverizado.

#### Lista de signos de referencia

65 10 Caldera de alimentación tangencial  
11 Horno

## ES 2 647 923 T3

- 12 Sección de quemador
- 14 Sección de inyección de aire adicional (sección AA)
- 20, 20A-20C Quemador alimentado con combustible sólido
- 21 Quemador alimentado con carbón pulverizado (quemador de combustible)
- 5 22 Puerto primario de carbón
- 23 Puerto secundario
- 24, 24A, 24B Elemento separador
- 25 Mecanismo de ajuste de flujo
- 30, 30A Puerto de inyección de aire secundario
- 10 31, 31a, 31b Puerto de aire secundario interior
- 32a, 32b Puerto de aire secundario medio
- 33, 33a, 33b Puerto de aire secundario exterior
- 34L, 34R Puerto de aire secundario lateral
- 40, 41 Regulador
- 15 F Llama
- H Región que permanece con oxígeno a alta temperatura

## REIVINDICACIONES

1. Un quemador alimentado con combustible sólido (20; 20A; 20B; 20C) que se usa en una sección de quemador (12) de una caldera alimentada con combustible sólido (10), realizando la caldera (10) una combustión baja en NOx por separado en la sección de quemador (12) y en una sección de inyección de aire adicional (14), comprendiendo el quemador alimentado con combustible sólido (20; 20A; 20B; 20C):
- un quemador de combustible (21) para inyectar combustible sólido en polvo y aire en un horno (11) de la caldera (10), incluyendo el quemador de combustible (21)
- un puerto primario de carbón (22) para inyectar el combustible sólido en polvo transportado por el aire primario dentro del horno (11), teniendo dicho puerto primario de carbón (22) unos elementos separadores (24) dispuestos en una pluralidad de direcciones en un patrón similar a una rejilla para proporcionar unas partes de cruce en las que los elementos separadores (24) se cruzan cerca del centro de la abertura de salida del quemador de combustible (21) en una parte delantera de trayectoria de flujo del puerto primario de carbón (22) con el fin de que funcionen como un mecanismo de estabilización de llama interior cerca del centro de la abertura de salida del quemador de combustible (21), y
- un puerto secundario (23) que se proporciona con el fin de rodear el puerto primario de carbón (22) y está dispuesto para inyectar parte de un aire secundario, en donde el quemador de combustible (21) no tiene un mecanismo de estabilización de llama en la circunferencia exterior del mismo; y
- unos puertos de inyección de aire secundario (30; 30A; 34L, 34R; 30B) para inyectar aire secundario sin realizar una estabilización de llama, en donde los puertos de inyección de aire secundario (30; 30A; 34L, 34R; 30B) están dispuestos por encima y por debajo y/o en los lados derecho e izquierdo del quemador de combustible (21) y tienen un medio de ajuste de flujo de aire (40).
2. El quemador alimentado con combustible sólido de acuerdo con la reivindicación 1, en el que una longitud de superficie de ignición (Lf) de los elementos separadores (24), que es la longitud total de ambos lados de cada uno de los elementos separadores (24), está fijada más grande que la longitud circunferencial de abertura de salida (L) del quemador de combustible (21).
3. El quemador alimentado con combustible sólido de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que los elementos separadores (24) están dispuestos densamente en el centro de la abertura de salida del quemador de combustible (21).
4. El quemador alimentado con combustible sólido de acuerdo con la reivindicación 3, en el que los elementos separadores (24) están dispuestos densamente en el patrón similar a una rejilla en el centro de la abertura de salida del puerto primario de carbón (22) del quemador de combustible (21) de tal manera que las partes centrales de la abertura de salida del puerto primario de carbón (22), divididas por los elementos separadores (24), tienen áreas más pequeñas que otras partes en el lado circunferencial exterior de las mismas.
5. El quemador alimentado con combustible sólido de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que los puertos de inyección de aire secundario (30A) están cada uno dividido en una pluralidad de trayectorias de flujo independientes (31a/b, 32a/b, 33a/b) teniendo cada uno de los mismos un medio de ajuste de flujo de aire (40).
6. El quemador alimentado con combustible sólido de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además un mecanismo de ajuste de flujo (25) que aplica una pérdida de presión a un flujo del combustible sólido en polvo y al aire proporcionados en un lado corriente arriba de los elementos separadores (24).
7. El quemador alimentado con combustible sólido de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que los puertos de inyección de aire secundario (30A) están provistos cada uno de un mecanismo de ajuste de ángulo.
8. El quemador alimentado con combustible sólido de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que un sistema (51) para suministrar aire al puerto secundario (23) del quemador de combustible (21) está separado de un sistema (52) para suministrar aire a los puertos de inyección de aire secundario (30A).
9. El quemador alimentado con combustible sólido de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la pluralidad de trayectorias de flujo independientes de los puertos de inyección de aire secundario (30B) están dispuestos concéntricamente alrededor del quemador de combustible, que tiene una forma circular, en una dirección circunferencial exterior en forma de múltiples etapas.
10. Una caldera alimentada con combustible sólido (10) que comprende un quemador alimentado con combustible sólido (20; 20A; 20B; 20C) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9 dispuesto en una esquina o en una pared de un horno (11) de la caldera (10).
11. Un método de funcionamiento de un quemador alimentado con combustible sólido de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 que se usa en una sección de quemador (12) de una caldera alimentada con

combustible sólido (10) que realiza una combustión baja en NOx por separado en la sección de quemador (12) y en una sección de inyección de aire adicional (14) y que inyecta combustible sólido en polvo y aire dentro de un horno (11) de la caldera (10), en donde la operación se realiza con una proporción de aire en el quemador de combustible (21) establecida en 0,85 o más.

5 12. El método de funcionamiento de acuerdo con la reivindicación 11, en el que la proporción de aire en el quemador de combustible (21) se establece en 0,9 o más.

10 13. El método de funcionamiento de acuerdo con las reivindicaciones 11 o 12, en el que la distribución de la cantidad de aire que se inyecta desde los puertos de inyección de aire secundario está controlada por retroalimentación basándose en la cantidad de combustible no quemado y la cantidad de emisión de óxido de nitrógeno (NOx).

