

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 578 517**

51 Int. Cl.:

F01K 13/02 (2006.01)
F22B 35/00 (2006.01)
F22B 35/18 (2006.01)
F23L 7/00 (2006.01)
F23N 1/04 (2006.01)
F23N 5/00 (2006.01)
F23C 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.10.2009 E 09013436 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.05.2016 EP 2450534**

54 Título: **Caldera de oxcombustible y procedimiento para su control**

30 Prioridad:

27.10.2008 JP 2008275034

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

27.07.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 578 517 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

Caldera de oxcombustible y procedimiento para su control

Antecedentes de la invención**Campo de la invención**

- 5 La presente invención se refiere a una planta térmica de carbón que con ayuda de la captura y el almacenamiento de dióxido de carbono y que específicamente se refiere a una caldera de oxcombustible adecuado para captura y almacenamiento de dióxido de carbono en centrales térmicas, y a un método para controlar la caldera de oxcombustible.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 Como contramedidas frente al calentamiento global, se han introducido activamente en todo el mundo esfuerzos para reducir emisiones de CO₂ (dióxido de carbono), que es uno de los gases de combustibles industriales que se emplean activamente en todo el mundo. Una planta de energía térmica es una de tales facilidades que emiten una gran cantidad de CO₂ y, en particular, una central térmica de carbón equipada con una caldera de carbón para quemar carbón, que contiene una gran cantidad de carbón y genera un gran cantidad de CO₂ en el gas resultante de la combustión, emite la mayor cantidad de CO₂ por electricidad generada, requiriéndose por tanto, que se establezcan urgentes medidas para la reducción de CO₂.

- 15 Además del aumento de eficiencia en la generación de energía, las medidas de reducción de la cantidad de CO₂ en la central térmica de carbón, la planta térmica de carbón incluye la separación de dióxido de carbono y la captura y el almacenamiento de dióxido de carbono del gas de combustión efluente generado en la caldera. La separación y captura y almacenamiento de dióxido de carbono es un proceso en el que sólo se separa CO₂ del gas de combustión generado en la planta térmica, comprimido, licuado, y luego el CO₂ licuado se envía a través de tuberías y se almacena enterrado.

- 20 Los procedimientos para la separación y la captura y almacenamiento del gas de combustión efluente aplicado a una central térmica de carbón se pueden clasificar aproximadamente en tres categorías. (1) de precombustión, (2) postcombustión y (3) de oxcombustión.

25 La precombustión de (1) es un método de captura y almacenamiento de dióxido de carbono de una mezcla de gas H₂ (hidrógeno) y CO₂ obtenida por reacción entre carbón y vapor de agua por un método de absorción física o similar y usando el H₂ remanente como combustible. Puesto que el combustible es H₂, la combustión del combustible no generará CO₂.

- 30 La postcombustión de (2) es un método de utilización de la técnica de separación con membrana o similar para capturar y almacenar dióxido de carbono del gas de combustión efluente obtenido por combustión de carbón en aire atmosférico ordinario (denominado combustión en aire). En este caso, los componentes principales del gas de combustión efluente son N₂ (nitrógeno) contenido en el aire y CO₂ generado por combustión, y esos componentes se separan, siendo capturado y almacenado sólo el CO₂.

- 35 A diferencia con los métodos antes mencionados de separación de dióxido de carbono y de captura y almacenamiento, la combustión de oxcombustible en el método (3) está configurada de manera que el oxígeno se separa del aire y el oxígeno puro separado se suministra a una caldera de carbón para quemar carbón combustible de manera que la caldera de carbón se puede usar como caldera de oxcombustible; luego parte del gas de combustión efluente (cuyo componente principal es CO₂) generado por carbón de combustión en la caldera de oxcombustible se mezcla con oxígeno puro y el gas mezclado se suministra a la caldera de oxcombustible como gas oxidante, quemando carbón.

- 40 Puesto que el gas de combustión efluente generado en la caldera que quema aire contiene una gran cantidad de nitrógeno (N₂), es necesario separar dióxido de carbono (CO₂) del gas de combustión efluente descargado de la caldera que quema aire. Sin embargo, a causa de que la mayor parte de los componentes del gas de combustión efluente generado en la caldera es CO₂, se puede capturar directamente el CO₂ y almacenarlo sin una etapa de separación de CO₂ del gas efluente.

45 La razón de por qué se mezcla CO₂ con oxígeno para formar el gas oxidante suministrado a la caldera de oxcombustible es inhibir el aumento de la temperatura del quemado con llama en la caldera de carbón.

- 50 A causa de que la temperatura de quemado con llama en la caldera de carbón es alta durante la combustión en la que solamente se suministra oxígeno a la caldera de carbón para quemar carbón en polvo (combustión con oxígeno puro) es necesario emplear acero resistente al calor, caro, como material de la caldera y que disminuye el caudal del gas oxidante soplado a través de un quemador localizado en la caldera de carbón, lo que dificulta la formación de la llama. Por tanto, no se emplea en la caldera de carbón la combustión con oxígeno puro.

5 Cuando se retroconvierte una caldera de carbón del tipo combustión con aire en un tipo de combustión con oxígeno debido a las circunstancias anteriores, si se puede hacer que el balance de la cantidad de absorción de calor en la combustión con oxígeno sea equivalente al balance de la cantidad de absorción de calor en la combustión con aire, no es necesaria la retroconversión para cambiar la zona de transferencia de calor, lo que puede disminuir significativamente los costes de retroajuste de la caldera.

10 Como se ha señalado antes, a causa de que la caldera de oxicombustible puede cambiar el balance de la cantidad de absorción de calor en los intercambiadores de calor y la cantidad entera de almacenamiento de calor en la caldera por ajuste de la concentración de oxígeno contenido en el gas oxidante, puede tenerse en cuenta la idea de adoptar un método de control que pueda crear un estado similar al de combustión con aire aprovechando esa característica.

15 Por ejemplo, en un método de control considerado en la patente japonesa abierta para conocimiento público nº, 2007-147162, se ajusta la concentración de oxígeno contenido en el gas oxidante estableciendo previamente un valor diana de la cantidad de almacenamiento de calor en la caldera de acuerdo con un requerimiento de carga y controlando la cantidad de gas efluente en circulación de manera que la cantidad real de almacenamiento de calor se convierta en el valor diana. El valor diana se fija para que sea equivalente a la cantidad diana de almacenamiento de calor predeterminado en una caldera de quema con aire existente. También se fija para un requerimiento de carga preestablecido para la cantidad de suministro de oxígeno.

(Documento de Patente 1). Patente Japonesa abierta a conocimiento público nº. 2007-147162)

Sumario de la invención

20 Sin embargo, en el método de control de una caldera de oxicombustible en la que se quema oxígeno en una caldera de carbón, como se describe en la Patente Japonesa abierta a conocimiento público nº. 2007-147162, la cantidad de oxígeno suministrado a la caldera de carbón se controla para que sea un valor prefijado de acuerdo con una carga de caldera, y también se controla la cantidad de gas de tubería circulante de manera que la cantidad de almacenamiento de calor en la caldera llegue a ser equivalente a la de una caldera de quema con aire existente. Por ello, si la concentración de oxígeno suministrado a la caldera de carbón se modifica controlando la cantidad de oxígeno como se ha establecido antes, la temperatura del gas en un horno de la caldera de carbón también cambiará.

30 Por esta razón, si la concentración de oxígeno suministrado a la caldera de carbón se aumenta de manera que la cantidad de almacenamiento de calor en la caldera satisfaga el valor diana equivalente al de una caldera de quema con aire existente, la temperatura del gas en el horno de la caldera de carbón también aumenta, lo que puede dar por resultado que se exceda el punto límite de diseño o un margen insuficiente para el punto límite.

35 Además, cuando disminuye la eficiencia de almacenamiento de calor en la caldera de carbón debido al deterioro con la edad, se realiza un control para aumentar la concentración del oxígeno suministrado para compensar la disminución de la eficiencia de almacenamiento de calor de la caldera. Por tanto, de conformidad con lo anterior la temperatura en el horno de la caldera de carbón aumenta también, y la resistencia térmica del material de la caldera de carbón se deteriora más.

Además, se diseña que la temperatura del gas a la salida del horno se mantenga en el punto de fusión de la ceniza o más baja para impedir la escorificación en la superficie de transferencia de calor trasera. Sin embargo, a medida que la concentración del oxígeno suministrado aumenta, disminuirá el margen para la restricción.

