

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 616 203**

51 Int. Cl.:

F23C 9/00 (2006.01)

F23L 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.10.2009 E 09174383 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.12.2016 EP 2182279**

54 Título: **Sistema de caldera de oxígeno-combustible y método para controlarlo**

30 Prioridad:

31.10.2008 JP 2008280675

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

09.06.2017

73 Titular/es:

**MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS, LTD.
(100.0%)
3-1, Minatomirai 3-chome
Nishi-ku, Yokohama 220-8401 , JP**

72 Inventor/es:

**SHIBATA, TSUYOSHI;
HAYASHI, YOSHIHARU;
YAMADA, AKIHIRO y
TANIGUCHI, MASAYUKI**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 616 203 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

Sistema de caldera de oxígeno-combustible y método para controlarlo

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un sistema de caldera de oxígeno-combustible y un método para controlarlo.

5 Antecedentes de la invención

Un sistema de generación de energía por caldeo de carbón configurado con una caldera por caldeo de carbón pulverizado y un electrogenerador de turbina de vapor cumple un papel significativo dado el aumento de precio del gas natural y fuentes de energía similares de los últimos años, como resultado de la escasez del suministro de petróleo y de un aumento de la demanda del gas natural.

10 Se han propuesto los sistemas de caldera de oxígeno-combustible como una manera de reducir significativamente las emisiones de CO₂ del sistema de generación de energía por caldeo de carbón.

15 La publicación de solicitud de patente japonesa no examinada n° 2007-147162 describe una tecnología para ajustar la concentración de oxígeno en el gas total introducido en un cuerpo principal de caldera controlando la tasa de flujo de recirculación de gases de escape, para que la cantidad absorbente de calor del cuerpo principal de caldera se convierta en la cantidad absorbente de calor meta.

Sin embargo, en la publicación de solicitud de patente japonesa no examinada n° 2007-147162, no se hace mención alguna a la reducción de NO_x de combustible.

20 En el documento US 2008/160464 A1, se describe un método para generar energía térmica, en donde el método incluye inyectar una corriente que presenta una concentración de al menos 50% de oxígeno (corriente de O₂) en una corriente gas primaria a través de un mezclador, descargando el mezclador la corriente de O₂ mientras dos o más chorros espaciados atraviesan la corriente primaria, enriqueciendo de esta manera la corriente de gas primaria. El método además incluye mezclar combustible con la corriente de gas primaria enriquecida, formando así una corriente de combustible; y haciendo que la corriente de combustible haga combustión, formando así una corriente de gases de combustión.

25 En el documento US 2008/006188 A1, se describe un aparato generador de vapor caldeado por combustible, tal y como una caldera. La caldera puede producir vapor a una tasa más alta que la tasa máxima a la que se puede producir vapor utilizando aire como la única fuente de oxígeno para la combustión, haciendo que el combustible haga combustión con un oxidante que presente un contenido de oxígeno mayor que el aire, pero suministrando el oxidante a un caudal volumétrico menor que la tasa a la que se obtiene la producción de vapor máxima con aire
30 como la única fuente de oxígeno para la combustión.

En vista de lo anterior, un objeto de la presente invención es ofrecer un sistema de caldera de oxígeno-combustible y un método para controlarlo capaz de reducir aún más la cantidad formada de NO_x de combustible.

Compendio de la invención

35 Se ofrece un sistema de caldera de oxígeno-combustible en el que se dispone un puerto de bifurcación de gases de escape corriente abajo de un aparato de extracción de polvo en seco dispuesto en un conducto, y se ofrece un aparato de control de oxígeno para obtener una concentración de oxígeno a ser suministrado a un puerto de gases de explosión menor que la del oxígeno a ser suministrado a un quemador. Más específicamente, la presente invención ofrece un sistema de caldera de oxígeno-combustible, tal y como se describe en la reivindicación 1.

Breve descripción de los dibujos

40 La Figura 1 ilustra una configuración de un sistema de caldera de oxígeno-combustible según una primera realización;

la Figura 2 ilustra una configuración de un sistema de caldera de oxígeno-combustible según una segunda realización;

la Figura 3 ilustra una configuración de un sistema de caldera de oxígeno-combustible según una tercera realización;

45 la Figura 4 ilustra una configuración de un sistema de caldera de oxígeno-combustible según una cuarta realización;

la Figura 5 ilustra un ejemplo de un resultado de un cálculo de temperatura de la zona de combustión reductiva de una caldera en la primera realización; y

la Figura 6 ilustra un ejemplo de un resultado de un cálculo de temperatura de la zona de combustión oxidativa de una caldera en la primera realización.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Los sistemas de caldera de oxígeno-combustible según las realizaciones respectivas se describen a continuación en referencia a los dibujos adjuntos. Sin embargo, la presente invención no está limitada a dichas realizaciones.

El significado de cada número de referencia de la siguiente descripción es:

- 5 1. Caldera, 2: aparato de extracción de NO_x, 3: intercambiador de calor, 4: aparato de extracción de polvo en seco, 5: aparato de desulfuración húmeda, 6: aparato de extracción de polvo en húmedo, 7: enfriador de extracción de humedad, 8: aparato de separación y licuefacción de CO₂, 9: chimenea de descarga, 10: generador de oxígeno, 11: molino de carbón, 12: quemador, 13: puerto de gases de explosión, 14: tubería de suministro de gas de recirculación, 14a: tubería de gas primaria, 14b: tubería de gas secundaria, 14c: tubería de gases de explosión, 15: tubería de transferencia de gas nitrógeno, 16: tubería de suministro de oxígeno, 17: enfriador de extracción de humedad de gases de escape de recirculación, 19: tubería de suministro de carbón, 20: conducto, 21, 21a, 21b: ventilador de recirculación, 22, 22a, 22b: puerto de bifurcación de gases de escape, 23: controlador de flujo de oxígeno y gas de recirculación, 24: analizador de oxígeno, y 25: aparato de control de oxígeno para oxidante.

(Primera realización)

- 15 La Figura 1 ilustra una configuración de un sistema de caldera de oxígeno-combustible. El carbón de combustible se suministra a un molino de carbón 11 mediante un dispositivo de transporte de carbón y se pulveriza hasta un tamaño de partícula apropiado para el caldeo por carbón pulverizado. El carbón pulverizado (carbón en polvo) se suministra a un quemador 12 mediante una tubería de suministro de carbón 19. El molino de carbón 11 se conecta con una tubería de gas primaria 14a que suministra gas de escape de recirculación al molino de carbón 11. Una tubería de suministro de oxígeno 16 se conecta a un punto a lo largo de la tubería de suministro de carbón 19, donde se mezcla el oxígeno según se necesite. Mezclar una cantidad adecuada de oxígeno con el gas de escape de recirculación en la tubería de suministro de carbón 19 tiene el efecto de mejorar el rendimiento de la ignición del carbón en el quemador 12.