15 14. El método de funcionamiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 13, en el que la cantidad de aire que se inyecta desde los puertos de inyección de aire secundario (30; 30A; 34L, 34R; 30B) se distribuye entre las inyecciones de aire de múltiples etapas que hacen de una región desde la sección de quemador (12) a la sección de inyección de aire adicional (14) una atmósfera reductora.

FIG. 1A

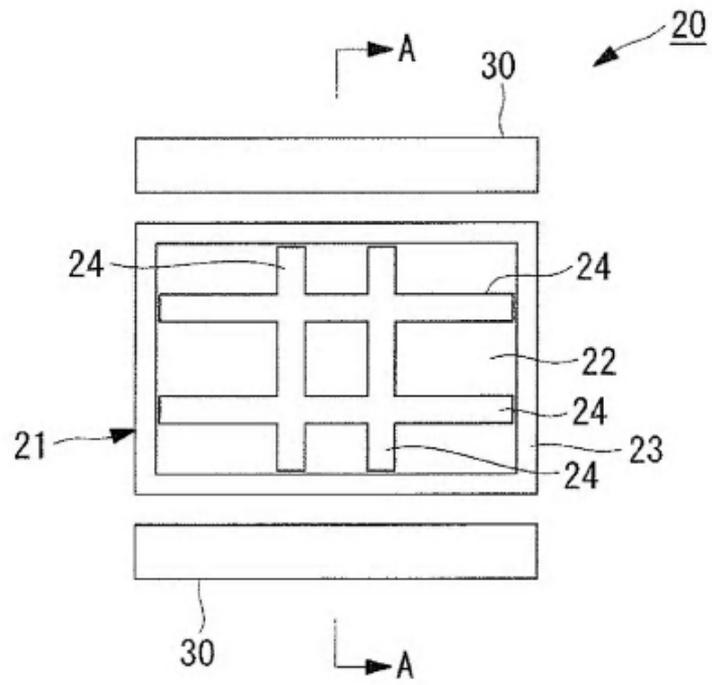


FIG. 1B

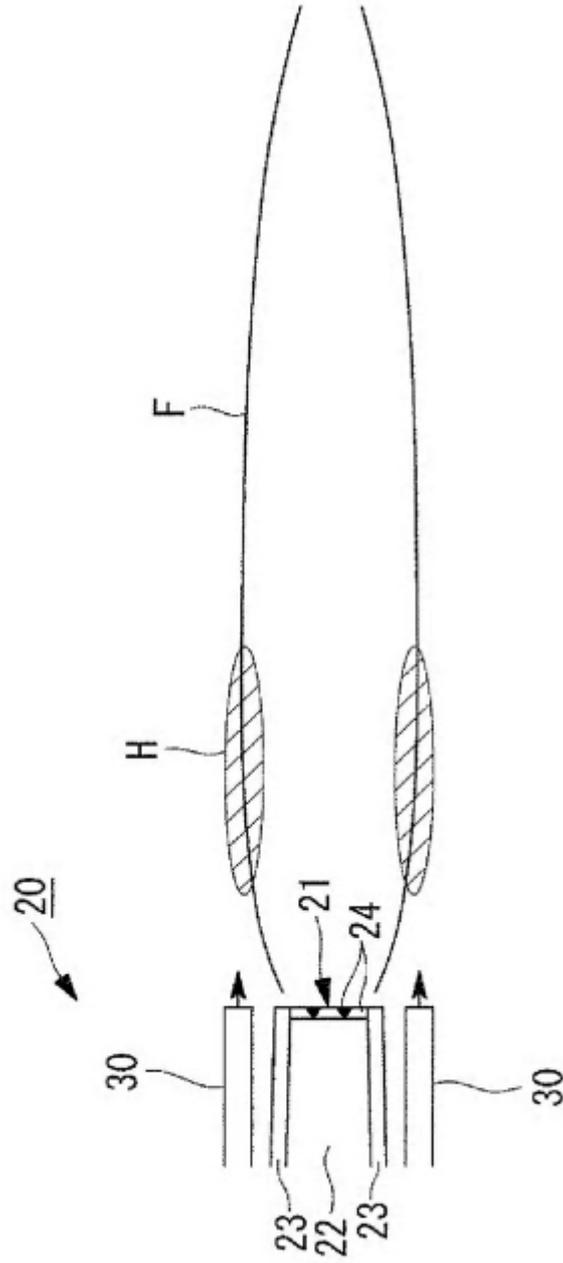


FIG. 2

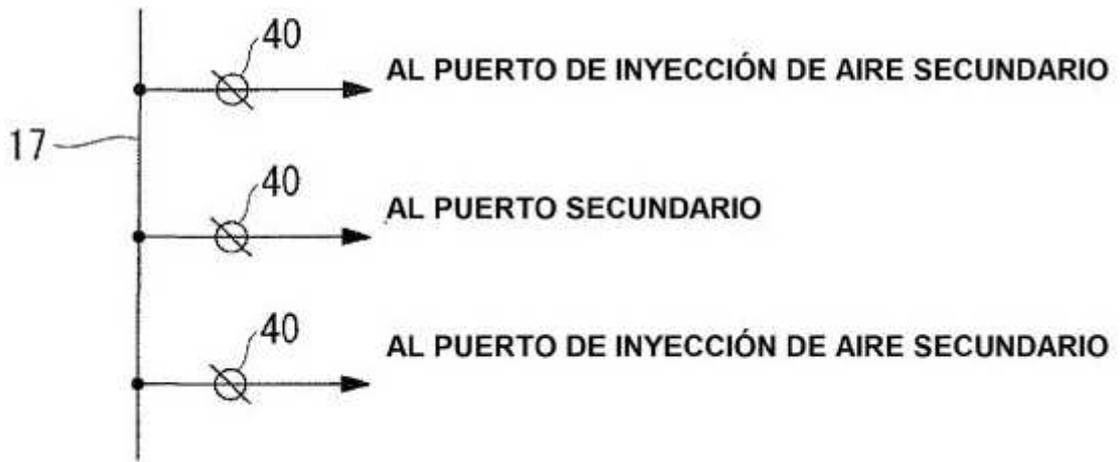




FIG. 4

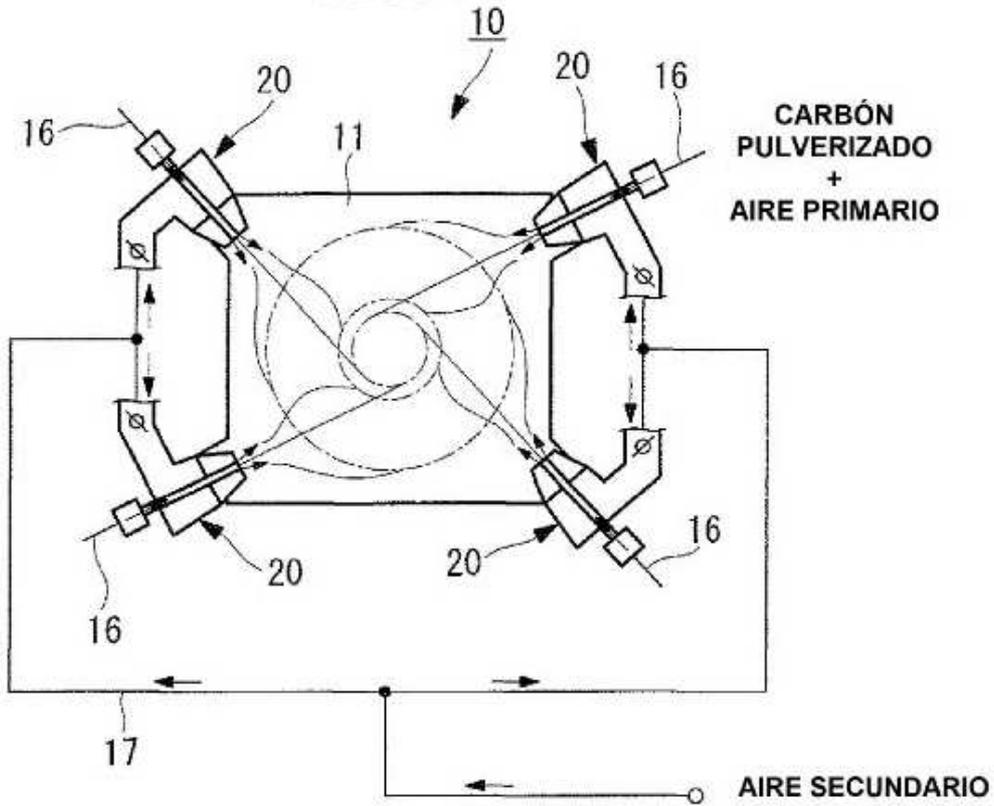
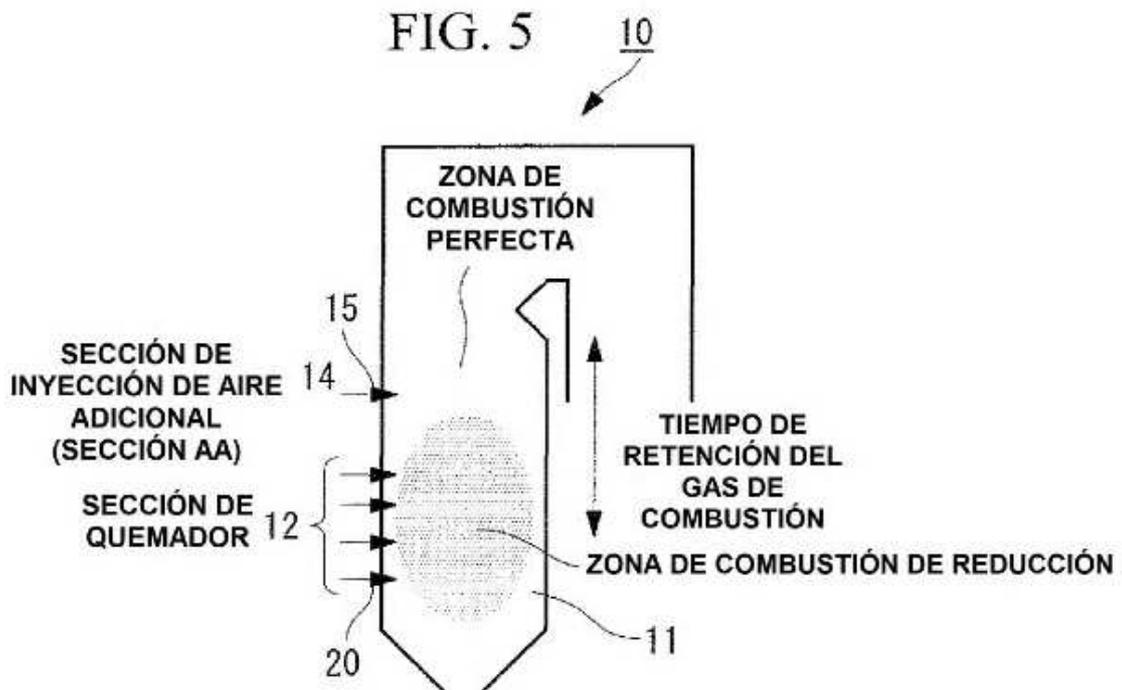
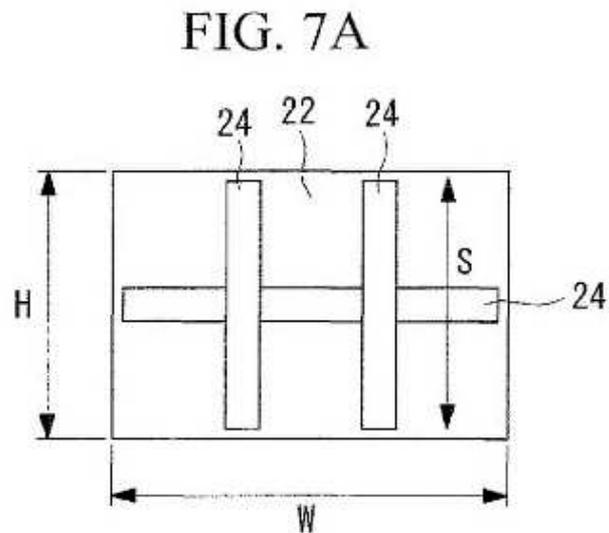