40 Un objetivo de la presente invención es proporcionar una caldera de oxicombustible y un método para controlar la caldera de oxicombustible que puede reducir el coste de retroajuste necesario para convertir una caldera de carbón que funciona como un caldera de oxicombustible existente, que evita el deterioro y la escorificación de la caldera por efecto del gas de alta temperatura y funciona establemente y de forma fiable durante largos períodos de tiempo.

45 En un aspecto de la presente invención, una caldera de oxicombustible que tiene un horno configurado de manera tal que oxígeno separado del aire se mezcla con una porción de gas de combustión incorporado de un gas de combustión efluente descargado de la caldera, que quema carbón para combustión para generar vapor de agua a suministrar a un equipo que demanda vapor con el fin de formar gas oxidante para quemar carbón, y se suministra el gas oxidante a caldera, caracterizado porque:

50 la caldera de oxicombustible comprende además: un aparato de separación de oxígeno para producir oxígeno por separación de oxígeno del aire, un ventilador de recirculación para suministrar una porción de gas de combustible de tubería tomado del gas de combustión de tubería descargado de la caldera a la caldera de oxicombustible, un sensor de temperatura dispuesto en una salida de horno en la caldera de oxicombustible para detectar la temperatura del gas de combustión de tubería, y un aparato de control para calcular la temperatura del gas del gas de combustión de tubería a la salida de la caldera de la temperatura del gas del gas de combustión de tubería a la salida de la caldera detectada por el sensor de temperatura y controlar el estado operativo del ventilador de

circulación de manera que la temperatura a la salida del horno sea una temperatura de prefijación del gas deseada.

5 En otro aspecto de la presente invención, una caldera de oxicombustible que tiene configurado un horno de manera tal que oxígeno separado del aire se mezcla con una porción de gas de combustión efluente incorporado del gas de combustión de tubería descargado de la caldera, que quema carbón combustible para generar vapor de agua a suministrar a un equipo que lo necesita con el fin de formar gas oxidante para quemar carbón, suministrando el gas oxidante a la caldera, caracterizado porque:

10 la caldera de oxicombustible comprende además: un aparato de separación de oxígeno para producir oxígeno por separación del aire, un ventilador de recirculación para suministrar una porción de gas de combustión de tubería procedente del gas de combustión de tubería descargado desde la caldera a la caldera de oxicombustible,

15 un sensor de temperatura y un sensor de oxígeno dispuestos en una salida de caldera en la caldera de oxicombustible para detectar la temperatura y la concentración de oxígeno del gas de combustión de tubería, un aparato de control para calcular la temperatura del gas del gas de combustión de tubería a la salida del horno en la caldera de la temperatura del gas de combustión efluente detectada por el sensor de temperatura y controlar el estado operativo del ventilador de circulación de manera tal que la temperatura del gas calculada del gas de combustión efluente a la salida del horno sea una temperatura del gas deseada, y el aparato de control controla el estado operativo del aparato de separación de oxígeno a la salida de la caldera detectada por el sensor de oxígeno sea una temperatura deseada a prefijar del gas.

20 En otro aspecto de la presente invención, un método de control de una caldera de oxicombustible que tiene un horno configurado de forma tal que oxígeno separado del aire se mezcla con una porción de gas de combustión de tubería tomado del gas de combustión de tubería descargado de una caldera, que quema carbón de combustible para generar vapor de agua a suministrar a un equipo que necesita vapor de agua, como puede ser para formar gas oxidante para quemar carbón, suministrando el gas oxidante a la caldera, caracterizado porque

25 el procedimiento de control de la caldera de oxicombustible comprende además las etapas de: mezcla de oxígeno en un gas oxidante suministrado a la caldera, producido por separación del aire con un aparato de separación de oxígeno, gas de combustión efluente mezclado suministrado a la caldera como porción del gas de combustión efluente descargado, que es una porción del gas oxidante suministrado a la caldera, descargado de la caldera, por un ventilador de recirculación,

30 el gas oxidante que es una mezcla del oxígeno producido por el aparato de separación de oxígeno y el gas de combustión de tubería suministrado por el ventilador de recirculación se suministra a la caldera de oxicombustible a usar para quemar carbón en la caldera de oxicombustible, la temperatura del gas del gas de combustión de tubería a una salida de horno en la caldera se calcula por un aparato de control de la temperatura del gas del gas de combustión de tubería en la salida de la caldera detectada por un sensor de temperatura dispuesto a la salida de la caldera en la caldera de oxicombustible, regulándose la cantidad del gas de combustión de tubería suministrado por el ventilador de recirculación por el aparato de control de manera que la temperatura del gas de combustión de tubería calculada del gas de combustión de tubería a la salida del horno sea una temperatura del gas a prefijar deseada.

35 En otro aspecto de la presente invención, un método de control de una caldera de oxicombustible que tiene configurado un horno de manera tal que oxígeno separado del aire se mezcla con una porción de gas de combustión de tubería incorporado del gas de combustión de tubería descargado de una caldera, que quema carbón de combustible para generar vapor de agua a suministrar a un equipo de necesita vapor de agua, como puede ser para formar gas oxidante para quemar carbón, suministrando el gas oxidante a la caldera, caracterizado porque

40 el método de control de la caldera de oxicombustible comprende además las etapas de: se produce oxígeno mezclado como gas oxidante suministrado a la caldera por separación de oxígeno del aire por un aparato de separación de oxígeno, siendo suministrado por el ventilador de recirculación el gas de combustión de tubería mezclado como el gas oxidante a la caldera de oxicombustible que es una porción del gas de combustión de tubería descargado de la caldera a usar para quemar carbón en la caldera de oxicombustible, la temperatura del gas del gas de combustión de tubería a la salida del horno en la caldera la calcula un aparato de control de la temperatura del gas del gas de combustión de tubería a la salida de la caldera detectada por un sensor de temperatura dispuesto a la salida de la caldera en la caldera de oxicombustible, la cantidad del gas de combustión de tubería suministrado por el ventilador de recirculación se regula con el aparato de control de manera que la temperatura del gas calculada del gas de combustión de tubería a la salida del horno sea una temperatura deseada del gas a prefijar, y la cantidad de oxígeno suministrado desde el aparato de separación de oxígeno la regula el aparato de control de manera que la concentración de oxígeno a la salida de la caldera, detectada por el sensor de oxígeno dispuesto a la salida de la caldera en la caldera de oxicombustible sea una concentración de oxígeno a prefijar deseablemente.

De acuerdo con la presente invención, es posible reducir el coste de retroajustes para convertir una caldera de aire existente que quema carbón en una caldera de oxcombustible y prevenir que la caldera de oxcombustible se deteriore o escorifique debido al gas a alta temperatura y, consecuentemente, se puede lograr una caldera de oxcombustible fiable que puede funcionar establemente durante un tiempo largo y un método para controlar la caldera de oxcombustible

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama esquemático que muestra una planta térmica de carbón equipada con una caldera de oxcombustible que es una realización de la presente invención.

La Figura 2 es una vista esquemática en sección transversal que muestra la configuración de una caldera de oxcombustible de acuerdo con una realización presentada en la Figura 1.

La Figura 3 es un diagrama de bloque de control que muestra la configuración de un aparato de control que controla la caldera de oxcombustible en sección transversal de acuerdo con una realización presentada en la Figura 1.

Descripción detallada de las realizaciones preferentes

Se explicarán seguidamente una caldera que es una realización de la presente invención y un método de control de la caldera de oxcombustible haciendo referencia a los dibujos.

Realización 1

La Figura 1 es un diagrama esquemático que muestra la configuración de una planta térmica de carbón adecuada para la captura y el almacenamiento de dióxido de carbono, equipada con una caldera de oxcombustible que es una realización de la presente invención.

En la Figura 1, la planta térmica de carbón está equipada con una caldera de oxcombustible 1 que tiene un horno que usa carbón en polvo como combustible y que quema el carbón pulverizado con oxígeno suministrado separadamente por una caldera de carbón. La estructura de la caldera de oxcombustible 1 es la misma que la de una caldera con aire ordinario como comburente que tiene un horno que suministra carbón en polvo como combustible y que quema con aire suministrado el carbón en polvo.

El carbón combustible se pulveriza con un aparato de suministro de carbón 2 y el carbón en polvo se suministra desde el aparato 2 de suministro de carbón a través de una tubería 3 al horno de la caldera de oxcombustible 1 y se quema junto con el oxígeno suministrado separadamente.