- 20 Un generador de oxígeno 10 separa el oxígeno del aire y suministra oxígeno a la tubería de suministro de carbón 19 y tuberías similares a través de la tubería de suministro de oxígeno 16. Una gran cantidad de gas de nitrógeno generado en la separación del oxígeno se difunde desde una chimenea de descarga 9 mediante una tubería de transferencia de gas de nitrógeno 15.

- 25 El quemador 12 está provisto de una tubería de gas secundaria 14b, que es una tubería de suministro de gas de recirculación, y la tubería de suministro de oxígeno 16 se conecta a la tubería de gas secundaria 14b. Además, el quemador 12 expulsa una mezcla de gas del oxígeno suministrado desde la tubería de suministro de oxígeno 16 y el gas de escape de recirculación a un horno. Además, el quemador 12 también expulsa el carbón pulverizado suministrado desde la tubería de suministro de carbón 19 al horno y el carbón pulverizado y la mezcla de gases forman una llama.

- 30 Se dispone un puerto de gas de explosión 13 corriente abajo del quemador 12, y la tubería de suministro de gas de recirculación 14 está conectada al puerto de gases de explosión 13 así como a través de una tubería de gases de explosión 14c. Además, la tubería de suministro de oxígeno 16 también está conectada a la tubería de suministro de gases de explosión 14c. Asimismo, independientemente del quemador 12, el puerto de gases de explosión 13 también alimenta la mezcla de gases del oxígeno y gas de recirculación a un quemador 1.

- 35 El puerto de gases de explosión 13 tiene una función similar a la del puerto de gases de explosión de una caldera por caldeo con aire. Es decir, al regular de manera adecuada las cantidades de flujo de la mezcla de gases y la concentración de oxígeno suministrada al quemador 12 y puerto de gases de explosión 13, se forma una zona de quemado de atmósfera reductiva en la caldera 1, reduciendo así la tasa de conversión del nitrógeno en el carbón a NO_x. Además, debido al oxígeno contenido en el gas suministrado desde el puerto de gases de explosión 13, se forma una zona de quemado de atmósfera oxidativa en la parte superior de la caldera. Además, el chorro que sale desde el puerto de gases de explosión 13 fomenta la mezcla de gases en la caldera y reduce la porción no quemada restante en el gas de escape de la caldera.

- 40 Las tasas de flujo de los gases de escape recirculados suministrados al molino de carbón 11, al quemador 12, y al puerto de gases de explosión 13 pueden regularse de manera independiente mediante un regulador de tasa de flujo fijado a la tubería de gas primaria 14a, la tubería de gas secundaria 14b, y la tubería de gases de explosión 14c, respectivamente. Además, la tubería de suministro de oxígeno 16 también tiene reguladores de flujo separados en sus ramales para regular la cantidad suministrada a los ramales. Estas tres tuberías de suministro de gas de recirculación 14 están conectadas con tuberías de muestreo de gas para medir cada concentración de oxígeno.

- 45 Un aparato de control de oxígeno 25 para oxidante comprende un controlador de flujo de oxígeno y de gas de recirculación 23 y un analizador de oxígeno 24. El analizador de oxígeno 24 siempre puede medir la concentración de oxígeno en la mezcla de gases en cada tubería, mediante una tubería de muestreo de gas. El controlador de flujo de oxígeno y gas de recirculación 23 puede regular la tasa de flujo de gas de recirculación y la tasa de flujo de oxígeno de las tres tuberías de suministro de gas de recirculación 14, de manera independiente. Además, el

controlador de flujo de oxígeno y de gas de recirculación puede controlar automáticamente la concentración de oxígeno utilizando el valor medido de concentración de oxígeno del analizador de oxígeno 24 como una señal de entrada. Es decir, con este controlador, para la mezcla de gases suministrada a la caldera 1 desde la tubería de suministro de carbón 19, la tubería de gas secundaria 14b, la tubería de gases de explosión 14c, se puede determinar/regular de manera independiente la relación de distribución de la cantidad de oxígeno suministrado y la concentración de oxígeno.

El vapor a alta temperatura y presión generado en la caldera 1 se suministra a un sistema generador de turbina de vapor y se convierte en energía eléctrica.

Los gases de escape generados en la caldera 1 se introducen en un conducto 20 y se suministran a un aparato de extracción de NO_x 2, y se reduce el componente de NO_x del gas de escape. En el conducto 20, se provee un sistema de tratamiento de gases de escape que comprende múltiples aparatos que tratan el gas de escape, además del aparato de extracción de NO_x 2. Sin embargo, cuando la cantidad formada de NO_x se puede reducir de manera suficiente mediante una mejora del método de combustión y métodos similares, es posible suprimir el aparato de extracción de NO_x 2. El gas de escape que sale del aparato de extracción de NO_x 2 se suministra a un intercambiador de calor 3 y se reduce la temperatura. El calor recuperado del gas de escape mediante el intercambiador de calor 3 se envía al gas de escape de recirculación suministrado de manera similar al intercambiador de calor 3 para su recirculación hacia la caldera 1 y se evita el deterioro de la eficacia térmica de la planta.

El gas de escape que sale del intercambiador de calor 3 se introduce en un aparato de extracción de polvo en seco 4 y se elimina un 95% o más del componente de polvo.

Se dispone un puerto de bifurcación de gases de escape 22 corriente abajo del aparato de extracción de polvo en seco 4. Una parte de los gases de escape que se extraen del puerto de bifurcación de gases de escape 22 se induce hacia una tubería de suministro de gas de recirculación 14 mediante un ventilador de recirculación 21 y se calienta mediante el intercambiador de calor 3. A continuación, el gas de escape se suministra al molino de carbón 11, el quemador 12 y el puerto de gases de explosión 13, tal y como se describe antes.

El 95% o más del SO₂ del gas de escape no recirculado se extrae mediante un aparato de desulfuración húmeda 5. A continuación, al gas de escape se le extrae el 98% o más del componente de SO₃ mediante un aparato de extracción de polvo en húmedo 6, y el contenido de humedad en el gas de escape se reduce sustancialmente mediante un enfriador de extracción de humedad 7. Además, en la presente realización, con respecto al aparato de extracción para compuestos de polvo y azufre en el gas de escape, tal y como el aparato de extracción de polvo en seco, el aparato de desulfuración húmeda, y el aparato de extracción de polvo en húmedo, quedará a discreción del diseñador si es necesaria la instalación o no, y si fuese preciso modificar la especificación de la tasa de extracción. Además, como alternativa, se puede instalar un aparato con una función similar, tal y como un aparato de desulfuración seco.

La concentración de CO₂ del gas de escape que sale del enfriador de extracción de humedad 7 se convierte aproximadamente en 90% o más. Por lo tanto, un aparato de separación y licuefacción de CO₂ 8 puede separar y licuar CO₂ del gas de escape fácilmente. Además, el CO₂ separado se puede suministrar a un usuario a través de un colector y elemento similar como gas a alta presión. El resto no licuado mediante el aparato de licuefacción y separación de CO₂ 8 se descarga como gas de descarga. Los componentes principales del gas de descarga son nitrógeno y oxígeno, y contienen componentes menores de NO_x y otros similares, y alguna cantidad de CO₂. El gas de descarga se mezcla con una gran cantidad de nitrógeno generado por el generador de oxígeno 10, y se difunde a la atmósfera desde la chimenea de descarga 9.