FIG. 5





LONGITUD DIFERENCIAL EXTERIOR (L) =  $2H + W$   
LONGITUD DE SUPERFICIE DE IGNICIÓN (Lf) =  $6S$

FIG. 7B

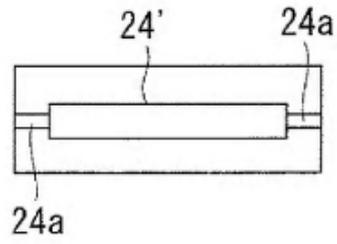


FIG. 8

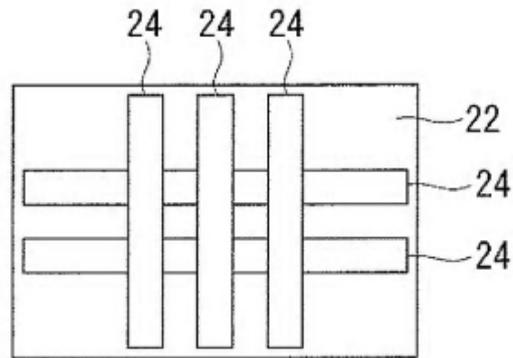


FIG. 9

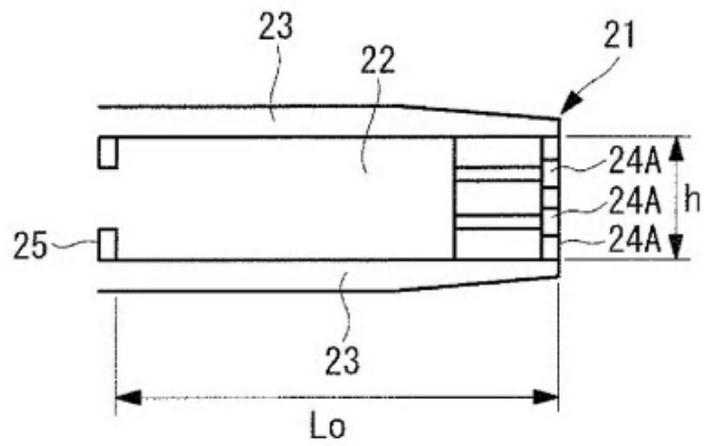


FIG. 10A

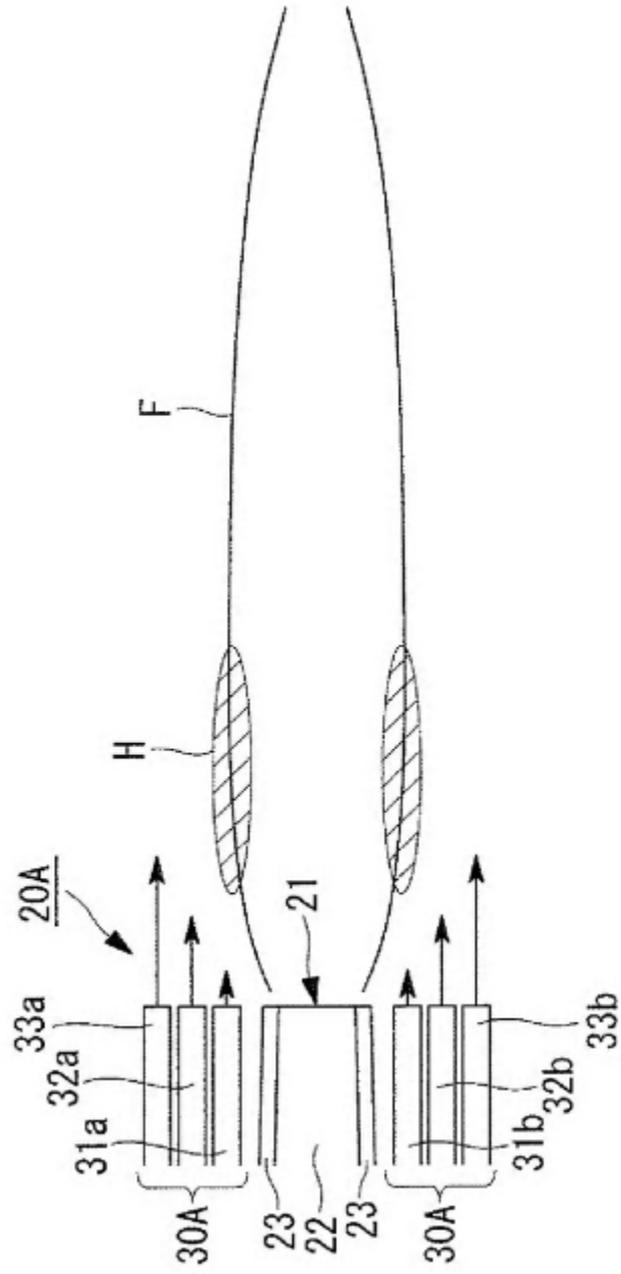


FIG. 10B

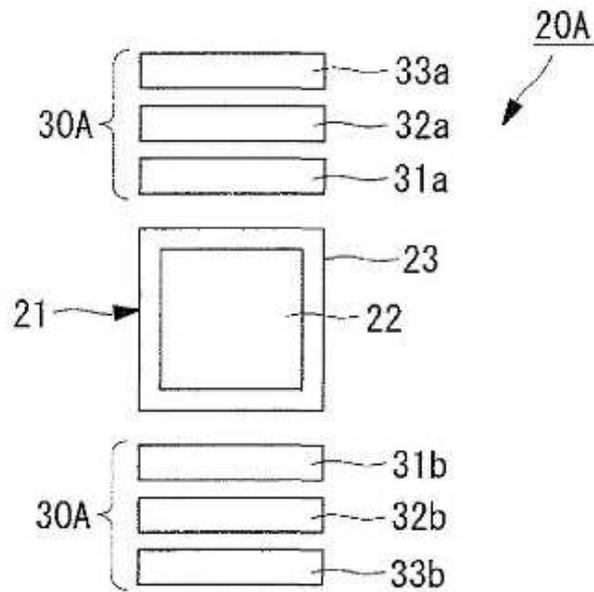


FIG. 10C

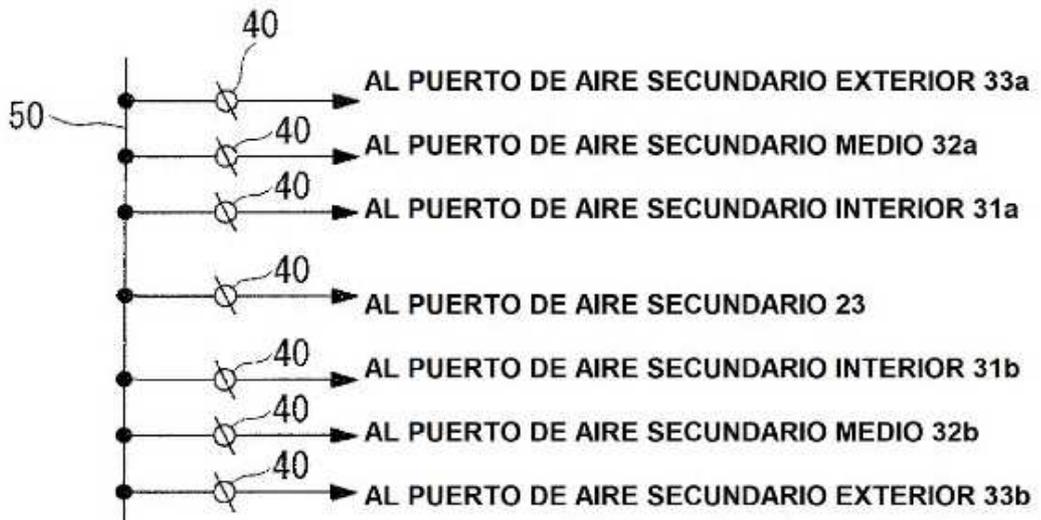


FIG. 11A

