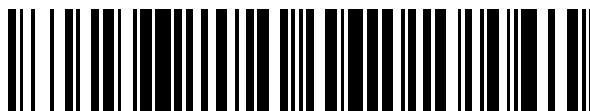


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 659 439**

51 Int. Cl.:

**F23C 9/00** (2006.01)

**F23C 9/08** (2006.01)

**F23L 7/00** (2006.01)

**F01K 13/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.02.2010 E 10153817 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.11.2017 EP 2224165**

54 Título: **Planta de calderas de combustión oxifuel y método de operación de la misma**

30 Prioridad:

**25.02.2009 JP 2009041637**

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

**15.03.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 659 439 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**

Planta de calderas de combustión oxifuel y método de operación de la misma

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

(Campo de la Invención)

La presente invención se refiere a una planta de calderas de combustión oxifuel y a un método de operación para la planta de calderas de combustión oxifuel.

10

(Descripción de la técnica relacionada)

Una planta de energía térmica que incluye una caldera y una turbina de vapor como componentes principales se señala que la cantidad de descarga de dióxido de carbón, que es un factor de calentamiento global, es mayor que el de otros sistemas de generación de energía.

15

Por lo tanto, cuando una caldera quema combustible, se ha propuesto un método para quemar combustible usando un oxígeno de alta pureza en lugar de aire. En adelante, un método de quemado que usa oxígeno se denomina combustión de oxifuel y un método de quemado que usa aire se denomina combustión de aire.

20

La combustión de oxifuel cambia la mayor parte del gas de escape en dióxido de carbono. Por lo tanto, cuando se capta dióxido de carbono del gas de escape no hay necesidad de concentrar dióxido de carbono y el gas de escape es enfriado directamente, por lo que el dióxido de carbono puede ser licuado y separado. Por lo tanto, la combustión de oxifuel es uno de los métodos eficaces en la supresión de la cantidad de descarga de dióxido de carbono.

25

Además, la combustión de oxifuel, como el nitrógeno que forma aproximadamente el 80% del aire no es suministrado a la caldera, no genera un óxido de nitrógeno (NOx térmico) generado a partir del nitrógeno del aire. Por lo tanto, se puede esperar el efecto de reducción del óxido de nitrógeno.

30

No obstante, la caldera de combustión de oxifuel quema el combustible usando un oxígeno de alta pureza en lugar de aire, de modo que la temperatura de la llama aumenta mucho, por lo que hay miedo de que el quemador y la superficie de la pared del horno de la caldera puedan deteriorarse. Por lo tanto, se ha propuesto un sistema para hacer circular una parte del gas de escape de la caldera y mezclar y quemar el oxígeno y el gas de escape de la caldera.

35

El Documento 1 de la Patente describe un método para quemar combustible usando el sistema de combustión de aire como es usual en el momento de comienzo y después cambiar al sistema de combustión de oxifuel.

Documento 1 de la Patente: Patente Japonesa Abierta a la Inspección Pública Nº 2001-336.736.

Documento 2 de la Patente: WO 2006094182 A2

40

El Documento 2 de la Patente describe un sistema de calderas para producir vapor a partir del agua, en donde cada caldera incluye un sistema de combustión de oxifuel que incluye un suministro de oxígeno para suministrar un oxígeno que tiene una pureza mayor del 21 por ciento, un suministro de combustible basado en carbono para suministrar un combustible basado en carbono y al menos un sistema de quemadores de oxifuel para alimentar el oxígeno y el combustible basado en carbono en su respectiva caldera en una proporción casi estequiométrica. El sistema de oxifuel está configurado para limitar un exceso ya sea del oxígeno o del combustible basado en carbono en una tolerancia predeterminada. Los tubos de la caldera de cada caldera están configurados para dirigir una exposición de energía radiante para su transferencia en energía. Cada una de las calderas es independiente de cada una de las otras calderas.

50

COMPENDIO DE LA INVENCION

Cuando comienza la caldera usando el sistema de combustión de aire la concentración de dióxido de carbono en el gas de escape es baja, de modo que es difícil retirar el dióxido de carbono por la instalación de captación de CO<sub>2</sub> usada en la combustión del oxifuel. Por lo tanto, después de comenzar, hasta que la carga de la caldera alcance un valor predeterminado y el sistema de combustión de aire sea cambiado al sistema de combustión de oxifuel, el gas de escape que contiene dióxido de carbono es descargado a la atmósfera directamente por la chimenea.