En la presente memoria se describe el principio básico del sistema de caldera de oxígeno-combustible. Una caldera por caldeo de carbón común utiliza aire como gas oxidante, mientras que la caldera de oxígeno-combustible utiliza la mezcla de gases en la que la porción mayor de gas de escape de combustión se toma de un punto a lo largo del conducto y a continuación se mezcla con oxígeno de alta pureza generado por el generador de oxígeno para regular la concentración de oxígeno como gas oxidante. De este modo se reduce la tasa de flujo de gas de escape final descargado desde la planta a aproximadamente 1/4 en comparación con otros sistemas comunes. Además, debido a que la concentración de CO₂ del gas de escape aumenta enormemente, el CO₂ se puede separar y recuperar del gas de escape con facilidad.

Para el sistema de caldera por caldeo con carbón libre de emisiones de CO₂, los objetivos técnicos principales se resumen a continuación:

- (1) Suprimir la reducción en la eficacia de generación de energía que resulta del consumo de energía del generador de oxígeno y separador de CO₂.
- (2) Establecer un método de control de planta mediante el cual se pueda responder ante situaciones variadas, tal y como encender, detener y cambiar cargas, y llevar a cabo un funcionamiento estable en cooperación con instalaciones periféricas (tal y como, un generador de oxígeno y un separador de CO₂).

(3) Lograr un rendimiento de quemado estable y suprimir la formación de una sustancia nociva a nivel traza al quemar carbón con un gas de mezcla oxidante de gas de escape de recirculación y oxígeno.

(4) Evitar diversos problemas que surgen de concentraciones elevadas de componentes incluidos en diferentes gases de escape que derivan de la introducción de una configuración en la que se hace recircular una gran cantidad del gas de escape.

La presente realización se refiere principalmente al artículo (3) mencionado antes, y su objeto es resolver los problemas relacionados con inhibir la cantidad de formación de NO_x , que es la sustancia nociva a nivel traza. A continuación se describen las características del sistema de caldera de oxígeno-combustible y los problemas relacionados con la reducción de NO_x .

Si el único objeto es la recuperación de CO_2 del gas de escape, quemar carbón exclusivamente con oxígeno es una manera eficaz de conseguirlo. Cuando se quema carbón exclusivamente con oxígeno, los principales componentes del gas de escape son CO_2 y H_2O . Por lo tanto, al separar y extraer el H_2O del gas de escape, por ejemplo, enfriando el gas de escape, se puede recolectar una alta concentración de CO_2 de manera eficaz. Sin embargo, cuando se quema carbón sólo con oxígeno, la temperatura de la llama en combustión es mayor que la de un sistema de caldera por caldeo con aire en 500° o más. Por lo tanto, cuando este caldeo con oxígeno se utiliza en una planta de caldeo con carbón, es necesario que los materiales de metal que constituyen la caldera sean aceros resistentes al calor costosos. Otro problema es que la velocidad del chorro de gas oxidante en el quemador es relativamente baja, dificultando así la formación de una llama estable. Además, la cantidad de gas de escape generado es menor que $1/4$ de aquel generado en el caldeo con aire, y, por lo tanto, la velocidad del gas de escape que fluye a través del tubo de transferencia de calor de la caldera es extremadamente baja. En consecuencia, la eficacia de la transferencia térmica se degrada y la recuperación térmica se vuelve dificultosa.

Para superar dichos problemas, el sistema de caldera de oxígeno-combustible utiliza un sistema de recirculación de gas de escape en el que se recircula una gran cantidad del gas de escape, mezclado con oxígeno, y luego se suministra a la caldera. Específicamente, dicho sistema está diseñado para que la tasa de flujo del gas oxidante suministrado al quemador y la tasa de flujo del gas de escape que fluye a través de la caldera no sea menor que aproximadamente el 70% de la tasa de flujo del aire en una caldera por caldeo con aire. De esta manera, se puede lograr una recuperación térmica y generación de energía de alta eficiencia sin modificar de manera significativa un sistema convencional de caldera por caldeo con aire.

En el sistema de caldera de oxígeno-combustible con dicha configuración básica, los problemas relacionados con la reducción de NO_x son los siguientes.

En el sistema de caldera de oxígeno-combustible, la concentración de nitrógeno (N_2) en el gas de escape se mantiene extremadamente baja. Por lo tanto, el NO_x térmico formado por la reacción de N_2 y oxígeno (O_2) en la zona de temperatura alta en la parte superior de la caldera se suprime en gran medida. Como resultado, la cantidad de formación de NO_x por unidad de cantidad de calor suministrado se puede reducir en comparación con la de la caldera por caldeo con aire. En consecuencia, para reducir aún más la cantidad de formación de NO_x en el sistema de caldera de oxígeno-combustible, se debe reducir la cantidad de formación de NO_x del combustible generado mediante la oxidación de la porción N en el carbón.

La vía de reacción que forma el NO_x de combustible de la porción N en el carbón se considera una reacción de oxidación de amoníaco (NH_3) y cianógeno (HCN) generada a partir del carbón. El mecanismo de la reacción de oxidación del NH_3 y HCN es diferente en la zona de combustión reductiva con concentración de O_2 extremadamente baja y en la zona de combustión oxidativa con alta concentración de O_2 . El radical OH principalmente contribuye con la oxidación en la zona de combustión reductiva, mientras que la oxidación depende del O_2 en la zona de combustión oxidativa. En consecuencia, un punto clave para la reducción de NO_x de combustible es cómo estas tasas de reacción de oxidación se suprimen según la atmósfera de la zona de combustión.

Asimismo, como un factor que afecta la formación de NO_x a partir de NH_3 y HCN , la temperatura de la zona de combustión también es importante junto con la concentración de O_2 y la concentración del radical OH descrita anteriormente. En la zona de combustión reductiva, a medida que la temperatura de combustión aumenta, la tasa de formación de NO_x de combustible se reduce. Se considera la siguiente razón: que la reacción en la que el NO_x generado en la zona de combustión reductiva reacciona con carbón, NH_3 , HCN y sustancias similares de nuevo, y se reduce a N_2 se promueve en un ámbito con mayor temperatura. Por otro lado, en la zona de combustión oxidativa, a medida que la temperatura de combustión disminuye, la tasa de formación de NO_x de combustible se reduce. La razón es que, del NH_3 , el HCN formado en la zona de combustión reductiva en la parte inferior de la caldera, aquellos que permanecen hasta la zona de combustión oxidativa en la parte superior de la caldera se oxidan en esta zona, y la porción N contenida se convierte a NO_x o N_2 , donde, cuando la temperatura de combustión de la zona de combustión oxidativa es más alta, la tasa de conversión del NO_x aumenta, mientras que cuando la temperatura de combustión es más baja, la tasa de conversión a N_2 aumenta.