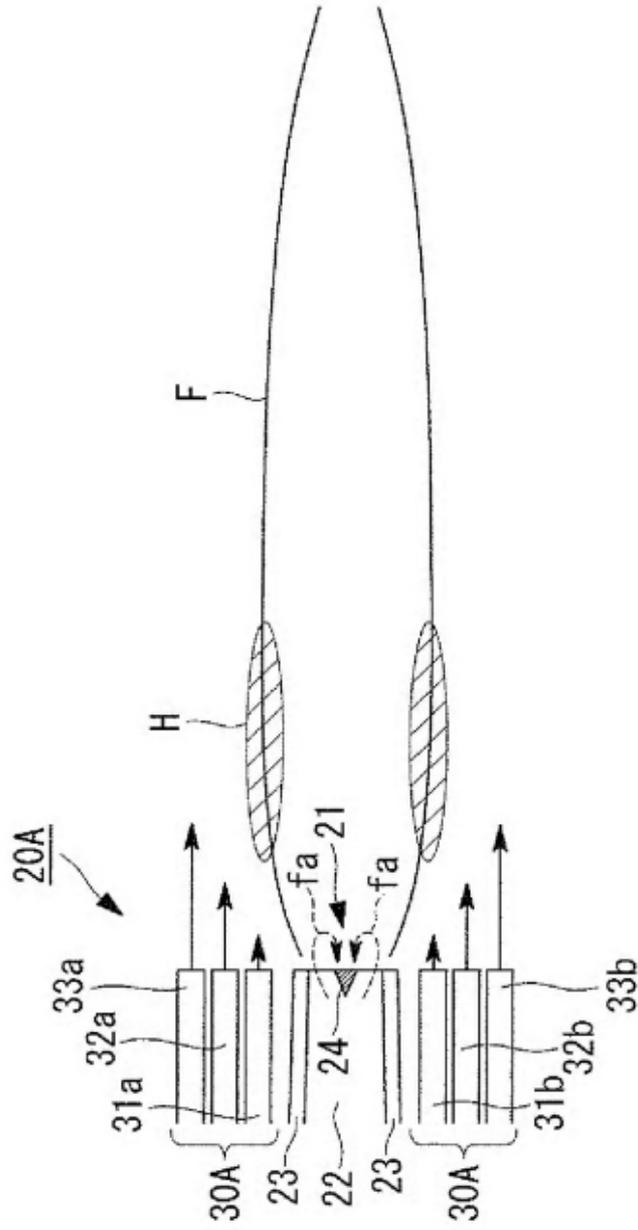


FIG. 11B

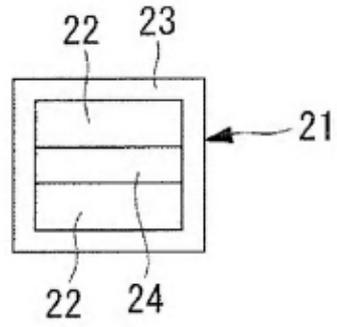


FIG. 12

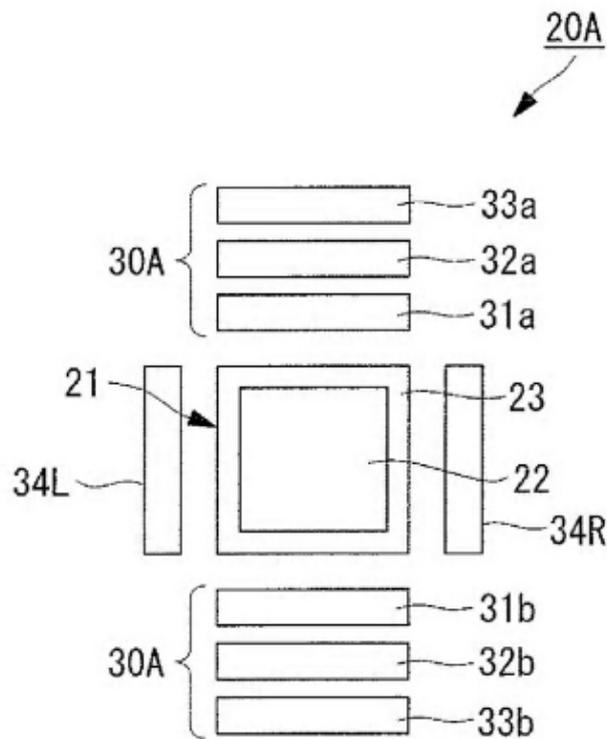


FIG. 13

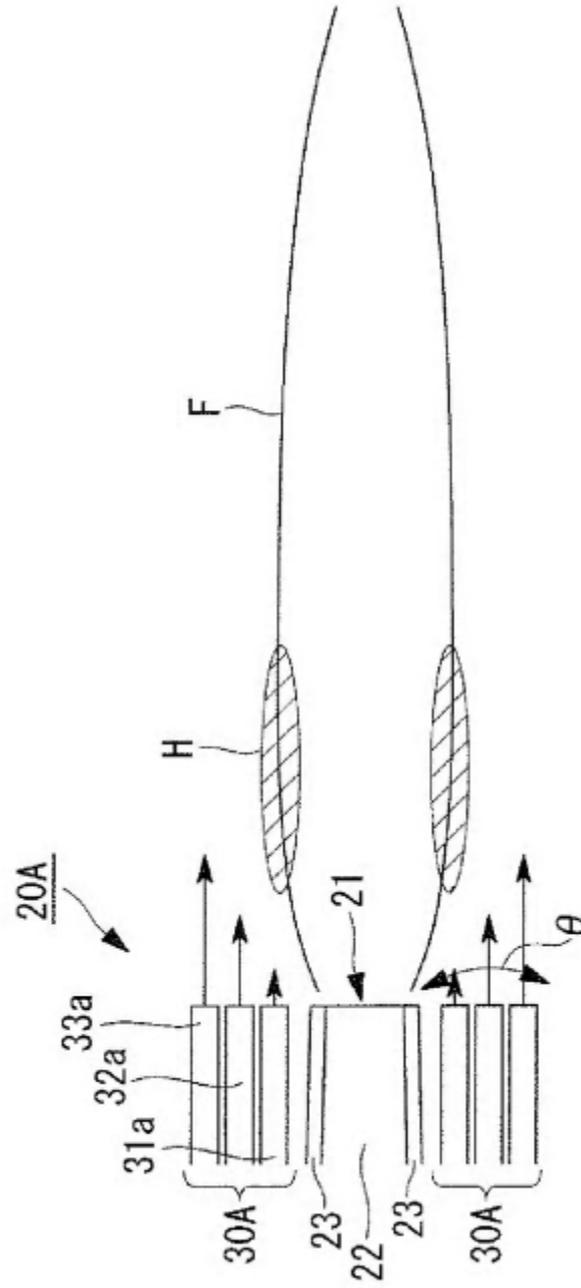


FIG. 14

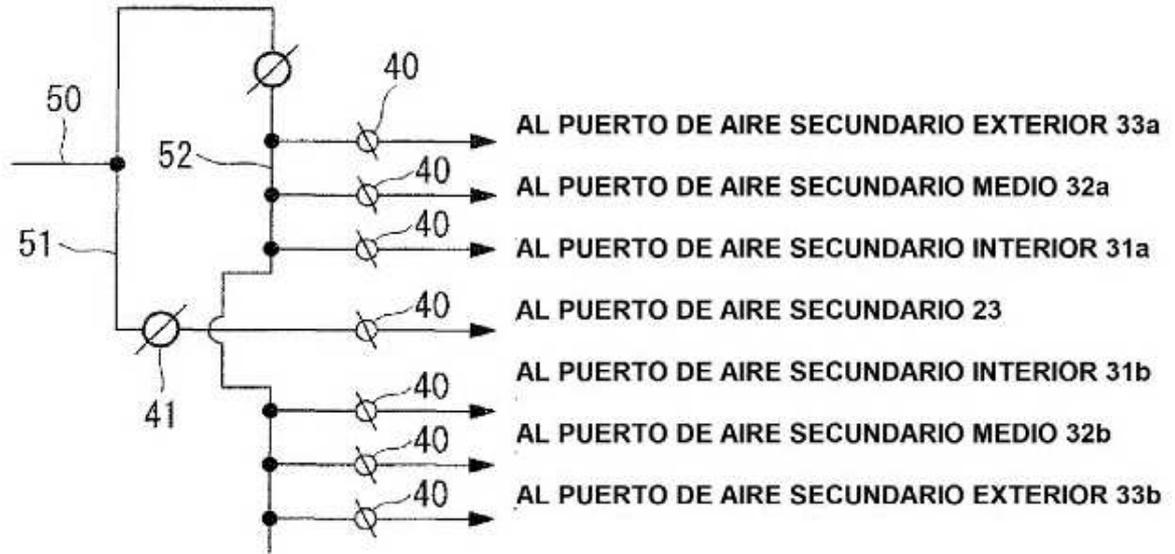