55

No obstante, el objeto principal del sistema de combustión del combustible oxigenado es eliminar el dióxido de carbono en el gas de escape y reducir en gran medida la cantidad de descarga de gases de calentamiento global. Por lo tanto, incluso en un estado de carga baja no es deseable descargar dióxido de carbono a la atmósfera.

60

Un objeto de la presente invención es reducir la cantidad de descarga de dióxido de carbono cuando la caldera de combustión de oxifuel está a una carga baja.

65

La presente invención proporciona una planta de calderas de combustión de oxifuel que tiene una primera caldera y una segunda caldera para inyectar un gas que contiene oxígeno en una concentración mayor que la del aire, un gas

que incluye dióxido de carbono en una concentración mayor que la del aire, y un combustible procedente de un quemador y que genera vapor por el gas de combustión en un horno, respectivamente, comprendiendo: un tubo de suministro de gas de escape para suministrar el gas de escape descargado de la primera caldera a un quemador de la segunda caldera, y un aparato de control de la tasa de flujo para controlar una tasa de flujo del gas de escape que fluye a través del tubo de suministro de gas de escape, en donde el aparato de control de la tasa de flujo del gas de escape está configurado para controlar la tasa de flujo del gas que fluye a la segunda caldera, y un sistema de circulación del gas de escape para recircular el gas de escape descargado de la segunda caldera al quemador de la segunda caldera en donde la planta de calderas de combustión de oxifuel está configurada para usar el gas de escape de la primera caldera suministrado desde el tubo de suministro de gas de escape cuando comienza la segunda caldera, y la planta de calderas de combustión de oxifuel está configurada para reducir una cantidad de gas de escape de la primera caldera que fluye a través del tubo de suministro del gas de escape después de la llegada a un estado de carga predeterminado de la segunda caldera y se aumenta una cantidad de gas de escape de circulación de la segunda caldera que fluye a través del sistema de circulación del gas de escape.

De acuerdo con la presente invención se puede reducir la cantidad de la descarga de dióxido de carbono cuando la caldera de combustión del oxifuel está en una carga baja.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es un dibujo para mostrar la constitución de la planta de calderas con relación a una Realización 1 de la presente invención.

La Figura 2 es un dibujo para mostrar la constitución y la disposición del sistema de suministro de agua-vapor de la Realización 1.

La Figura 3 es un dibujo para mostrar la relación de conexión del sistema de suministro de agua-vapor de la Realización 1.

La Figura 4 es un dibujo para mostrar la constitución de la planta de calderas con relación a la Realización 2 de la presente invención.

La Figura 5 es un dibujo para explicar el efecto de reducción de la cantidad de descarga del dióxido de carbono en la Realización 1 de la presente invención.

La Figura 6 es un dibujo para mostrar un ejemplo de constitución de la unidad de separación del aire (ASU) de la Realización.

La Figura 7 es un dibujo para explicar un ejemplo de conexión del tubo de gas de escape con la unidad de separación de CO<sub>2</sub> de la Realización.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

En adelante, las realizaciones de la presente invención serán explicadas con referencia a los dibujos que se acompañan.

[Realización 1]

La Figura 1 muestra la constitución de la planta de calderas que usan carbón como combustible.

En la Figura 1 esta realización de la planta de calderas en la presente invención muestra el caso en el que hay dos plantas con la misma estructura (en adelante referidas como unidades). Con respecto a los números mostrados en el dibujo a se usa para la unidad A y b se usa para la unidad B.

Esta realización muestra una planta de energía térmica para generar vapor usando una caldera 200. El sistema de un gas de escape de combustión 380 descargado de la caldera 200 incluye un precalentador 330 de gas, un sistema de control de la calidad del aire (AQCS) 340 para purificar el gas de escape, un ventilador 381 para permitir que fluya el gas, una unidad 350 de captación de CO<sub>2</sub> para enfriar, licuar y captar dióxido en el gas de escape, y una chimenea 370 para descargar el gas que principalmente incluye el nitrógeno y el oxígeno que quedan después de la captación de dióxido de carbono (no está dibujado el tubo desde la unidad 350 de captación de dióxido de carbono a la chimenea 370).

Esta realización tiene como objetivo una caldera del sistema de combustión de oxifuel para quemar combustible usando un gas que incluye un oxígeno de gran pureza en lugar de aire y una planta que incluye la caldera del sistema de combustión de oxifuel.