Para resumir lo anterior, con el fin de que se suprima la formación del NO_x de combustible en el sistema de caldera de oxígeno-combustible, es necesario reducir la concentración del radical OH en la zona de combustión reductiva al

máximo y aumentar la temperatura de combustión. Además, también es necesario reducir la concentración de O₂ en la zona de combustión oxidativa a la vez que se controla que la temperatura de combustión sea menor.

En esta conexión, en la presente realización, el aparato de control de oxígeno 25 para oxidante está provisto de una función para regular la cantidad de gas de recirculación suministrado al molino de carbón 11, que es un aparato de suministro de carbón, quemador 12, y puerto de gases de explosión 13 y para establecer la concentración de O₂ del gas oxidante de manera independiente.

En la caldera por caldeo con carbón del tipo por caldeo con aire, la relación de exceso de aire en la salida de la caldera es de aproximadamente 1,15 y la relación de distribución de la cantidad de aire de combustión suministrada al quemador y la cantidad de aire de combustión suministrado al puerto de gases de explosión es de aproximadamente 0,8:0,35. Por lo tanto, el NO_x y la porción no quemada pueden reducirse con un buen equilibrio. Regular la relación de exceso de aire/relación de distribución de la cantidad de aire de combustión es equivalente a regular la relación de exceso de oxígeno /la relación de distribución del oxígeno contenido en el aire. Por lo tanto, también en la caldera de oxígeno-combustible, es preferible establecer la cantidad de oxígeno suministrado al quemador y la cantidad de oxígeno suministrado al puerto de gases de explosión, así como también la relación de exceso de oxígeno en la salida del horno, utilizando la condición mencionada anteriormente para el caso de caldeo con aire. Es decir, en la presente realización, la cantidad de oxígeno total suministrado al quemador se establece en aproximadamente 1,15 veces de la cantidad de oxígeno requerida para completar la combustión de carbón. Además, la relación de distribución de la cantidad de oxígeno suministrada al quemador 12 y la cantidad de oxígeno suministrada al puerto de gases de explosión 13 es de aproximadamente 0,8:0,35.

Asimismo, el aparato de control de oxígeno 25 para oxidante también tiene la función de regular la cantidad de gas de recirculación suministrada al quemador 12 y al puerto de gases de explosión 13. Además, el aparato de control de oxígeno 25 para oxidante establece la concentración de O₂ del gas oxidante de manera independiente. Específicamente, el aparato de control de oxígeno 25 para oxidante hace que la concentración del oxígeno suministrado al puerto de gases de explosión sea menor que la concentración del oxígeno suministrado al quemador. Respecto de la meta de regulación para la concentración de O₂, los siguientes valores son apropiados.

Es preferible establecer la concentración de O₂ del gas oxidante en la tubería de suministro de carbón 19 y la tubería de gas secundaria 14b conectada al quemador entre 32% y 36%. La Figura 5 ilustra un resultado de cálculo de la temperatura de combustión en la zona de combustión reductiva en la caldera 1, según la presente realización. Para obtener una temperatura de combustión similar a la del caldeo con aire, se necesita la concentración de O₂ de aproximadamente 30%. Además, se descubrió que la temperatura de combustión aumentaba con el aumento de la concentración de O₂ del gas oxidante. Tal y como se describe anteriormente, en la zona de combustión reductiva, la tasa de formación del NO_x del combustible disminuye con el aumento de la temperatura de combustión. Por lo tanto, para poder obtener una llama de temperatura alta estable, la concentración de O₂ debe ser de 32% o más.

Por otro lado, cuando la temperatura de combustión aumenta en 150° o más en comparación con el tiempo del caldeo con aire, surgen problemas en el rendimiento de la resistencia al calor del material del quemador y del tubo de agua de caldera. Por lo tanto, desde este punto de vista, la concentración de O₂ debe ser de 36% o menos. Según el estudio anterior, para reducir la cantidad de formación de NO_x del combustible, la concentración de O₂ del gas oxidante suministrado al quemador se puede establecer dentro del intervalo de aproximadamente 32% y 36%.

A continuación, la concentración de O₂ del gas oxidante en la tubería de gases de explosión 14c conectada al puerto de gases de explosión se puede establecer entre 26% y 28%. La Figura 6 ilustra un resultado de cálculo de la temperatura de combustión en la zona de combustión oxidativa en la caldera 1, según la presente realización. Al establecer la concentración de O₂ en 30%, se puede obtener la temperatura de combustión aproximadamente similar a la del caldeo con aire. Tal y como se describe anteriormente, en la zona de combustión oxidativa, la tasa de formación de NO_x del combustible disminuye con la reducción de la temperatura de combustión. Por lo tanto, para poder obtener un efecto reductor de temperatura estable, la concentración de O₂ debe ser de 28% o menos.

Por otro lado, cuando la temperatura de combustión se reduce en 100° o más, existe el riesgo de que la concentración de la porción no quemada en la salida de la caldera aumente superando el intervalo permitido. Por lo tanto, la concentración de O₂ debe ser de 26% o más. Según el estudio anterior, para reducir la cantidad de formación de NO_x del combustible, la concentración de O₂ del gas oxidante suministrado al puerto de gases de explosión se puede establecer dentro del intervalo de 26% y 28%.

Debido a que el sistema de caldera de oxígeno-combustible libre de emisiones de CO₂ según la presente realización puede reducir la cantidad de formación de NO_x de combustible generado en la combustión, se puede mejorar aún más el efecto de reducción de NO_x. Además, se puede reducir sustancialmente el componente nocivo emitido a la atmósfera. Por lo tanto, los aparatos relacionados con la extracción de NO_x en un sistema de tratamiento de gas de escape se pueden miniaturizar y simplificar sustancialmente, y también se puede reducir el coste de las utilidades de la solución de amoníaco y sustancias similares requeridas para su funcionamiento.

Además, el valor establecido de la concentración de O₂ apropiado también varía según la relación de distribución del oxígeno, la relación de exceso de oxígeno, el tipo de carbón y factores similares. Por lo tanto, el valor establecido se

debe decidir después de evaluar cada caso, y los valores del intervalo establecido de concentración de O₂ apropiado descrito anteriormente no limitan el alcance de la presente invención.

(Segunda realización)

5 La figura 2 ilustra un diagrama esquemático del sistema de caldera de oxígeno-combustible según la presente realización.

Debido a que la presente realización comprende diversas secciones constituidas por aparatos que realizan acciones similares a las de la primera realización, a continuación sólo se describirán los puntos que difieren de la primera realización. Los aparatos que no se describen a continuación tienen un funcionamiento y efecto similar a los de la primera realización.

10 El punto en el que difiere la presente realización de la primera realización es que el puerto de bifurcación de gases de escape 22 está dispuesto corriente abajo del enfriador de extracción de humedad 7, y el gas de escape de recirculación extraído con el polvo y la humedad puede suministrarse a la caldera. El enfriador de extracción de humedad 7 actúa como un aparato de extracción de humedad. En la configuración según la primera realización, la densidad de humedad en el gas de escape de recirculación es de aproximadamente 30%. Por otro lado, en la configuración según la presente realización, la densidad de humedad en el gas de escape de recirculación puede ser del 5% o menos. Debido a que la densidad de humedad en el gas de escape de recirculación disminuye, la cantidad de humedad suministrada desde el quemador también disminuye. Por lo tanto, la concentración del radical OH derivado de la humedad en la zona de combustión reductiva disminuye considerablemente. Tal y como se describe anteriormente, la disminución de la concentración del radical OH en la zona de combustión reductiva es eficaz para la reducción del NO_x de combustible.