El gas de combustión de tubería generado por combustión del carbón de combustible en polvo en la caldera de oxcombustible 1 se introduce como gas de combustión de tubería desde el horno de la caldera de oxcombustible 1 a través de una tubería 41 de gas de combustión de tubería a un aparato de desnitración 4 dispuesto corriente abajo de la caldera de oxcombustible 1, y la concentración del óxido de nitrógeno (NO_x) contenido en el gas de combustión de tubería descargado de la caldera de oxcombustible 1 se reduce a un valor deseado.

El gas de combustión de tubería que fluye descendiendo a través del aparato de desnitración 4 se introduce por la tubería 41 del gas de combustión de tubería a un precalentador de oxígeno 5 dispuesto corriente abajo del aparato 4 de desnitración, y el precalentador de oxígeno 5 usa el calor del gas de combustión de tubería que fluye hacia abajo para ser suministrado a la caldera de oxcombustible 1.

El gas de combustión de tubería que fluye descendiendo a través del precalentador 5 se introduce por la tubería 41 del gas de combustión de tubería a un colector de polvo fino 6 dispuesto corriente abajo del precalentador 5, y el colector de polvo fino 6 elimina polvo fino contenido en el gas de combustión de tubería.

Además, el gas de combustión de tubería que fluye en descenso a través del colector 6 se introduce a través de la tubería 41 del gas de combustión de tubería a un aparato de desulfuración 7 dispuesto aguas abajo del colector de polvo 6 y el aparato de desulfuración 7 reduce la concentración de óxido de azufre (SO_x) contenido en el gas de combustión de tubería a un valor deseado.

La caldera de oxcombustible 1 está equipada con una pluralidad de intercambiadores de calor (no representados) que son calentados por el gas de combustión efluente que desciende por la caldera de oxcombustible 1, generándose así vapor de agua.

Luego se suministra vapor de agua a alta presión, generado en los intercambiadores de calor de la caldera de oxcombustible 1, desde la caldera de oxcombustible 1 pasando por una tubería de vapor 31 a una turbina de vapor de agua a alta presión 8, que forma parte de una unidad 50 de turbina de vapor de agua que es un equipo de requiere vapor de agua, accionando la turbina 8 de vapor de agua de alta presión. El volumen del caudal de vapor de agua a presión suministrado de la caldera de oxcombustible 1 a la turbina 8 de vapor de agua a alta presión se controla con una válvula de control 10 suministrado en la tubería de vapor de agua 31.

- 5 El vapor de agua descargado después de accionar la turbina de agua 8 de alta presión, se suministra a través de una tubería de vapor de agua 33 a los intercambiadores de calor dispuestos en la caldera de oxcombustible 1 y vapor de agua a baja presión, alta temperatura, generado en los intercambios de calor calentado nuevamente por el gas de combustión de tubería que fluye en descenso a través de la caldera 1 de oxcombustible se suministra desde la caldera de oxcombustible 1 por una tubería de vapor de agua 32 a la turbina 9 de vapor de agua a baja presión formando parte de la caldera de oxcombustible 1 por un tubería de vapor de agua 32 a la turbina 9 de vapor de agua a baja presión formando parte de la unidad 50 de turbina de vapor de agua, accionando así la turbina 9 de vapor de agua a baja presión.
- 10 La unidad 50 de turbina de vapor de agua está equipada con un generador 11 que gira por la acción de la turbina 8 de vapor de agua a alta presión y la turbina 9 de vapor de agua a baja presión, generando energía eléctrica. Luego se introduce vapor de agua, descargado después de accionar la turbina 9 de baja presión, por una tubería de vapor de agua 34, a un condensador 12 y se enfría para convertirlo en agua condensada.
- 15 Agua condensada por el condensador 12 se bombea con una bomba 13 de suministro de agua situada en la tubería 35 de suministro de agua y luego se suministra a los intercambiadores de calor, no representados, de la caldera de oxcombustible 1 como agua de suministro.
- 20 La caldera 1 de oxcombustible está equipada con un sensor de temperatura 14a y un sensor de temperatura 14b que miden la temperatura del gas de combustión de tubería y la concentración de oxígeno en el gas de combustión de tubería, respectivamente. La planta de energía térmica de carbón equipada con la caldera de oxcombustible 1 tiene un aparato de control 150 para realizar varias operaciones de control.
- 25 Aquí, en una planta actual de energía térmica de carbón, diversos dispositivos importantes diferentes de la caldera de oxcombustible tienen también diversos sensores para medir cantidades varias, y el aparato de control 150 transmite señales de control para operar los dispositivos principales sobre la base de las cantidades de la situación en la planta medidas por diversos sensores dispuestos en los dispositivos principales que forman la planta de energía térmica de carbón. Así, la planta de energía térmica de carbón funciona con este procedimiento.
- 30 La Figura 1, muestra principalmente la configuración relacionada con el funcionamiento de la caldera de oxcombustible 1 en la planta de energía térmica de carbón de acuerdo con esta realización, omitiéndose otras porciones de la configuración.
- 35 Además, otros dispositivos importantes que forman parte de la antes mencionada planta de energía térmica de carbón son dispositivos proporcionados también en una planta de energía térmica de calor equipada con una caldera que quema con aire ordinario (el precalentador de oxígeno 5 se denomina un precalentador de aire en una planta ordinaria de energía térmica de carbón porque el precalentador calienta aire suministrado a una caldera que funciona con aire como comburente).
- 40 En una planta de energía térmica de carbón equipada con una caldera 1 de oxcombustible de acuerdo con esta realización como se muestra en la Figura 1, se dispone de un aparato 21 de enfriamiento y deshumidificación, que elimina agua al enfriar gas eluyente en descenso a través del aparato 7 de desulfuración dispuesto en el conducto 41 de gas de combustión de tubería, localizado en el lado corriente abajo del aparato de desulfuración 7
- 45 El gas de combustión de tubería (principalmente CO₂) que fluye descendiendo por el aparato de enfriamiento y humidificación 21 y que pasa a través de procedimientos de eliminación de polvo, desnitración, desulfuración y deshumidificación se introduce por la tubería 41 de gas de combustión de tubería en una unidad de licuefacción de dióxido de carbono 22 dispuesta corriente abajo del aparato 21 de enfriamiento u humidificación y luego, se separa CO₂ contenido en el gas de combustión de tubería, se comprime y licuefacta en la unidad 22 de licuefacción.
- 50 El CO₂ licuado, comprimido y licuefactado por la unidad de licuefacción 22 se envía desde la unidad de licuefacción 22 de dióxido de carbono por una tubería 42 de captura y almacenamiento de dióxido de carbono a un dispositivo de almacenamiento, no representado, y se almacena en él.
- 55 Se dispone de un aparato 23 de separación de oxígeno que separa oxígeno (O₂) y nitrógeno (N₂) incorporados de la atmósfera. Se suministra oxígeno separado por el aparato de separación de oxígeno 23 por una tubería 24 de suministro de nitrógeno a la caldera 1 de oxcombustible, se mezcla con gas de combustión de tubería formando gas oxidante y el gas oxidante quema carbón en polvo suministrado a través del conducto 3 de suministro de carbón en la caldera 1 de oxcombustible.
- La tubería 24 de suministro de oxígeno se diseña para suministrar oxígeno puro suministrado por el aparato 23 de separación de oxígeno u oxígeno (que contiene un rastro de nitrógeno o similar como impurezas) mediante un precalentador de oxígeno 5 a la caldera 1 de oxcombustible. Por tanto, se precalienta el oxígeno puro u oxígeno en el precalentador 5 de oxígeno por el gas de combustión de tubería que fluye en descenso por la tubería 41 de gas de combustión de tubería, posteriormente se suministra a través de la tubería 24 de suministro de oxígeno a la caldera 1 de oxcombustible y se usa para quemar el carbón en polvo. Además, después de que el aparato de separación 23 de aire haya separado oxígeno del aire, el gas restante (principalmente N₂) se descarga fuera de la

tubería.

5 En una planta de energía térmica de carbón equipada con una caldera 1 de oxicomcombustible de acuerdo con esta realización, se ha proporcionado una tubería de recirculación 25 que se alimenta de la tubería 41 de gas de combustión de tubería entre el colector de polvo fino 6 y al aparato de desulfuración 7, introduce una porción de gas de combustión de tubería y recircula el gas de combustión de tubería en la caldera 1 de oxicomcombustible.