Por lo tanto, la caldera de combustión de oxifuel incluye una unidad de separación de aire (ASU) 360 para separar el aire entre gas nitrógeno y gas oxígeno, produciendo de este modo un oxígeno de gran pureza. La unidad 360 de separación de aire es un sistema para enfriar el aire y separar el oxígeno y el nitrógeno usando una diferencia en punto de ebullición entre los dos. Esta realización no depende del método de separación del aire. El método de separación del aire puede ser un sistema de separación de membrana para separar el nitrógeno y el oxígeno usando una diferencia en el tamaño entre las moléculas de nitrógeno y las moléculas de oxígeno u otras.

La unidad 360 de separación de aire separa el aire en gas de oxígeno de alta pureza 362 y gas de nitrógeno 361. El gas de nitrógeno 361 es descargado a la atmósfera por la chimenea 370.

Si el combustible se quema usando un oxígeno de gran pureza en lugar de aire, la temperatura de la llama sube extremadamente alta, y existe la posibilidad de que el quemador y la superficie de la pared de la caldera puedan ser dañados. Por lo tanto, el gas de oxígeno de alta pureza 362 producido por la unidad 360 de separación de aire se mezcla con el gas de escape de circulación 390 que es una parte del gas de escape descargado de la caldera 200 y es suministrado a un quemador 210 y a un puerto de gas 225 para una doble combustión.

El gas de escape 380 de la combustión es purificado por el sistema 340 de control de la calidad del aire, es parcialmente sacado, y después es cambiado al gas 390 de escape de circulación. La temperatura del gas de escape 390 de circulación es elevada por el precalentador 330 de gas. Una válvula de regulación 391 para la tasa del flujo de gas de escape de circulación regula la tasa de flujo del gas de escape 390 de circulación mediante el cambio de su abertura.

Las válvulas 211 y 212 que regulan la tasa del flujo de oxígeno pueden regular la tasa del flujo del gas de oxígeno 362 suministrado al quemador 210 y al puerto de gas 225 regulando su abertura. Además, la tasa del flujo de gas que regulan las válvulas 213 y 214 puede regular la tasa de flujo del gas 390 de escape de circulación controlando su abertura.

Por otra parte, el carbón que es combustible es cambiado a carbón pulverizado mediante un pulverizador de carbón 130 y es suministrado al quemador 210 juntamente con una parte del gas de escape 390 de circulación que pasa a través de la válvula 213 de regulación de la tasa del flujo de gas de escape. El quemador 210 mezcla y quema el gas 362 de oxígeno con el carbón pulverizado y el gas de escape 390 de circulación, generando de este modo un gas de alta temperatura en el horno de la caldera 200.

El sistema de combustión de oxifuel no suministra a la caldera nitrógeno del que forma aproximadamente el 80% del aire, de modo que un óxido de nitrógeno ( $\text{NO}_x$  térmico) principalmente obtenido del nitrógeno en el aire no es generado y la cantidad de descarga de un óxido de nitrógeno se reduce en comparación con el sistema de combustión de aire. Además, la mayor parte del carbono en el combustible es cambiada a dióxido de carbono debido a la combustión. Por lo tanto, el gas de escape es cambiado a un gas de dióxido de carbono de alta concentración.

Por lo tanto, el sistema de combustión de oxifuel, comparado con el caso en el que el dióxido de carbono es captado del gas de escape de la caldera del sistema de combustión de aire, no requiere un paso para la concentración del dióxido de carbono. El sistema de combustión del oxifuel no requiere la energía para concentrar el dióxido de carbono, por lo que consigue una mayor eficiencia que la del sistema de combustión de aire, y llega a ser un sistema apropiado para la captación de dióxido de carbono.

La Figura 2 muestra la disposición de las unidades del sistema de suministro agua-vapor. La caldera 200 capta calor del gas de combustión de alta temperatura y genera vapor. El horno tiene un quemador 210 para quemar combustible, de modo que internamente consigue una alta temperatura. La pared de enfriamiento llamada una pared de agua 230 enfría toda la superficie de la pared y también capta el calor del gas de combustión. En la caldera 200 adicionalmente hay un intercambiador de calor compuesto por un economizador 290, un supercalentador primario 280, un supercalentador secundario 240, un supercalentador terciario 250, un recalentador primario 270, y un recalentador secundario 260. Estos intercambiadores de calor captan el calor del gas de combustión y generan un vapor a alta temperatura.