Por lo tanto, con la configuración según la presente realización, se puede obtener un efecto de reducción del NO_x mayor que el de la primera realización.

(Tercera realización)

25 La figura 3 ilustra un diagrama esquemático del sistema de caldera de oxígeno-combustible según la tercera realización.

Debido a que la presente realización comprende diversas secciones constituidas por aparatos que realizan acciones similares a las de la primera y segunda realización, a continuación sólo se describirán los puntos que difieren de la primera realización y la segunda realización. Los aparatos que no se describen a continuación tienen un funcionamiento y efecto similar a los de dichas realizaciones.

30 La configuración de la presente realización es similar a la de la primera realización en que el puerto de bifurcación de gases de escape 22 está dispuesto corriente abajo del aparato de extracción de polvo en seco 4 y corriente arriba de los otros aparatos de tratamiento de gases de escape. Sin embargo, la configuración difiere en que la tubería de suministro de gas de circulación 14 se ramifica en dos líneas antes de ingresar al intercambiador de calor 3. De las tuberías de suministro de gas de recirculación que se ramificaron, la primera línea está conectada a la tubería de gas primaria 14a y a la segunda tubería de gas secundaria 14b a través del intercambiador de calor 3 después de que la humedad se extrae del gas a través del enfriador de extracción de humedad 17 del gas de escape de recirculación. De las tuberías de suministro de gas de recirculación que se ramificaron, la segunda línea está conectada a la tubería de gases de explosión 14c a través del intercambiador de calor 3 sin extraer la humedad.

40 Con la configuración según la presente realización, similar a la segunda realización, se reduce sustancialmente la concentración del radical OH en la zona de combustión reductiva. Además, la humedad en el gas de escape de recirculación suministrado al puerto de gases de explosión que no afecta la reducción de NO_x no se extrae. Por lo tanto, la pérdida térmica del gas de escape de recirculación suministrado al puerto de gases de explosión disminuye, y se puede reducir la capacidad total del enfriador de extracción de humedad 7 y el enfriador de extracción de humedad de gas de escape de recirculación 17. Además, cuando el aparato de desulfuración húmeda y el aparato de extracción de polvo en húmedo se disponen como en el caso de la presente realización, la cantidad de gas que fluye desde estos aparatos se convierte en menos de 1/4 de la segunda realización, por lo que los aparatos se pueden miniaturizar.

50 En consecuencia, con la presente realización, se puede realizar el sistema de caldera de oxígeno-combustible que presenta el efecto de reducción de NO_x mayor que el de la primera realización y con la eficacia térmica mejorada y los aparatos miniaturizados en comparación con la segunda realización.

(Cuarta realización)

La figura 4 ilustra un diagrama esquemático del sistema de caldera de oxígeno-combustible según la cuarta realización.

Debido a que la presente realización comprende diversas secciones constituidas por aparatos que realizan acciones

similares a las de la tercera realización, a continuación sólo se describirán los puntos que difieren de la tercera realización. Los aparatos que no se describen a continuación tienen un funcionamiento y efecto similares a los de la tercera realización.

- 5 El punto en que difiere la presente realización de la tercera realización es que el puerto de bifurcación de gases de escape para el gas de recirculación está dispuesto en dos posiciones de un puerto de bifurcación de gases de escape 22a y un puerto de bifurcación de gases de escape 22b. De forma similar a la tercera realización, el puerto de bifurcación de gases de escape 22a está dispuesto inmediatamente después del aparato de extracción de polvo en seco. El gas de escape tomado desde el puerto de bifurcación de gases de escape 22a se envía hacia el lado de la caldera mediante un ventilador de recirculación 21a a través de un intercambiador de calor 3, y sólo se suministra a la tubería de gases de explosión 14c. Además, de forma similar a la segunda realización, el puerto de bifurcación de gases de escape 22b está dispuesto inmediatamente después del enfriador de extracción de humedad 7. El gas de escape tomado desde el puerto de bifurcación de gases de escape 22b se suministra hacia el lado de caldera mediante un ventilador de recirculación 21b a través de un intercambiador de calor 3, y sólo se suministra a la tubería de gas primaria 14a y a la tubería de gas secundaria 14b.
- 10
- 15 Con estas configuraciones, de forma similar a la tercera realización, el efecto de reducción del radical OH en la zona de combustión reductiva se puede obtener sin disponer el enfriador de extracción de humedad de gases de escape de recirculación. Es decir, debido a que no es necesario disponer de los aparatos de extracción de humedad en dos posiciones, se facilita la distribución de los equipos y tuberías; por lo tanto, los aparatos se pueden hacer más simples y menos costosos.
- 20 Según las realizaciones de acuerdo con la presente invención, con una configuración de un sistema de caldera de oxígeno-combustible libre de emisiones de CO₂, se puede lograr una reducción sustancial de la descarga de NO_x mediante aparatos más simples; por lo tanto se puede fomentar la divulgación de la generación de energía libre de emisiones de CO₂, contribuyendo con la disminución del calentamiento global.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de caldera de oxígeno-combustible que comprende:
un generador de oxígeno (10) para separar el oxígeno del aire;
un molino de carbón (11) para secar y pulverizar carbón;
- 5 un quemador (12) para quemar el carbón secado y pulverizado con oxígeno generado en el generador de oxígeno (10);
un puerto de gases de explosión (13) en el que se suministra el oxígeno generado en el generador de oxígeno (10);
una caldera (1) provista del quemador (12) y el puerto de gases de explosión (14) en su pared;
un conducto (20) que introduce un gas de escape de combustión desde la caldera (1) afuera de la caldera;
- 10 una tubería de suministro de gas de recirculación (14) que presenta un puerto de bifurcación de gases de escape (22) dispuesto a mitad de camino del conducto (20) y suministrar el gas de escape de recirculación al molino de carbón (11), al quemador (12), y al puerto de gases de explosión (13); y
una tubería de suministro de oxígeno (16) que suministra oxígeno desde el generador de oxígeno (10) al quemador (12) y al puerto de gases de explosión (13), caracterizado porque
- 15 la tubería de suministro de gas de recirculación (14) tiene reguladores de flujo separados que regulan las tasas de flujo del gas de escape de recirculación suministrado al molino de carbón (11), al quemador (12) y al puerto de gases de explosión (13) de manera independiente,
la tubería de suministro de oxígeno (16) tiene reguladores de flujo separados que regulan las tasas de flujo del oxígeno suministrado al quemador (12) y al puerto de gases de explosión (13) de manera independiente,
- 20 en donde el puerto de bifurcación de gases de escape (22) se dispone corriente abajo del aparato de extracción de polvo en seco (4) dispuesto en el conducto (20), y
se provee un aparato de control de oxígeno (25) caracterizado porque dicho aparato de control de oxígeno (25) está adaptado para establecer una concentración de oxígeno suministrado desde el generador de oxígeno (10) al puerto de gases de explosión (13) en un intervalo de entre 26% y 28%, y para hacer que la concentración de oxígeno que se suministrará al puerto de gases de explosión (13) sea menor que la del oxígeno que se suministrará desde el generador de oxígeno (10) al quemador (12).
- 25
2. El sistema de caldera de oxígeno-combustible según la Reivindicación 1, en donde el puerto de bifurcación de gases de escape (22) está dispuesto corriente abajo del aparato de extracción de polvo en seco (4) y corriente abajo de un enfriador de extracción de humedad (7)
- 30
3. El sistema de caldera de oxígeno combustible según la Reivindicación 1,
en donde el puerto de bifurcación de gases de escape (22) se dispone corriente abajo del aparato de extracción de polvo en seco (4) y corriente arriba de un primer enfriador de extracción de humedad, y
se provee un segundo enfriador de extracción de humedad a mitad de camino de la tubería de suministro de gas de recirculación (14).
- 35
4. El sistema de caldera de oxígeno combustible según la Reivindicación 1, que además comprende:
un primer puerto de bifurcación de gases de escape dispuesto en el conducto (20) y dispuesto corriente abajo de un aparato de extracción de polvo en seco (4) y un segundo puerto de bifurcación de gases de escape en el conducto (20) y dispuesto corriente abajo de un enfriador de extracción de humedad (7);
la tubería de suministro de gas de recirculación (14) que incluye una primera línea que suministra gas de escape tomado desde el primer puerto de bifurcación de gases de explosión (13) y una segunda línea que suministra gases de escape tomados desde el segundo puerto de bifurcación de gases de escape hacia el quemador (12).
- 40
5. Un método para controlar un sistema de caldera de oxígeno-combustible que comprende:
un generador de oxígeno (10) para separar el oxígeno del aire;
un molino de carbón (11) para secar y pulverizar carbón;
- 45 un quemador (12) para quemar el carbón secado y pulverizado con oxígeno generado en el generador de oxígeno (10);