10 La tubería de recirculación 25 está diseñada para transportar una porción del gas de combustión de tubería incorporado de la tubería 41 del gas de combustión de tubería a la caldera 1 de oxicomcombustible a usar como gas recirculante de tubería. A causa de que la tubería 25 de recirculación está diseñada para suministrar el gas de combustión de tubería circulante a través del precalentador 5 de oxígeno a la caldera 1 de oxicomcombustible, el gas de combustión de tubería recirculante lo calienta el gas de combustión de tubería que fluye en descenso por la tubería 41 de gas de combustión de tubería en el precalentador de oxígeno 5, suministrado seguidamente por la tubería 25 de recirculación a la caldera 1 de oxicomcombustible, se mezcla con oxígeno suministrado a través de la tubería 24 de suministro de oxígeno formando gas oxidante y el gas oxidante quema carbón en polvo suministrado por la tubería 3 de suministro de carbón en la caldera 1 de oxicomcombustible.

15 Como se ha señalado antes, el gas de oxidación suministrado a la caldera 1 de oxicomcombustible es una mezcla de oxígeno puro desde la tubería 24 de suministro de oxígeno y de gas de combustión recirculante suministrado por la tubería de recirculación 25.

20 En el aparato de control 15, la cantidad de suministro de oxígeno puro se regula controlando el funcionamiento del aparato 23 de separación de oxígeno de acuerdo con la señal de comando calculada por el aparato de control 15, mientras que la cantidad de gas de tubería circulante se regula controlando el número de revoluciones del ventilador de recirculación 26 de acuerdo con la señal de comando calculada por el aparato de control 15. Así, el control se realiza de manera que la concentración de oxígeno contenido en el gas de oxidación, que es una mezcla de oxígeno puro y gas de combustión de tubería, alcanza un valor deseado.

25 La cantidad de gas oxidante suministrado a la caldera 1 de oxicomcombustible es la suma de la cantidad de suministro de oxígeno puro y la cantidad de gas de combustión de tubería recirculante. Además, el oxígeno contenido en el gas oxidante es una mezcla de oxígeno suministrado del aparato 23 de separación de oxígeno y una traza de oxígeno remanente en el gas de combustión de tubería circulante, y suministrado a la caldera 1 de oxicomcombustible.

30 La concentración de oxígeno en el gas oxidante suministrado a la caldera 1 de oxicomcombustible se puede aumentar incrementando la cantidad de oxígeno puro suministrado mediante el control del aparato 23 de separación de oxígeno o disminuyendo la cantidad de gas de combustión de tubería circulante mediante control del número de revoluciones del ventilador de recirculación 26.

Por otra parte, la cantidad de carbón combustible suministrado a la caldera 1 de oxicomcombustible se puede ajustar controlando el funcionamiento del aparato 2 de suministro de carbón.

35 El medio de control antes mencionado ajusta la cantidad de suministro de oxígeno, la cantidad de gas de combustión de tubería circulante y la cantidad de suministro de carbón, que son parámetros para controlar el estado para la combustión de la caldera 1 de oxicomcombustible.

40 En una planta de energía térmica de carbón equipada con una caldera de oxicomcombustible de acuerdo con esta realización, la concentración de oxígeno contenido en el gas oxidante suministrado a la caldera 1 de oxicomcombustible se controla usando la temperatura del gas en la caldera 1 de oxicomcombustible, por ejemplo, la temperatura del gas a la salida del horno 1c de la caldera 1 de oxicomcombustible como referencia para determinar la concentración de oxígeno contenido en el gas oxidante.

45 En la mayoría de los casos, el gas a la salida del horno 1c de la caldera 1 de oxicomcombustible está demasiado caliente para un sensor de temperatura que se coloque. Por esta razón, la temperatura del gas a la salida del horno 1c se calcula de acuerdo con el balance térmico sobre la base de un valor real medido por un sensor de temperatura dispuesto en un sitio diferente.

50 En una planta de energía térmica de carbón equipada con una caldera de oxicomcombustible de acuerdo con esta realización, en la caldera de oxicomcombustible1 que quema carbón en polvo, la salida del horno 1c está situada en el borde 201 entre el horno 1a y la superficie trasera 1b de transferencia de calor, como se muestra en la Figura 2, el lado corriente arriba del borde 201 se denomina un horno 1a y el lado corriente abajo se denomina una superficie trasera 1b de transferencia de calor.

Se ha dispuesto una caldera de combustión 101 en la porción más baja del horno 1a como se muestra en la Figura 2, y el carbón en polvo suministrado al quemador de combustión 101 se quema con gas oxidante que es una mezcla de oxígeno y gas de combustión de tubería recirculante, generándose así gas de combustión de alta temperatura.

55 Estructuralmente, el gas de combustión a alta temperatura desciende fluyendo a través del horno 1a hacia la

salida de la caldera 1d mientras que transfiere calor al vapor de agua que fluye a través de una pluralidad de intercambiadores de calor hechos de tubos de vapor de agua situados en la caldera 1 de oxcombustible.

5 En la superficie de la pared inferior del horno 1a está situado un tubo de agua denominado tubo en espiral 102, mientras que en la superficie de pared superior 103 se ha dispuesto verticalmente un tubo de agua denominado tubo 103 de paso abierto. El tubo en espiral 102 y el tubo de paso abierto se denominan colectivamente pared de agua.

10 Además, está dispuesto un tubo de agua 104, denominado pared de jaula, en el lado lateral 1b de la superficie de pared de la superficie trasera de transferencia de calor, mostrado en la Figura 2. La pared de agua y la pared jaula son tubos de agua situados en la superficie de pared mientras que una pluralidad de intercambiadores de calor hechos de tubos de agua están localizados dentro de la caldera 1 de oxcombustible.

15 Entre esos intercambiadores de calor hay un supercalentador secundario 111 suspendido del celaje del horno 1a. Además, en el lado corriente abajo del supercalentador secundario 111 dispuestos secuencialmente a lo largo de la dirección de la corriente de gas de combustión están dispuestos secuencialmente intercambiadores de calor del supercargador 111, intercambiadores de calor del supercalentador terciario 112, recalentador 113, supercalentador primario 114 y economizador 115.

20 En una planta de energía térmica de carbón equipada con una caldera de oxcombustible 1 de acuerdo con esta realización, la razón por la que el balance de la cantidad de absorción de calor en los intercambiadores de calor mencionados como resultado de ajustes de la concentración de oxígeno contenido en el gas oxidante, que es una mezcla de oxígeno puro suministrado de la tubería 24 de suministro de nitrógeno a la caldera 1 de oxcombustible y gas de combustión recirculante suministrado por la tubería 25 de recirculación es el que forma la transferencia de calor, tal como transferencia de calor por convección y como transferencia de calor por radiación, que están relacionados.

25 La transferencia de calor por convección es un fenómeno en el que se transfiere calor sobre la superficie de contacto entre gas de combustión a alta temperatura y un tubo de agua debido a la diferencia de temperatura que hay entre ambas. Por otra parte, la transferencia de calor por radiación es un fenómeno en el que ondas electromagnéticas generadas por gas de combustión a alta temperatura son absorbidas por un tubo de agua y luego se convierten en energía térmica, transfiriéndose por ello calor.

30 Tanto la transferencia de calor por convección como la transferencia de calor por radiación actúan siempre sobre la transferencia de calor del gas de combustión de la caldera a los intercambiadores de calor. En zonas tales como en el horno 1a en las que la temperatura de combustión del gas es alta, es dominante la transferencia de calor por radiación, siendo comparativamente baja la temperatura de combustión del gas en zonas tales como la superficie trasera 1b de transferencia de calor, donde la temperatura del gas de combustión es relativamente baja, y la transferencia de calor por convección es la dominante. Esto se atribuye a una propiedad física de la cantidad de transferencia de calor por radiación que es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura del gas.

35 Por esta razón, en una caldera 1 de oxcombustible, si la concentración de oxígeno contenido en el gas oxidante se reduce reduciendo la cantidad de gas de combustión de tubería en circulación suministrado a través de la tubería 25 a la caldera 1 de oxcombustible, aumenta la temperatura de la llama en el horno 1a, lo que aumenta la cantidad de transferencia de calor por radiación en el horno 1a a medida que aumenta la cantidad de absorción de calor en el lado 1a del horno.

40 Por otra parte, cuando disminuye la cantidad de gas de combustión circulante de tubería suministrado por la tubería de recirculación 25 a la caldera 1 de oxcombustible, disminuye el volumen del gas que fluye a través de la caldera 1 de oxcombustible, causando que la velocidad del caudal de gas disminuya. En esta situación, la mencionada transferencia de calor por convección tiene una propiedad física de la cantidad de transferencia de calor, decreciente con la disminución de la velocidad de la corriente de gas.