La Figura 3 muestra el flujo de vapor. El agua de alimentación a la caldera 200 es primeramente llevada al economizador 290, a continuación secuencialmente pasa a través de la pared de agua 230, el supercalentador primario 280, el supercalentador secundario 240, y el supercalentador terciario 250, sube de temperatura, se convierte en vapor principal 251, y entra en una turbina 300 de vapor a alta presión. El vapor hace su trabajo en la turbina 300 de vapor de alta presión, desciende de temperatura y presión, es recalentado por el recalentador primario 270 y el recalentador secundario 260, y entra en una turbina 301 de baja presión intermedia. A continuación, el vapor es descargado de la turbina 301 de vapor de baja presión intermedia, es enfriado a agua líquida por el condensador 310, y es enviado nuevamente por la bomba 320 de agua de alimentación al economizador 290 de la caldera 200 como agua de alimentación. El vapor fluye en el ciclo antes mencionado. Actualmente, hay una unidad dispuesta en la anterior etapa del economizador 290 tal como un calentador del agua de alimentación para elevar la temperatura del agua de alimentación. No obstante, no se ha relacionado directamente con esta realización, de modo que su explicación se omitirá.

La unidad A de esta realización es iniciada en primer lugar. La unidad A no puede obtener la energía (energía eléctrica) para impulsar la unidad 360 de separación de aire en el momento de iniciación, de modo que el oxígeno no puede ser suministrado a la caldera de la unidad A y la cantidad de gas de escape de circulación no puede ser asegurada de una manera estable. Por lo tanto, se propone un método para iniciar la caldera del sistema de combustión de oxifuel por el sistema de combustión del aire. Cuando se inicia la caldera por el sistema de combustión de aire, se cierra una válvula de regulación 391a de la tasa de flujo del gas de escape de circulación, y se abre una válvula 364a de regulación de la tasa de flujo de aire, por lo que el aire 363 es suministrado a la caldera 200a en lugar del gas de escape, y se puede ejecutar la combustión usando aire.

5 Incidentalmente, el reciente avance del calentamiento global es serio y se requiere fuertemente la reducción en la cantidad de descarga de gases de efecto invernadero representados por el dióxido de carbono. Se señala que una planta de energía térmica para producir vapor por el calor obtenido quemando combustible y generando energía, su cantidad de descarga de dióxido de carbono es mayor en comparación con la de otros sistemas de generación de energía. Por otra parte, la demanda de energía mundial muestra una tendencia continua en aumento. Por lo tanto, desde el punto de vista de un suministro de energía estable, la generación de energía térmica tiene un papel importante como una fuente de recursos de energía. Por lo tanto, el sistema de combustión de oxifuel puede fácilmente captar dióxido de carbono en el gas de escape, por lo que es un método a la expectativa efectivo para reducir la generación de dióxido de carbono de las plantas de energía térmica.

10 No obstante, si la segunda unidad B es iniciada por el sistema de combustión de aire, en el momento de carga baja desde el comienzo para cambiar al sistema de combustión de oxifuel, la concentración de dióxido de carbono en el gas de escape es aproximadamente el 20%, la cual es similar al de la caldera de combustión de aire. Cuando solamente aproximadamente el 20% del dióxido de carbono está contenido en el gas de escape es necesario un paso para concentrar el dióxido de carbono y el paso de concentración consume energía. Por lo tanto, se reduce la total eficiencia de la planta de calderas. Por lo tanto, mientras que la caldera es operada por el sistema de combustión de aire, es difícil separar y retirar el dióxido de carbono.

15 Por lo tanto, esta realización de la presente invención propone un sistema de calderas de combustión de oxifuel capaces de retirar el dióxido de carbono en el gas de escape con la planta eficientemente mantenida en el estado de carga baja desde el comienzo hasta cambiar al sistema de combustión de oxifuel y reducir la cantidad de dióxido de carbono descargada a la atmósfera. Es decir, desde el momento de comienzo de la segunda unidad la planta de calderas puede ser operada por el sistema de combustión de oxifuel, de este modo la cantidad de descarga del dióxido de carbono en la etapa inicial de la operación puede ser en gran medida suprimida.

20 La constitución mostrada en la Figura 1 muestra una planta de energía compuesta de dos unidades de una unidad A 100a y una unidad 100b. Se considerará el caso en el que la unidad A 100a sea iniciada primero y después sea iniciada la unidad B 100b. En el momento del inicio de la unidad A 100a no se genera energía en la planta, entonces la unidad 360 de separación de aire no puede suministrar gas oxígeno a una caldera 200a. Además, no hay circulación de gas de escape. Por lo tanto, la unidad A 100a primeramente iniciada tiene que ser iniciada por el anterior sistema de combustión de aire.

25 No obstante, la segunda unidad B 100b es iniciada por el sistema de combustión de oxifuel, de modo que la cantidad de dióxido de carbono descargada de la unidad B 100b puede ser reducida. A continuación se explicará el método específico para iniciar la unidad B 100b.