FIG. 15

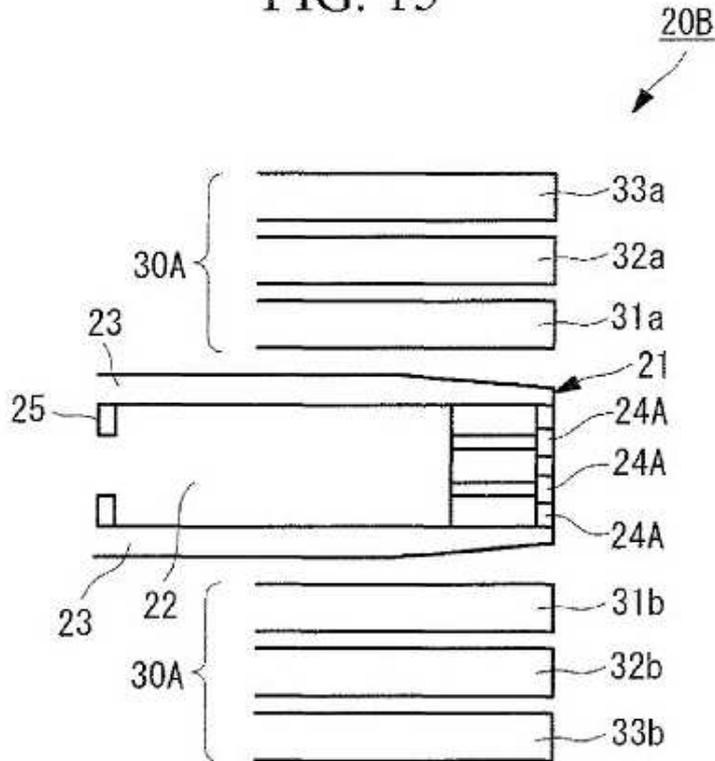


FIG. 16

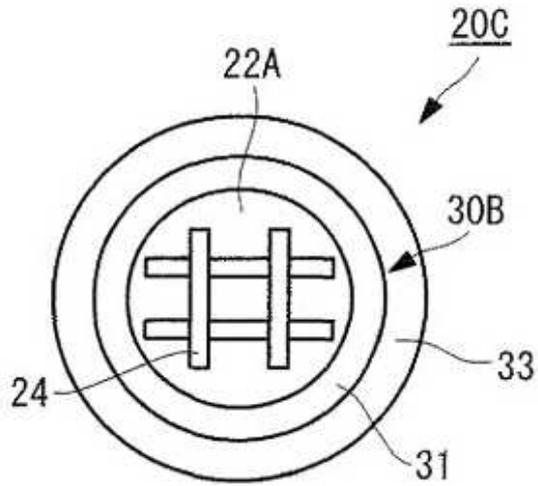


FIG. 17

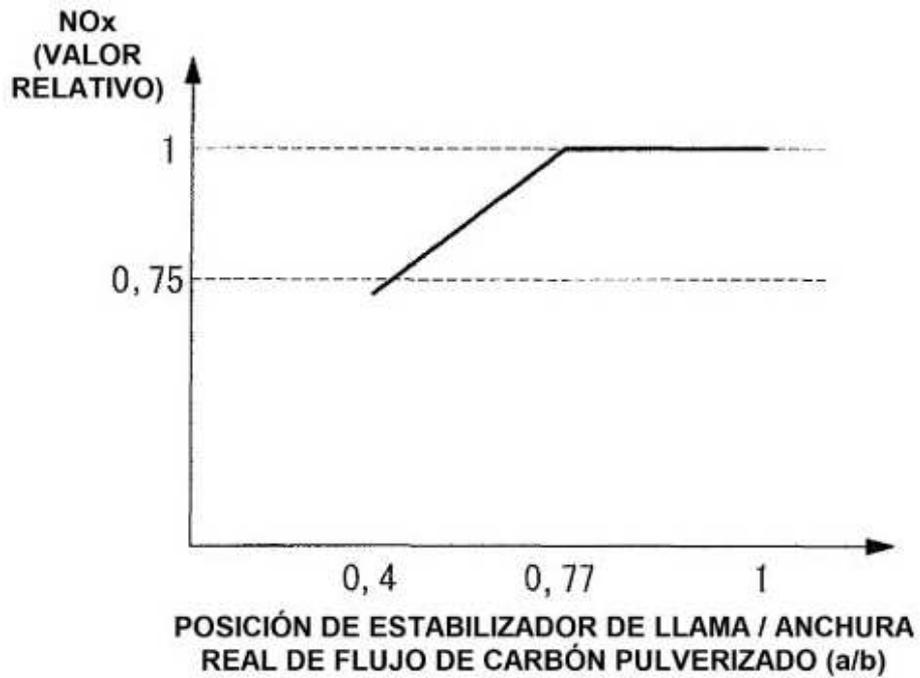


FIG. 18

<EJEMPLO COMPARATIVO 1>