45 Por tanto, si la concentración de oxígeno contenido en el gas oxidante se aumenta mediante la reducción de la cantidad de gas de combustión de tubería circulante, suministrado a través de la tubería 25 de recirculación a la caldera 1 de oxcombustible, la cantidad de absorción de calor disminuye en la superficie trasera de transferencia de calor 1b, en la que es dominante la transferencia de calor por convección.

50 Esto es, en la caldera 1 de oxcombustible, si la concentración de oxígeno contenido en el gas oxidante se aumenta reduciendo la cantidad de gas de combustión de tubería circulante suministrado a la caldera 1 de oxcombustible, la cantidad de absorción de calor aumenta en el lado 1a del horno, donde la transferencia de calor por radiación es dominante, mientras que disminuye la cantidad de absorción de calor en el lado 1b, donde es dominante la transferencia de calor por convección.

55 Además, si la concentración de oxígeno contenido en el gas oxidante disminuye por aumentar la cantidad de gas de combustión de tubería circulante suministrado a la caldera de oxcombustión 1, la acción anterior se producirá a la inversa.

De acuerdo con los fenómenos antes mencionados, es posible cambiar el balance de la cantidad de absorción de calor en los intercambiadores de calor dispuestos en la caldera 1 de oxicomcombustible por ajuste de la concentración de oxígeno contenido en el gas oxidante suministrado a la caldera 1 de oxicomcombustible.

5 Además, en el caso de una caldera que quema con aire en general, la cantidad de almacenamiento global de calor en la caldera que une el lado 1a y el lado 1b de transferencia trasera del horno tiende a aumentar por disminución de la cantidad de gas de combustión de tubería y, simultáneamente, por aumento de la concentración de oxígeno. Esto es porque la eficiencia de la transferencia de calor aumenta a medida que aumenta la temperatura.

10 Cuando se reajusta una caldera existente que quema con aire carbón en polvo a una caldera 1 de oxicomcombustible que quema con oxígeno carbón en polvo, en cuanto a costes de reequipamiento es preferible que el balance de la cantidad de absorción de calor en cada intercambiador de calor en la combustión de oxígeno sea equivalente al de combustión en aire. Esto es porque se selección material para intercambiadores de calor en la etapa de diseño de la caldera sobre la base del alcance de la cantidad de absorción en cada intercambiador de calor (temperatura del vapor de agua y presión en un tubo de agua, y temperatura del gas fuera del tubo de agua).

15 En un intercambiador de calor instalado en una caldera, se usa material caro muy resistente al calor en zonas de alta temperatura y se usa material barato moderadamente resistente al calor en zonas de temperatura comparativamente baja. Por esta razón, si el balance de absorción de calor en la combustión de oxígeno cambia significativamente del de combustión en aire por reequipamiento de una caldera que quema aire existente a una caldera de oxicomcombustible, también cambian las condiciones tales como temperatura y similares, que son los criterios de selección de material en la etapa de diseño. Por tanto, es de esperar que la caldera no puede hacerse
20 funcionar como es en términos de resistencia al calor del material.

Para solucionar tales situaciones, hay una idea de retroequipar cada intercambio de calor (específicamente, adición o supresión de un tubo de agua) suministrado en la caldera 1 de oxicomcombustible para cambiar la zona de transferencia de calor de manera que la temperatura sea más baja que el límite de la temperatura de servicio del material. Sin embargo, este retroajuste presumiblemente requiere un coste considerable.

25 Por tanto, en una caldera 1 de oxicomcombustible de acuerdo con esta realización proporcionada en una planta de energía térmica de carbón, la temperatura del gas en la caldera 1 de oxicomcombustible, que es la temperatura del gas a la salida de un horno 1c localizado en el borde 201 entre el horno 1a y la superficie 1b trasera de transferencia de calor de la Figura 2, se usa como temperatura de referencia para determinar la concentración de oxígeno contenido en el gas oxidante suministrado a la caldera 1 de oxicomcombustible.

30 Puesto que la temperatura a la salida 1c del horno es significativamente alta, es difícil medir directamente la temperatura del gas instalando un sensor de temperatura a la salida del horno 1c. Por tanto, en el aparato de control 150 de la caldera de oxicomcombustible de acuerdo con esta realización, como se muestra en la Figura 2 y la Figura 3, se disponen en una salida de caldera 1d en la que la temperatura del gas es inferior a la de la salida de horno 1c, un sensor de temperatura 14a y un sensor de la composición del gas 14b que miden respectivamente la
35 temperatura y la composición del gas, a la salida del horno 1d donde es posible la medición.

Como se muestra en la Figura 3, en el aparato de control 150 se ha situado una unidad 151 de computación de calorías de gas de salida de caldera para controlar la caldera 1 de oxicomcombustible de acuerdo con esta realización. Esta unidad 151 que computa calorías de gas de salida de caldera calcula calorías de gas a la salida 1d de caldera sobre la base de la temperatura del gas y la composición del gas medidas por el sensor de temperatura 14a y el
40 sensor 14b de la composición del gas, respectivamente, localizados a la salida 1d de la caldera.

Esto es, a causa de que la unidad 151 computadora de calorías de gas a la salida de la caldera tiene funciones de computación para calcular la ecuación (1) y la ecuación (2), la ecuación (1) y la ecuación (2) se calculan por funciones computativas de la unidad 151 de computación de calorías de gas de salida de caldera sobre la base de la temperatura y la composición del gas medidas por el sensor de temperatura 14a y el sensor 14b de la
45 composición del gas, respectivamente, localizados a la salida 1d de la caldera, calculando las calorías del gas a la salida 1d de la caldera.

[Ecuación 1]

$$H_{g2,i} = f_1(T_{g2}) \dots\dots(1)$$

En la ecuación (1),

50 $H_{g2,i}$ representa la entalpia de gas de la sustancia i a la salida de la caldera,

$f_1()$ representa una función de conversión temperatura-entalpia de la sustancia i en el gas, y

T_{g2} representa temperatura del gas a la salida de la caldera.

[Ecuación 2]

$$Q_{g2} = F_g \sum_i (w_i X H_{g2,i}) \dots\dots(2)$$

En la Ecuación (2),

Q_{g2} representa calorías del gas a la salida de la caldera,

F_g representa volumen de la corriente de gas,

5 W_i representa una relación en masa de sustancia i en el gas, y

$H_{g2,i}$ representa la entalpia del gas de una sustancia i a la salida de la caldera.

Luego por cálculo usando la Ecuación (1) computando la función y la Ecuación (2) computando la función proporcionada en la unidad 151 de cómputo de calorías de la salida de la caldera, se obtiene la entalpia de gas de cada sustancia i (por ejemplo, dióxido de carbono, oxígeno, nitrógeno o agua) a partir de la temperatura de gas medida por el sensor de temperatura 14a, calculando al pasar las calorías de gas a la salida de la caldera. La función de conversión temperatura-entalpia de cada sustancia i usa datos condicionales conocidos sobre la presión atmosférica. Además, la composición del gas (relación ponderal de cada sustancia contenida en el gas) usa un valor medido por el sensor 14b de composición del gas.

15 El aparato 150 de está equipado con una unidad 152 de unidad de computación para calcular calorías obtenidas por intercambiadores de calor (pared de jaula 104, supercalentador terciario 112, recalentador 113, supercalentador primario 114, economizador 115 y pared de jaula 104) localizados entre una salida de horno y la salida de la caldera en la caldera 1 de oxicombustible así como para calcular la suma de las calorías.

La unidad de computación 152 de calorías totales del intercambiador de calor suministrada en el aparato de control 150 tiene una función de computación de la Ecuación (3) para calcular las calorías totales obtenidas por corriente de agua en los intercambiadores de calor. Por tanto, la Ecuación (3) es calcula por la función de computación de la unidad de computación 152 de las calorías totales de intercambiador de calor basándose en cada valor de la temperatura del vapor de agua a la entrada, la temperatura del vapor de agua a la salida, la presión del vapor de agua y el volumen de la corriente del vapor de agua medidos por un sensor de temperatura 14c a la entrada, un sensor 14d de la temperatura a la salida, un sensor de la presión 14e y un sensor 14f del volumen de la corriente, respectivamente, localizados en cada intercambiador de calor, calculándose sobre esta base la totalidad de calorías obtenidas por el vapor de agua en los intercambiadores de calor.