30 Primeramente, se describirá el método de suministro del gas oxígeno 362. Como se muestra en la Figura 6, la unidad 360 de separación de aire está compuesta por las unidades 360a a 360g que tienen una pequeña capacidad con siete unidades en total. En esta realización, para responder a la carga máxima de una unidad, se deben operar tres unidades. Cuando se inicia la unidad B 100b mientras la unidad A está operando a la carga máxima, el gas oxígeno necesario para iniciar la unidad B 100b opera secuencialmente el número de unidades necesario entre las restantes cuatro unidades. Además, para producir oxígeno, la unidad 360 de separación de aire requiere energía eléctrica. Por lo tanto, la unidad 360 de separación de aire usa la salida generada de la unidad A 100a.

35 La energía eléctrica para operar la unidad 360 de separación de aire puede ser considerada para ser recibida por un método para recibir desde el sistema de energía eléctrica. No obstante, el consumo de energía de la unidad de separación de aire es comparativamente grande, de modo que es necesaria una instalación receptora de energía con una gran capacidad. Por lo tanto, es deseable usar la salida generada de la unidad A.

40 A continuación se describirá el método de suministro del gas de escape de circulación 390b. Los sistemas de circulación del gas de escape de la unidad A 100a y de la unidad B 100b están conectados por un tubo 400 de suministro de gas de escape. Cuando la unidad B 100b es iniciada, las válvulas 364a y 364b de regulación de la tasa del flujo de aire están en el estado totalmente cerrado y la atmósfera no es suministrada a una caldera 200b. La válvula 391a de regulación de la tasa de flujo de gas de escape de circulación y las válvulas 392a y 392b de regulación de la cantidad de suministro de gas de escape están abiertas, y una parte del gas de escape de circulación de la unidad A 100a pasa a través de la válvula 392a de regulación de la cantidad de suministro de gas de escape y es suministrado a la unidad B 100b por el tubo 400 de suministro de gas de escape. La válvula 392b de regulación de la cantidad de suministro de gas de escape está totalmente abierta y el gas de escape suministrado desde la unidad A 100a es enviado a la caldera 200b por un ventilador 382b. Además, la cantidad de gas de escape total descargado por la caldera 200a de la unidad A es el total de la cantidad de gas de escape necesario para la demanda de carga de la unidad A (esto es, la cantidad de gas de escape recirculado a un quemador 210a de la unidad A) y la cantidad de gas de escape necesario en el momento de inicio de la unidad B.

45 En este momento una válvula reguladora 391b para la tasa de flujo de gas de escape de circulación está totalmente cerrada, y el gas descargado de la caldera 200b pasa a través de un sistema 340b de control de la calidad del aire y

la cantidad total es enviada a una unidad 350b de captación de CO<sub>2</sub> por un ventilador 381b, y después el dióxido de carbono es separado y retirado. Cuando se inicia la unidad B 100b, para la energía de la unidad 350 de captación de CO<sub>2</sub>, se usa la salida generada de la unidad A.

5 En la Figura 1 la unidad 350 de captación de CO<sub>2</sub> está instalada en cada unidad. No obstante, como se muestra en la Figura 7, la unidad 350 de captación de CO<sub>2</sub> puede ser compartida entre las unidades.

10 A continuación se explicará el método de control de la cantidad de suministro del gas de escape. La Figura 1 muestra un aparato 500 de control de la tasa de flujo del gas para controlar la tasa de flujo de gas de escape suministrado a la unidad B 100b. La concentración de oxígeno de un fluido inyectado desde el quemador 210b y el puerto de gas 225b es controlado de acuerdo con el valor objetivo prefijado dependiendo del estado de carga de la caldera.

15 La cantidad de oxígeno suministrada al quemador 210b es prefijada a partir de sus características de combustión de acuerdo con la cantidad de combustible. La cantidad de oxígeno suministrada al puerto de gas 225b es fijada sobre la base de las características de doble combustión de acuerdo con el estado de carga de la caldera. Las aberturas de una válvula 211b que regula el oxígeno del quemador y de una válvula 212b que regula el oxígeno del puerto de gas son controladas respectivamente para suministrar las cantidades de oxígeno prefijadas.

20 Si las cantidades de suministro de oxígeno al quemador 210b y al puerto de gas 225b están decididas, las cantidades de gas de escape suministradas a ellos están controladas, de este modo la concentración de oxígeno de cada unidad está controlada en un valor de objetivo prefijado de la concentración de oxígeno.