ES 2 616 203 T3

- un puerto de gases de explosión (13) en el que se suministra el oxígeno generado en el generador de oxígeno (10);
- una caldera (1) provista del quemador (12) y el puerto de gases de explosión (14) en su pared;
- un conducto (20) que introduce un gas de escape de combustión desde la caldera (1) hacia afuera;
- 5 una tubería de suministro de gas de recirculación (14) que presenta un puerto de bifurcación de gases de escape (22) dispuesto a mitad de camino del conducto (20) y que suministra el gas de escape de recirculación al molino de carbón (11), el quemador (12) y al puerto de gases de explosión (13); y
- una tubería de suministro de oxígeno (16) que suministra oxígeno desde el generador de oxígeno (10) hacia las tuberías que suministran gases de escape al molino de carbón (11), el quemador (12) y el puerto de gases de explosión (13) mediante la tubería de suministro de gas de recirculación (14), en donde
- 10 la tubería de suministro de gas de recirculación (14) tiene reguladores de flujo separados que regulan las tasas de flujo del gas de escape de recirculación suministrado al molino de carbón (11), al quemador (12) y al puerto de gases de explosión (13) de manera independiente,
- la tubería de suministro de oxígeno (16) tiene reguladores de flujo separados que regulan las tasas de flujo del oxígeno suministrado al quemador (12) y el puerto de gases de explosión (13) de manera independiente,
- 15 en donde el método comprende las etapas de:
- tomar el gas de escape del aparato de extracción de polvo en seco (4) corriente abajo dispuesto en el conducto (20);
- 20 caracterizado porque se establece una concentración de oxígeno suministrado desde el generador de oxígeno (10) al puerto de gases de explosión (13) en un intervalo de entre 26% y 28% mediante el aparato de control de oxígeno (25), y porque se hace que la concentración de oxígeno que se suministrará al puerto de gases de explosión (13) sea menor que la del oxígeno que se suministrará desde el generador de oxígeno (10) al quemador (12).