[Ecuación 3]

$$Q_w = \sum_j F_{w,j} X (H_{wout,j} - H_{win,j}) \dots\dots(3)$$

En la Ecuación (3),

30 Q_w representa calorías obtenidas por intercambiadores de calor situados entre la salida del horno y la salida de caldera,

$F_{w,j}$ representa volumen de la corriente de vapor de agua del intercambiador de calor j ,

$H_{wout,3}$ representa entalpia del vapor de agua a la entrada del intercambiador de calor j . y

$H_{win,3}$ representa entalpia de vapor de agua a la salida del intercambiador 3.

35 Luego se calculan las calorías totales obtenidas por los intercambiadores de calor localizados entre la salida de horno y la salida de la caldera mediante la Ecuación (3), por computación con la función proporcionada en la unidad de computación 152 de las calorías totales del intercambiador de calor.

La entalpia del vapor de agua se obtiene por los valores de conversión medidos de la temperatura del vapor de agua y la presión del vapor de agua para la entalpia de acuerdo con la tabla de vapor de agua.

40 El aparato de control 150 está equipado con una unidad de computación 153 de las calorías de gas de salida del horno para calcular calorías de gas a la salida 1c del horno sobre la base de la totalidad de calorías obtenidas por el vapor de agua en los intercambiadores de calor calculada por la unidad de computación 152 de calorías totales del intercambiador de calor.

45 La unidad de computación 153 de calorías de gas a la salida del horno tiene una función Ecuación (4). Por tanto, la Ecuación (4) la calcula la función de computación de la unidad de computación 153 de calorías de gas de la salida del horno basándose en la totalidad de calorías obtenidas por los intercambiadores de calor calculada por la unidad de computación 152 de calorías totales de intercambiador de calor, calculándose con ello calorías de gas a la salida 1c del horno.

[Ecuación 4]

50 $Q_{g1} = Q_{g2} + Q_w \dots\dots (4)$

En la Ecuación (4),

Q_{g1} representa calorías de gas a la salida del horno

Q_{g2} representa calorías de gas a la salida de la caldera, y

5 Q_w representa calorías obtenidas por intercambiadores de calor situados entre la salida del horno y la salida de la caldera

En cuanto a las calorías a la salida 1d de la caldera, las calorías totales a la salida 1c del horno se pueden estimar como la totalidad de calorías obtenidas por valor de agua mediante intercambiadores de calor. En esto, los intercambiadores de calor diana de cálculo son los localizados entre la salida 1c del horno y la salida 1d de la caldera.

10 Luego se calcula las calorías de gas a la salida 1c del horno usando una función de computación de la Ecuación (4) suministrada en la unidad 153 de computación de calorías de gas a la salida del horno

Además, el aparato de control 150 está equipado con una unidad de computación 154 de la temperatura del gas a la salida del horno para calcular la temperatura del gas a la salida 1c del horno sobre la base de las calorías de gas a la salida 1c del horno calculada por la unidad 153 de computación de calorías de gas a la salida del horno.

15 La unidad 154 de computación de la temperatura de gas a la salida del horno tiene como funciones computadoras la Ecuación (5) y la Ecuación (6). Por tanto, la Ecuación (5) y la Ecuación (6) las calculan las funciones computadoras de la unidad de computación 154 de la temperatura del gas de salida de horno sobre la base de calorías del gas calculada por la unidad 153 de computación de calorías a la salida del horno, calculándose así la temperatura del gas a la salida del horno 1c.

20 [Ecuación 5]

$$H_{g1,j} = F_i(T_{g1}) \dots(5)$$

En la Ecuación (5),

$H_{g1,i}$ representa entalpia de gas de la sustancia i a la salida del horno,

$f_{i()}$ representa una función de conversión temperatura-tiempo de la sustancia i del gas, y

25 T_{g1} representa temperatura del gas a la salida del horno.

[Ecuación 6]

$$Q_{g1} = F_g \sum_i (W_i \times H_{g1,i}) \dots(6)$$

En la Ecuación (6),

Q_{g1} = representa calorías de gas a la salida del horno,

30 F_g representa volumen de corriente de gas,

W_i representa una relación en masa de sustancia i en el gas, y

$H_{g1,i}$ representa entalpia del gas de la sustancia i a la salida del horno.

35 Cuando se calcula la temperatura del gas a la salida 1c del horno usando la Ecuación (5) y la ecuación (6), funciones computadoras suministradas en la unidad 154 computadora de la temperatura del gas a la salida 1c del horno, se ha calculado después de haber calculado las calorías de gas a la salida 1c del horno. Al comienzo, las calorías de gas a la salida 1c del horno se calculan suministrando un valor inicial como temperatura del gas a la salida 1c del horno, luego se compara la diferencia entre las calorías de gas calculadas y las calorías de gas a la salida 1c del horno mediante la Ecuación (4), y mientras que se actualiza la temperatura del gas, se obtiene la temperatura del gas a la salida 1c del horno por cálculo de convergencia.

40 A este respecto, las cantidades señaladas de la caldera de oxcombustible 1 necesarias para calcular la temperatura del gas a la salida 1c del horno, según lo señalado antes, son valores medidos por el sensor 14a de temperatura y el sensor 14b de la composición del gas dispuestos a la salida 1d del horno.

45 El aparato de control 150 está equipado con un dispositivo de ajuste de la temperatura 155 para fijar una temperatura del gas deseada a la salida 1d del horno. El aparato de control 150 está equipado además con una unidad 156 de computación por comparación, con el fin de comparar la temperatura del gas a la salida 1c del horno calculada por la unidad de computación 154 con una temperatura del gas prefijada por el dispositivo de ajuste 155 y ajustando el ventilador de recirculación 26 en estado activo de acuerdo con la señal de comando sobre la base de la señal de desviación entre esos dos valores de la temperatura. Así, la unidad de computación por comparación 156 está diseñada para controlar la cantidad de gas de combustión de tubería en circulación

suministrada desde el ventilador de recirculación 26 a la caldera de oxicomustión 1,

5 Además, el aparato 150 de control está equipado con un instrumento 157 que mide la concentración de oxígeno en una salida de caldera para detectar la composición de oxígeno a la salida de caldera 1d de un valor de la composición de gas efluente medido por el sensor 14b de la composición del gas situado a la salida 1d de horno, estando equipado el aparato de control 150 también con un dispositivo de ajuste 158 de la concentración de oxígeno para fijar una concentración de oxígeno deseada en el gas de combustión efluente a la salida 1d de caldera.

10 El aparato 150 de control está equipado además con una unidad de computación 159 por comparación para comparar la concentración de oxígeno calculada a la salida 1d de caldera detectada por el instrumento de medida 157 de la concentración de oxígeno a la salida de la caldera, con una concentración prefijada de oxígeno fijada por el dispositivo de ajuste 158 de la concentración de oxígeno y que ajusta el estado de funcionamiento del aparato 23 de suministro de oxígeno por la señal de comando sobre la base entre esos dos valores de concentración de oxígeno. Así, la unidad 159 de computación por comparación está diseñada para controlar volumen de corriente de oxígeno suministrado desde el aparato 23 de suministro de oxígeno a la caldera 1 de oxicomustible.

15 Seguidamente se explicará el control de la temperatura del gas a la salida del horno por una caldera 1 de oxicomustible de acuerdo con esta realización.

El aparato de control 150 suministrado en la caldera 1 de oxicomustible de acuerdo con esta realización, mostrado de la Figura 1 a la Figura3, controla la temperatura del gas a la salida 1c del horno según se describe más adelante.

20 Primeramente calcula las calorías a la salida 1d de la caldera la unidad 151 de computación de caloría de gas da la caldera suministrada en el aparato 150 sobre la base de la temperatura del gas a la salida de caldera medida por el sensor 14a situado a la salida 1d de caldera y un valor medido por el sensor 14b de la composición del gas.

25 Seguidamente, la unidad 152 que computa la totalidad de calorías del intercambiador de calor calcula la totalidad de calorías obtenidas por los intercambiadores de calor, basándose en un valor calculado por la unidad 151 computadora de las calorías de gas a la salida de la caldera y las cantidades medidas en los intercambiadores de calor.

30 Después, la unidad 153 computadora de calorías de gas a la salida del horno, basándose en el valor calculado por la unidad 152 computadora de todas las calorías del intercambiador de calor, calcula las calorías de gas a la salida 1d del horno, y luego, la unidad 154 de computación de la temperatura del gas a la salida del horno calcula la temperatura del gas a la salida del horno 1c sobre la base del valor calculado por la unidad 153 computadora de calorías de gas a la salida del horno.