25 La concentración del oxígeno de entrada del quemador 210b y del puerto de gas 225b son medidas respectivamente por los densímetros 503b y 504b. Una concentración 505 de oxígeno medida del quemador es transmitida a un sustractor 512 y el sustractor 512 produce una señal de desviación 513 entre la concentración 505 de oxígeno del quemador y un valor fijado 502 de concentración de oxígeno del quemador. La señal de desviación 513 de la concentración de oxígeno del quemador es introducida en un controlador 514 de integración proporcional, y el controlador 514 de integración proporcional produce una instrucción 523 de control para controlar el número de revoluciones del ventilador 382b para reducir la señal de desviación 513 a cero. El ventilador 382b cambia el número de revoluciones sobre la base de la instrucción 523 de control, por lo que la cantidad de gas de escape de suministro puede ser controlada. Por otra parte, una concentración 506 de oxígeno del puerto de gas es transmitida a un sustractor 507, y el sustractor 507 produce una señal de desviación 508 entre la concentración 506 de oxígeno del puerto de gas y un valor 501 fijado de la concentración de oxígeno del puerto de gas. La señal de desviación 508 es introducida en un controlador 509 de integración proporcional, y el controlador de integración proporcional 509 produce una instrucción 510 de control para controlar la abertura de una válvula 214b de regulación de la tasa de flujo para reducir a cero la señal 508 de desviación de la concentración de oxígeno del puerto de gas. La válvula 214b que regula la tasa de flujo cambia la abertura sobre la base de la instrucción de control 510, de modo que la cantidad de gas de escape suministrado al puerto de gas puede ser controlada.

40 Además, las señales de desviación 513 y 508 se cambian a las señales 516 y 517 que están multiplicadas por determinadas ganancias de los multiplicadores de ganancia 515 y 511. Las señales 516 y 517 son introducidas en un sumador 518 y el sumador 518 produce una señal 519 a un controlador 520 de integración proporcional. El controlador 520 de integración proporcional produce una instrucción de control 521 a una unidad de conmutación 522 y la unidad de conmutación 522 controla la abertura de la válvula 392a de regulación de la cantidad de suministro de gas de escape de la unidad A 100a.

50 La abertura de la válvula 392a de regulación de la cantidad de suministro del gas de escape se cambia sobre la base de la instrucción 521 de control y puede controlar la cantidad de gas de escape suministrado desde la unidad A 100a a la unidad B 100b. Como se ha mencionado antes, la caldera incluye el tubo 400 de suministro de gas de escape para suministrar el gas descargado desde la unidad A al quemador de la unidad B y al aparato 500 de control de la tasa de flujo de gas para controlar la tasa de flujo de gas de escape que fluye a través del tubo de suministro del gas de escape, de este modo desde el momento de inicio de la unidad B, el gas de escape de la unidad A puede ser suministrado al quemador 210b y al puerto de gas 225b de la unidad B. Por lo tanto, la unidad B puede ser iniciada por el sistema de combustión de oxifuel y desde el momento de inicio puede mantener alta la concentración del dióxido de carbono en el gas de escape. Por lo tanto, la unidad B que se inicia secundariamente no necesita concentrar dióxido de carbono en el gas de escape, de este modo el puede ser separado y captado fácilmente, de modo que la cantidad de descarga de dióxido de carbono en el momento de bajas cargas de la caldera de combustión de oxifuel puede ser suprimida. La cantidad de descarga de dióxido de carbono cuando la caldera de combustión de oxifuel ha comenzado puede ser reducida más, resultando en una contribución a la supresión del calentamiento global.

65 Desde el comienzo de la unidad B 100b en un predeterminado estado de carga, la unidad de conmutación 522 produce la instrucción de control 521 a la válvula 392a de regulación de la cantidad de suministro del gas de escape, y después de la llegada al estado de carga predeterminado, se cambia para producir la instrucción de control 521 a la válvula 391b de regulación de la tasa de flujo de escape de circulación. Además, el estado de carga

predeterminado puede ser considerado para ser el punto de tiempo cuando la cantidad de gas de escape descargado de la unidad B está estabilizada.

5 Desde el momento de inicio al predeterminado estado de carga, la válvula 391b de regulación de la tasa de flujo del gas de escape está totalmente cerrada. Cuando se conmuta la salida por la unidad de conmutación 522, si la válvula 392a de regulación de la tasa de flujo del gas de escape es cerrada abriendo la válvula 391b de regulación de la tasa de flujo del gas de escape, la cantidad de gas que pasa a través del ventilador 382b se mantiene constante. Después de la conmutación, las válvulas 392a y 392b que regulan la cantidad de suministro de gas de escape están totalmente cerradas y el gas de escape no fluye de la unidad A 100a a la unidad B 100b.