FIG. 1

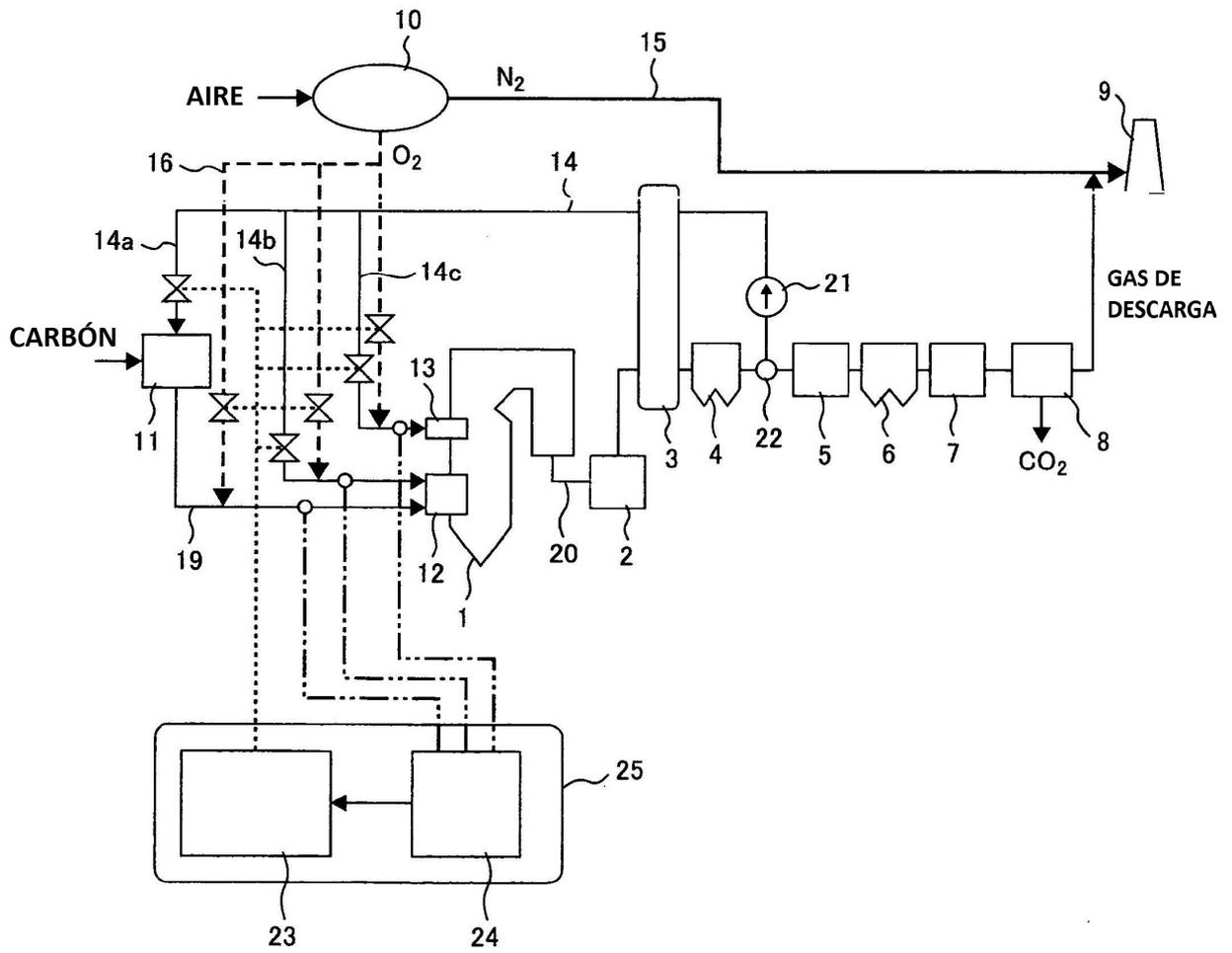


FIG. 2

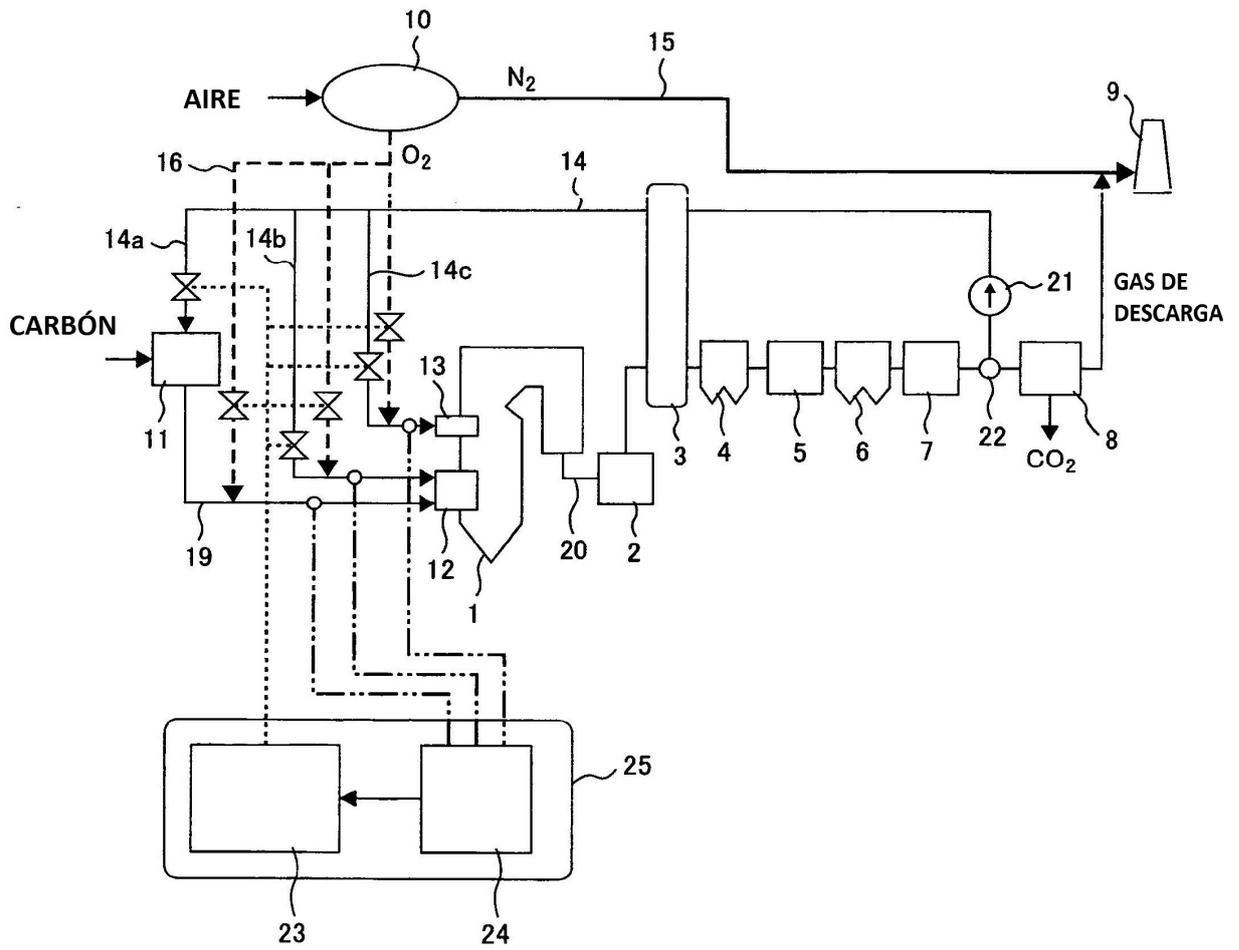


FIG. 3

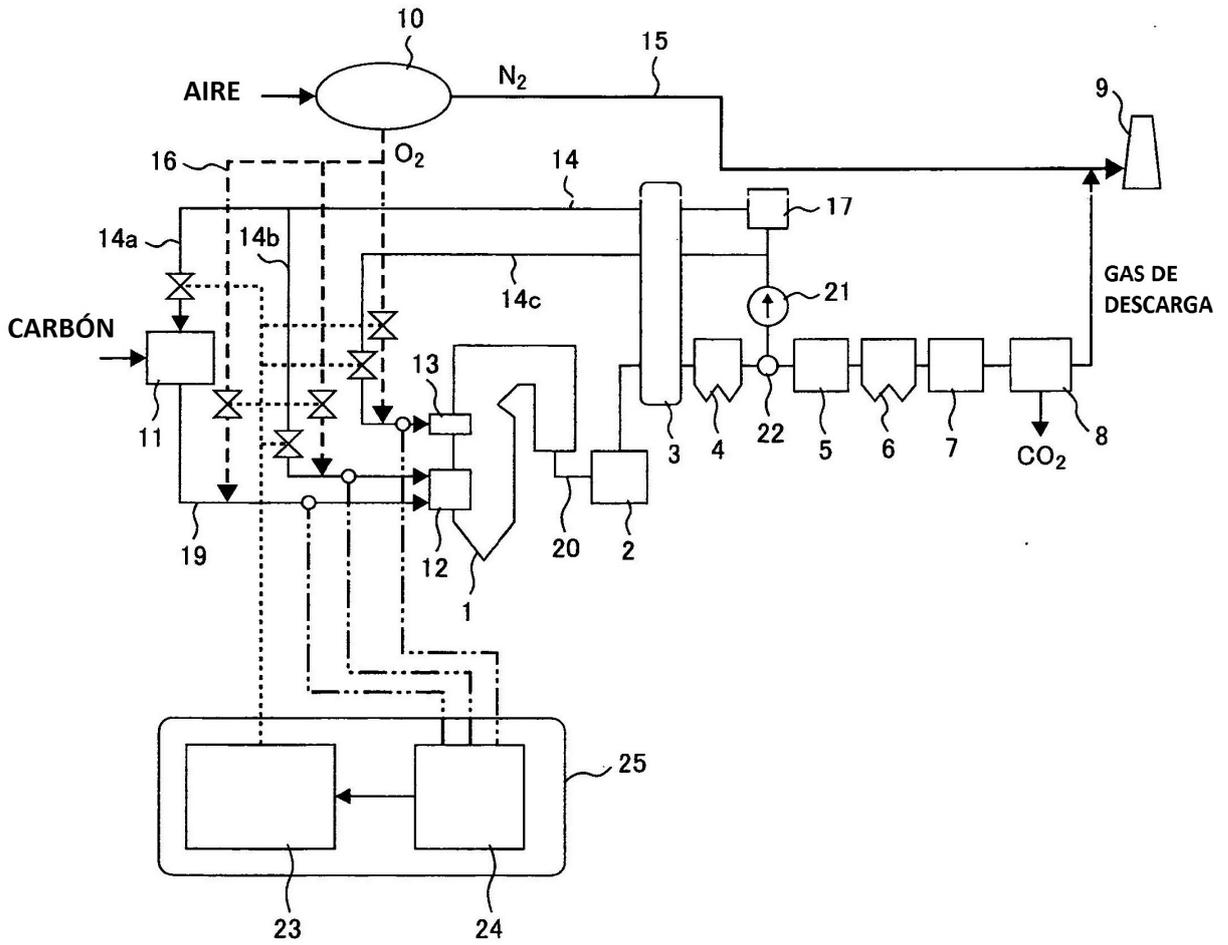