35 Seguidamente, la unidad 156 de computación por comparación compara la temperatura del gas a la salida 1c del horno calculada por la unidad computadora 154 de la temperatura de gas a la salida del horno, con la temperatura prefijada por el dispositivo de ajuste de la temperatura 155 y, si la temperatura del gas a la salida 1c del horno, calculada por la unidad 154 computadora de la temperatura del gas a la salida del horno fuera inferior a la temperatura de prefijación señalada por el dispositivo de ajuste de la temperatura 155, acciona la señal de comando de la señal de desviación comparada por la unidad computadora por comparación 156 para reducir la recirculación promovida por el ventilador 26 que suministra el caudal de gas a la caldera de oxicomustible 1. Así, la cantidad de gas de combustión de tubería en recirculación disminuye y la concentración de oxígeno contenido en el gas oxidante suministrado a la caldera 1 aumenta, por lo que la temperatura del gas a la salida 1c del horno está controlada para que sea una temperatura deseada.

45 Además como resultado de la comparación realizada por la unidad computadora de comparación 156, la temperatura del gas a la salida 1c del horno calculada por la unidad computadora 154 de la temperatura del gas a la salida del horno es más alta que la temperatura de prefijación fijada por el dispositivo de ajuste de la temperatura 155, la señal de comando basándose en la señal de desviación comparada por la unidad de computación por comparación 156 funciona para intensificar la acción del ventilador 26 que suministra gas de combustión de tubería a la caldera 1 de oxicomustible. Así se aumenta la cantidad de gas de combustión de tubería recirculante y disminuye la concentración de oxígeno contenido en el gas oxidante suministrado a la caldera 1 de oxicomustible, por lo que la temperatura del gas a la salida1c del horno está controlada para que alcance un valor deseado

50 Seguidamente se explicará el control complementario de la concentración de oxígeno a la salida de la caldera de oxicomustible de acuerdo con esta realización.

55 El aparato de control 150 suministrado en la caldera 1 de oxicomustible de acuerdo con esta invención mostrado en las Figs. 1 a 3 controla de forma complementaria la concentración de oxígeno a la salida 1d de horno como se describe más adelante.

La concentración de oxígeno a la salida 1d de la caldera la detecta el instrumento 157 que mide la concentración de oxígeno a la salida de la caldera, suministrado en el aparato de control 150 sobre la base de un valor medido por un sensor de composición de gas 14b suministrado a la salida 1d de caldera.

5 Luego la unidad 159 de computación por comparación compara la concentración de oxígeno a la salida 1d de la caldera 1d detectada por el instrumento de medición 157 de la concentración de oxígeno con el valor prefijado de la concentración de oxígeno fijado por el instrumento de ajuste 158 de la concentración de oxígeno y, si la concentración real de oxígeno a la salida 1d de la caldera detectado por el instrumento 157 que mide la concentración de oxígeno es inferior a la concentración prefijada de oxígeno establecida por el instrumento 158 de ajuste de la concentración de oxígeno, la señal de comando basada en la señal de desviación comparada por la
10 unidad 159 de computación por comparación acciona para aumentar el funcionamiento del aparato 23 de suministro de oxígeno. Así, la cantidad de oxígeno suministrada del aparato 23 de suministro de oxígeno a la caldera 1 de oxicombustible aumenta, y la concentración de oxígeno en la salida 1d está controlada para que sea una concentración predeterminada.

15 Además, como resultado de la comparación por la unidad 159 de comparación, si la concentración real de oxígeno a la salida 1d de la caldera detectada por el instrumento 157 que mide la concentración de oxígeno es más alta que la concentración de oxígeno prefijada por el instrumento de ajuste 158 de la concentración de oxígeno, la señal de comando basada en la señal de desviación comparada por la unidad 159 de computación por comparación actúa para inducir el funcionamiento del aparato de suministro de oxígeno al aparato 23 de suministro de oxígeno. De esta manera, la cantidad de oxígeno suministrada desde el aparato 23 de suministro de
20 oxígeno a la caldera 1 de oxicombustible disminuye y la concentración de oxígeno a la salida 1d de la caldera está controlada para que sea una concentración predeterminada.

De acuerdo con la realización antes mencionada de la presente invención, es posible reducir los costes de retroequipamiento para convertir el funcionamiento de una caldera de carbón tal como una caldera de oxicombustible existente que quema con aire en una caldera de oxicombustible e impedir que una caldera de oxicombustible se deteriore o escorifique debido a gas a alta temperatura, pudiendo lograrse una caldera de oxicombustible muy fiable que puede funcionar establemente durable un tiempo largo y un procedimiento para controlar la caldera de oxicombustible.

Aplicabilidad Industrial

30 La presente invención se puede aplicar a una caldera y un procedimiento de control de la caldera de oxicombustible adecuada para la captura y almacenamiento en una planta de potencia energética de carbón.

REIVINDICACIONES

1. Una caldera de oxicomcombustible (1) que tiene un horno configurado de manera tal que oxígeno separado del aire se mezcla con una porción de gas de combustión incorporado de un gas de combustión efluente descargado de la caldera, que quema carbón para combustión para generar vapor de agua a suministrar a un equipo que demanda vapor con el fin de formar gas oxidante para quemar carbón, y se suministra el gas oxidante a la caldera, en la que:
- 5 la caldera de oxicomcombustible (1) comprende además:
- un aparato de separación de oxígeno (23) para producir oxígeno por separación de oxígeno del aire,
- un ventilador de recirculación (26) para suministrar una porción de gas de combustible de tubería tomado del gas de combustión de tubería descargado de la caldera a la caldera de oxicomcombustible (1),
- 10 un sensor de temperatura (14a) dispuesto en una salida de horno (1d) en la caldera de oxicomcombustible (1) para detectar la temperatura del gas de combustión de tubería, caracterizada por
- un aparato de control (15) para calcular la temperatura del gas de combustión de tubería a la salida del horno (1c) en la caldera de la temperatura del gas de tubería a salida de la caldera (1d) detectada por el sensor de temperatura (14a) y controlar el estado operativo del ventilador de circulación (26) de manera que la temperatura calculada del gas de combustión efluente a la salida del horno (1c) sea una temperatura de prefijación del gas deseada.
- 15
2. La caldera de oxicomcombustible (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que un sensor (14b) de oxígeno para detectar la concentración de oxígeno del gas de combustión efluente se dispone en una salida (1d) de horno en la caldera de oxicomcombustible (1), y el aparato de control (15) controla el estado operativo del aparato (23) de separación de oxígeno de manera que la concentración de oxígeno a la salida (1d) de la caldera, detectada por el sensor (14b) sea una concentración prefijada deseada del oxígeno.
- 20
3. Un aparato de control de una caldera de oxicomcombustible (1) de acuerdo con la reivindicación (1), en la que la temperatura prefijada deseada a la salida (1c) del horno en la caldera se determina de manera que el balance de la cantidad de almacenamiento de calor de cada intercambiador de calor situado en la superficie trasera de transferencia de calor en la caldera que funciona para realizar la combustión con oxígeno es casi equivalente al balance de la cantidad de almacenamiento de calor en cada intercambiador de calor de la caldera que funciona para realizar la combustión con aire.
- 25
4. Un aparato de control de una caldera de oxicomcombustible (1) de acuerdo con la reivindicación (2), en la que la temperatura prefijada del gas deseada a la salida del horno (1c) en la caldera se determina de manera tal que el balance de la cantidad de almacenamiento de calor de cada intercambiador de calor situado en la superficie trasera de transferencia de calor en la caldera que funciona para realizar la combustión con oxígeno es casi equivalente al balance de la cantidad de almacenamiento de calor en cada intercambiador de calor de la caldera que funciona para realizar la combustión con aire.
- 30
5. Un procedimiento de control de una caldera de oxicomcombustible (1) que tiene un horno configurado de manera tal que oxígeno separado del aire se mezcla con una porción de gas de combustión incorporado de un gas de combustión efluente descargado de una caldera, que quema carbón para combustión para generar vapor de agua a suministrar a un equipo que demanda vapor con el fin de formar gas oxidante para quemar carbón, y se suministra el gas oxidante a la caldera,
- 35
- 40 por el que
- el procedimiento de controlar la caldera (1) comprende además las etapas de:
- el oxígeno mezclado como gas oxidante suministrado a la caldera se produce
- por separación de oxígeno del aire por un aparato de separación de oxígeno del aire por un aparato de separación de oxígeno (23),
- 45 el gas de combustión de tubería mezclado como el gas oxidante suministrado a la caldera es una porción del gas de combustión de tubería descargado de la caldera y suministrado por un ventilador de recirculación (26),
- el gas oxidante que es una mezcla de oxígeno producido por el aparato (23) de separación de oxígeno y el gas de combustión efluente suministrado por el ventilador de recirculación (26) se suministra a la caldera de oxicomcombustible a usar para quemar carbón en la caldera de oxicomcombustible (1),
- 50 la temperatura el gas de combustión efluente en una salida de horno (1c) en la caldera la calcula un aparato de control (15) a partir de la temperatura del gas de combustión de tubería a la salida de caldera (1d) detectada por un sensor de temperatura (14a) dispuesto a salida de la caldera (1d) en la caldera de oxicomcombustible (1),

la cantidad de gas de combustión efluente suministrado por el ventilador de recirculación (26) la regula el aparato de control (150) de manera que la temperatura calculada del gas de combustión efluente a la salida (1c) de la caldera sea una temperatura prefijada deseada del gas.