10 Como se ha mencionado antes, sobre la base de la tasa de flujo de gas de escape calculada por el aparato 500 de control de la tasa de flujo de gas, está instalada la unidad de conmutación 522 para controlar las tasas de flujo de gas de escape que fluyen a través del tubo 400 de suministro de gas de escape para suministrar gas de escape de la unidad A a la unidad B y el sistema de circulación de gas de escape para recircular el gas de escape descargado de la caldera 200b de la unidad B a la caldera 200b de la unidad B, por lo que después de que la tasa de carga de la unidad B alcance el estado de carga predeterminado, el gas de escape no fluye desde la unidad A a la unidad B. Por lo tanto, la unidad A y la unidad B pueden ser operadas independientemente una de otra, por lo que el control puede ser ejecutado fácilmente.

15 Además, la unidad de conmutación 522, después de la llegada al estado de carga predeterminado de la caldera, reduce la cantidad de gas de escape del tubo 400 de suministro de gas de escape e incrementa la cantidad de gas de escape de circulación de la unidad B, por lo que la tasa de flujo de gas de escape que fluye a través de la caldera 200b de la unidad B puede ser mantenida constante.

20 El anterior método de control se explica para la unidad B 100b, aunque el método de concentración de oxígeno del quemador 210 y del puerto de gas 225 es el mismo para la unidad A 100a. Además, incluso si la unidad B 100b es comenzada inicialmente y después la unidad A 100a es iniciada, las unidades son solamente intercambiadas y el método de control se mantiene no cambiado.

25 En esta realización se instala un tubo 393 de desvío que desvía el precalentador 330 de gas. La tasa de flujo del tubo 393 de desvío de gas de escape puede ser controlada por una válvula 394 que regula la tasa de flujo del gas de escape del desvío. Haciendo esto, se puede controlar la temperatura del gas de escape suministrado al quemador 210 y al puerto de gas 225.

30 En la Figura 1, el tubo 400 de suministro del gas de escape entre las unidades está conectado en la parte frontal del ventilador 382a. No obstante, el tubo 400 de suministro de gas de escape puede estar conectado en el lado de aguas abajo de un tubo 393a de desvío de gas de escape para suministrar gas de escape calentado mediante un precalentador 330a de gas de la unidad A 100a a la unidad B 100b.

35 Además, en esta realización, en el sistema para retornar el gas de escape descargado de un sistema 340a de control de la calidad del aire de la unidad A al precalentador 330a de gas está instalada una entrada al tubo 400 de suministro de gas de escape. El sistema 340a de control de la calidad del aire retira los NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub> que son unos componentes perjudiciales del gas de escape. Al gas de escape con los componentes perjudiciales retirados se les permite fluir a través del tubo 400 de suministro de gas de escape, de modo que se puede impedir que se corra el tubo 400 de suministro del gas de escape.

40 También, el aparato 500 de control de la tasa de flujo puede tener una función para calcular la cantidad total de gas de escape obtenido añadiendo la cantidad de gas de escape necesaria para el estado de operación de la caldera 200b de la unidad B a la cantidad de gas de escape necesaria para la demanda de carga de la caldera 200a de la unidad A y controlar la tasa de flujo de gas de escape que fluye a la caldera 200b de la unidad B sobre la base de la cantidad de gas de escape total.

45 La Figura 5 es un dibujo que muestra los cambios en la concentración del dióxido de carbono y la cantidad de descarga de dióxido de carbono incluida en el gas de escape después de que la unidad B 100b haya comenzado. Primeramente, como un ejemplo de comparación, se explicará el comportamiento del sistema de arranque de la combustión de aire. El sistema de inicio de la combustión de aire opera por el sistema de combustión de aire hasta que la tasa de carga (1), incrementa la cantidad de gas de escape de circulación reduciendo la cantidad de aire en la tasa de carga (1), simultáneamente comienza el suministro de oxígeno, y se mueve al sistema de combustión de oxifuel.

50 Durante la operación por el sistema de combustión de aire en cuanto a la tasa de carga (1), la concentración de dióxido de carbono en el gas de escape es aproximadamente el 20% y la mayor parte del resto es nitrógeno contenido en el aire. En este período la concentración del dióxido de carbono en el gas de escape es baja y el dióxido de carbono puede ser difícilmente separado y retirado, de modo que el gas de escape es descargado directamente a la atmósfera.