FIG. 4

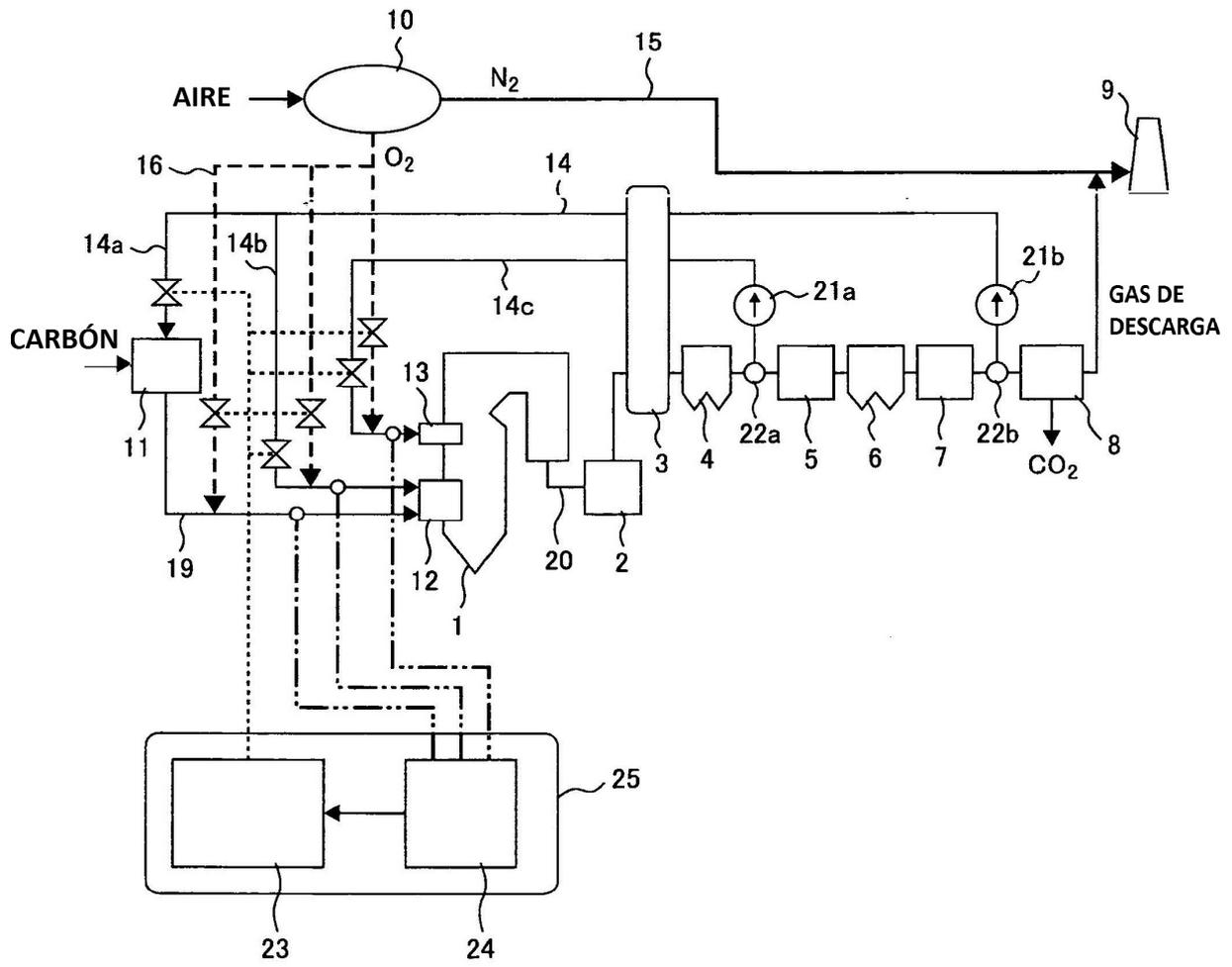


FIG. 5

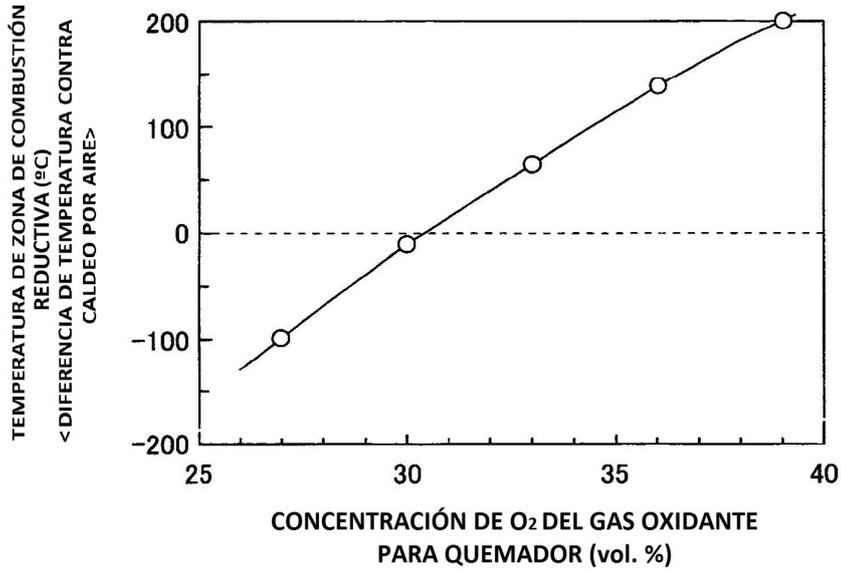


FIG. 6