- 5 6. El procedimiento de control de una caldera de oxcombustible de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la cantidad oxígeno suministrado desde el aparato (23) de separación de oxígeno se regula por el aparato de control (150) de manera que la concentración de oxígeno a la salida (1d) de la caldera, detectada por el sensor de oxígeno dispuesto a la salida (1d) de la caldera en la caldera (1) de oxcombustible sea una concentración prefijada de oxígeno deseada.
- 10 7. El procedimiento de control de una caldera de oxcombustible de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la temperatura prefijada del gas deseada a la salida (1c) de la caldera se determina de manera que el balance de la cantidad de almacenamiento de calor en cada intercambiador de calor situado en la superficie de transferencia de calor trasera en la caldera, que funciona para realizar la combustión con oxígeno de calor es casi equivalente al balance de la cantidad de almacenamiento de calor en cada intercambiador de calor en la caldera que funciona para realizar combustión con aire.
- 15 8. El procedimiento de control de una caldera de oxcombustible de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la temperatura prefijada del gas deseada a la salida (1c) de la caldera se determina de manera tal que el balance de la cantidad de almacenamiento de calor en cada intercambiador de calor situado en la superficie de transferencia de calor trasera en la caldera, que funciona para realizar la combustión con oxígeno es casi equivalente al balance de la cantidad de almacenamiento de calor en cada intercambiador de calor la caldera que funciona para realizar la
- 20 combustión de aire.

FIG. 1

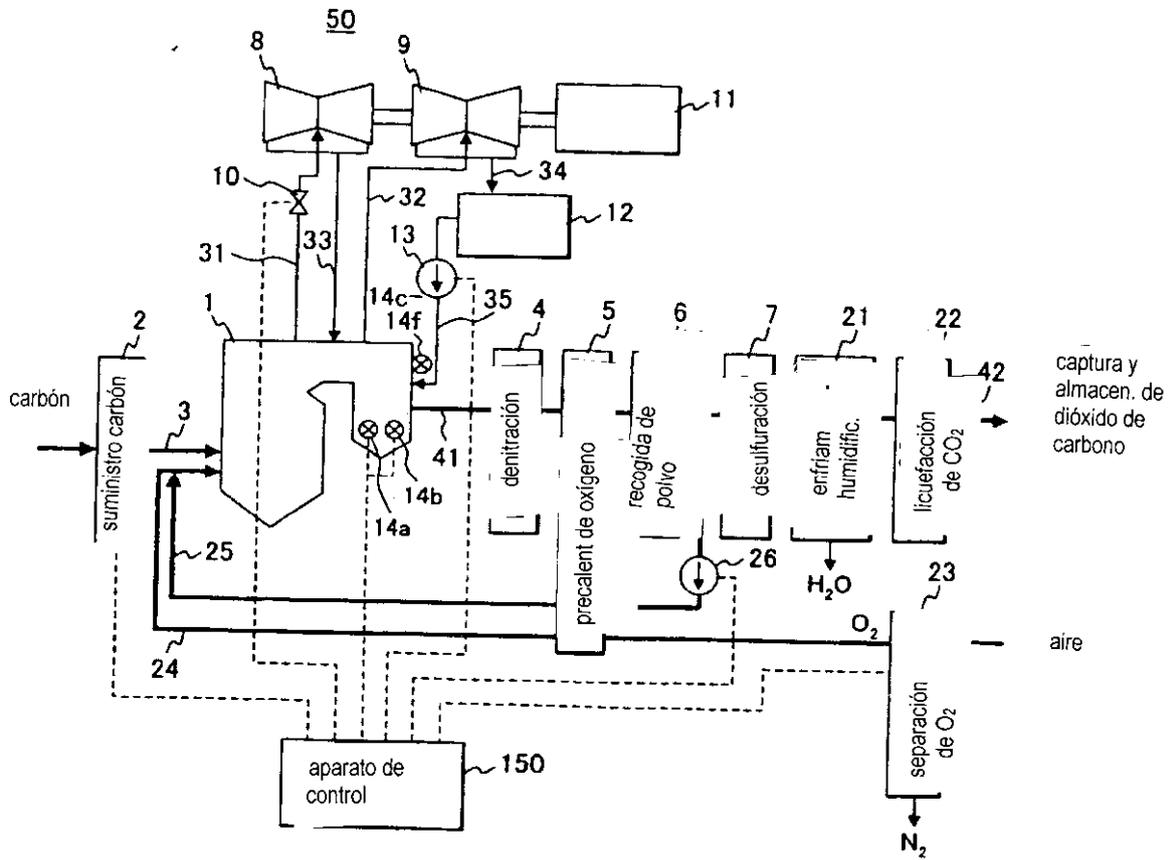


FIG. 2

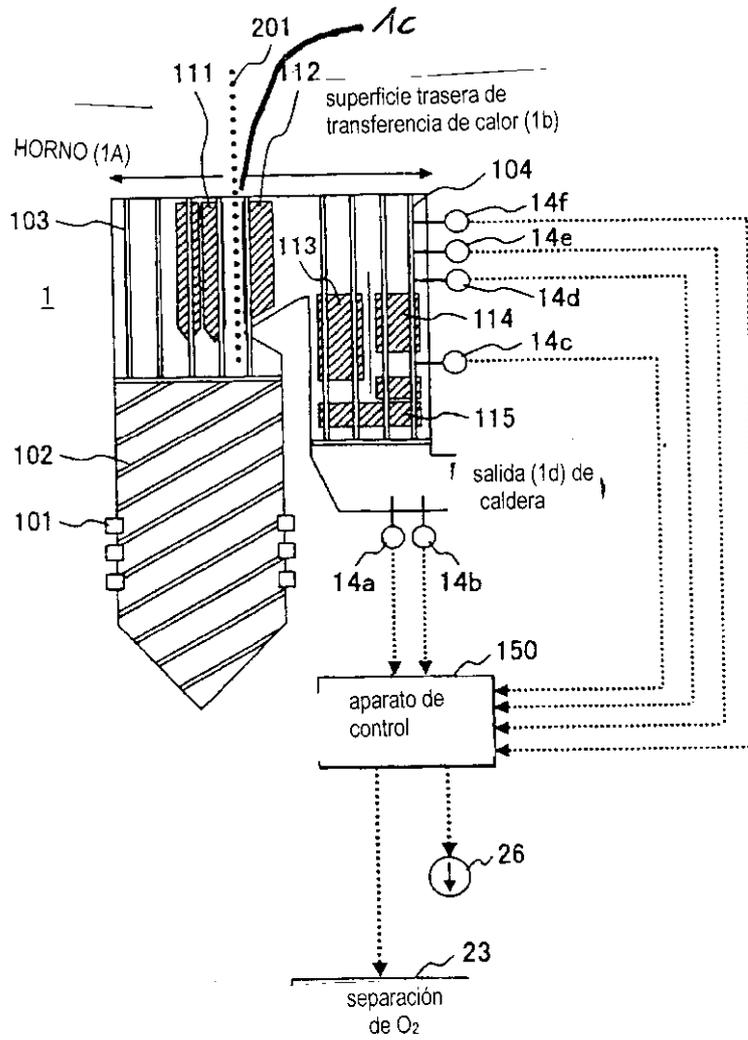


FIG. 3