<EJEMPLO COMPARATIVO 2>

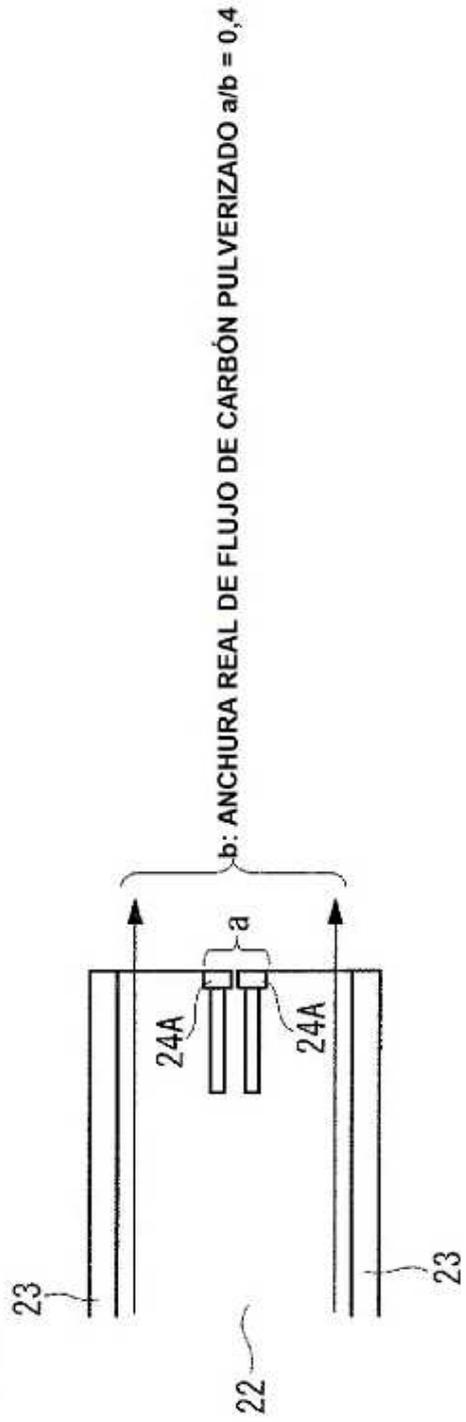


FIG. 19

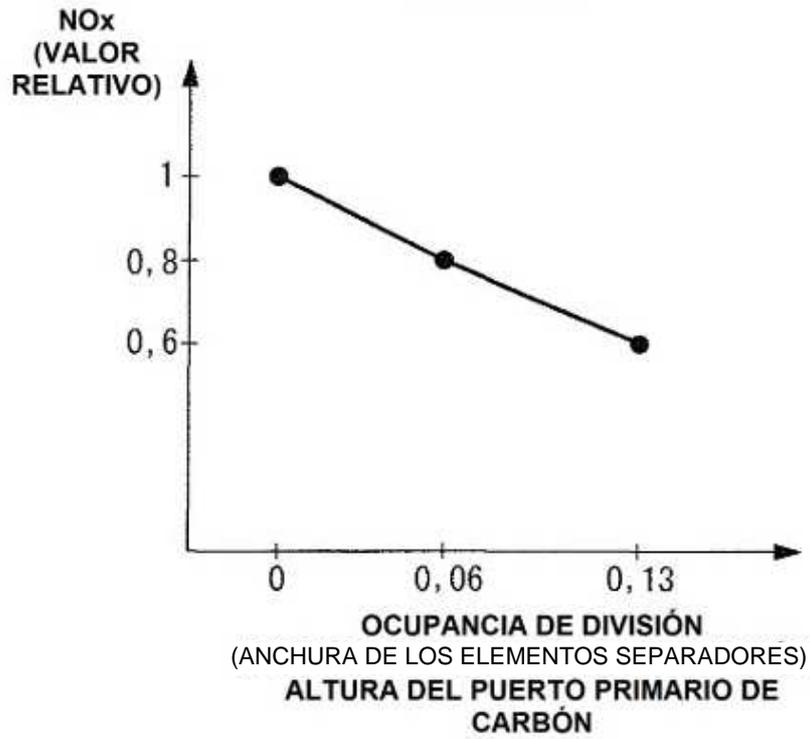


FIG. 20

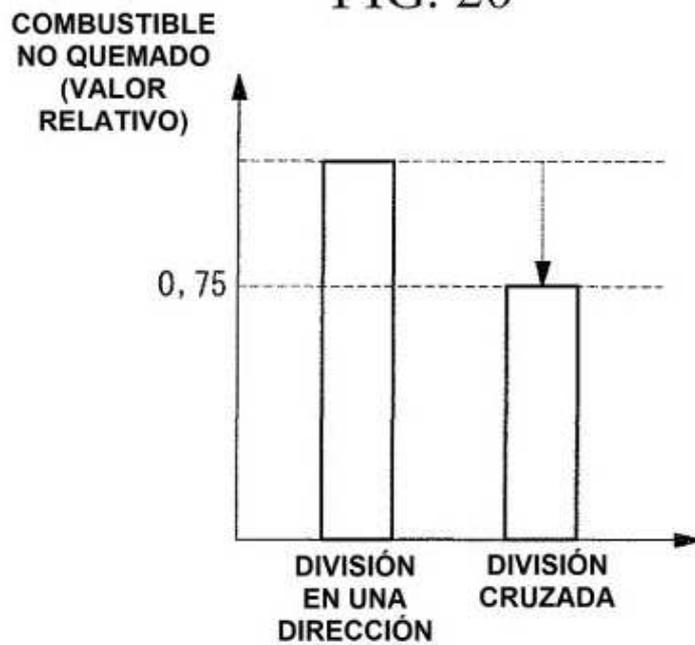


FIG. 21

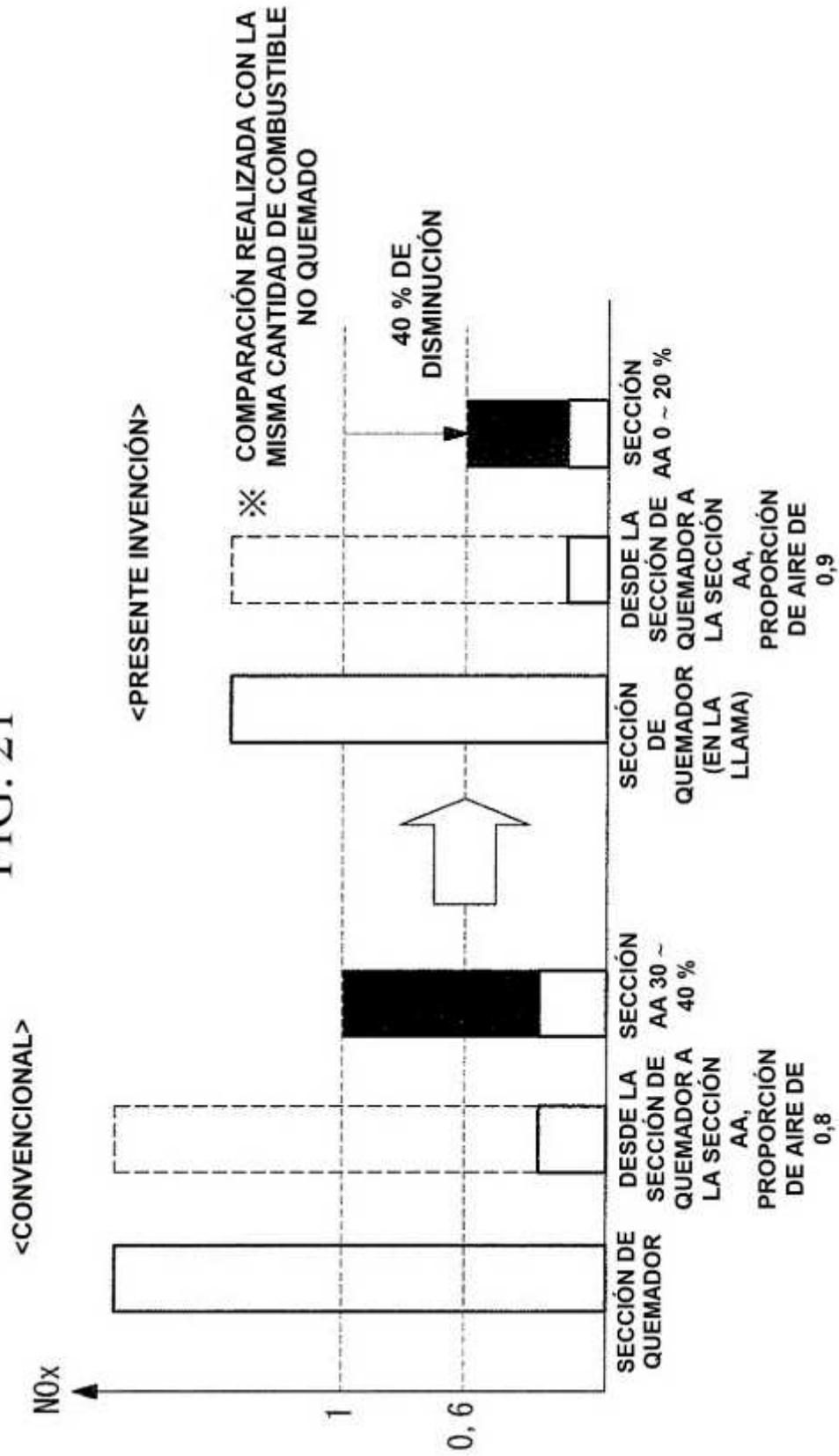


FIG. 22