En el momento en que el sistema de combustión de aire es cambiado al sistema de combustión de oxifuel en la tasa de carga (1), el nitrógeno en el aire no es introducido en la caldera, por lo que la concentración de dióxido de carbono en el gas de escape aumenta al 80% o más. Por lo tanto, el paso de concentrar dióxido de carbono en el gas de escape puede ser omitido y la unidad 350 de captación de  $\text{CO}_2$  puede separar y fácilmente retirar el dióxido de carbono. Por lo tanto, el dióxido de carbono en el gas de escape es casi completamente retirado, y el dióxido de carbono descargado en la atmósfera es extremadamente reducido.

Por otra parte, en esta realización la caldera puede ser operada por el sistema de combustión de oxifuel desde el momento del comienzo, de modo que la concentración de dióxido de carbono en el gas de escape es alta desde el comienzo. Por lo tanto, la cantidad de dióxido de carbono descargada a la atmósfera antes de la llegada a la tasa de carga (1) puede ser casi completamente eliminada.

[Realización 2]

Esta realización mostrada en la Figura 4, cuando comienza la primera unidad A entre dos unidades (unidad A y unidad B), indica un método para reducir la cantidad de dióxido de carbono descargado de la primera unidad A. La Figura 4 muestra la constitución de la unidad A.

Las diferencias de la constitución de la unidad de la realización mostrada en la Figura 1 son el método de suministro de gas oxígeno y el método de suministro de gas de escape que principalmente incluye dióxido de carbono. En la presente realización el camino del flujo a través del cual fluye el gas oxígeno desde la unidad 360 de separación de aire al quemador 210a y al puerto de gas 225a está ramificado a mitad de camino e incluye una tubería 611 de almacenamiento de oxígeno. En la tubería 611 de almacenamiento de oxígeno está instalado un tanque 612 de almacenamiento de oxígeno y el tanque 612 de almacenamiento de oxígeno almacena gas oxígeno. Por lo tanto, el tanque 612 de almacenamiento de oxígeno puede también suministrar gas oxígeno.

La cantidad de oxígeno almacenado en el tanque 612 de almacenamiento de oxígeno es controlada por una válvula 610 de regulación de la cantidad de almacenamiento de oxígeno en el lado de aguas arriba y la cantidad de oxígeno suministrado desde el tanque 612 de almacenamiento de oxígeno es controlada por una válvula 613 de regulación de la cantidad de suministro del oxígeno almacenado en el lado de aguas abajo.

Por otra parte, el dióxido de carbono captado por la unidad 350 de captación de dióxido de carbono es almacenado en un tanque 601 de dióxido de carbono. Y, el dióxido de carbono 601 puede suministrar dióxido de carbono al quemador 210a y al puerto de gas 225a. Una válvula de regulación 602 de la cantidad de suministro de dióxido de carbono almacenado instalada en el lado de aguas abajo del tanque 601 de dióxido de carbono controla la cantidad de dióxido de carbono suministrada desde el tanque 601 de dióxido de carbono.

Además, una parte del dióxido de carbono suministrado desde el tanque 601 de dióxido de carbono está estructurado para elevar la temperatura por medio de un calentador 604. La cantidad de dióxido de carbono que fluye a través del calentador 604 está controlada por la abertura de una válvula 603 que regula la tasa de flujo. El dióxido de carbono elevado en temperatura por el calentador 604 se une a un tubo 605 de suministro del dióxido de carbono almacenado. Aunque no está dibujado, la abertura de la válvula 603 de regulación de la tasa de flujo está controlada de modo que la temperatura del dióxido de carbono medida después de la unión coincide con el valor objetivo de la temperatura, por lo que la temperatura del dióxido de carbono puede ser controlada. Como se ha mencionado antes, el calentador 604 está instalado, de este modo se eleva la temperatura del dióxido de carbono inyectado desde el quemador 210a y el combustible puede ser quemado de forma estable. Además, la cantidad de absorción de calor de la caldera puede ser mejorada.

Mediante el uso de tal constitución, incluso cuando la primera unidad A 100a está iniciada, el oxígeno puede ser suministrado desde el tanque 612 de almacenamiento de oxígeno y el dióxido de carbono puede ser suministrado desde el tanque 601 de dióxido de carbono. Por lo tanto, la unidad A 100a puede ser iniciada por el sistema de combustión de oxifuel y la cantidad de descarga del dióxido de carbono puede ser reducida.

Además, el oxígeno almacenado en el tanque 612 de almacenamiento de oxígeno y el dióxido de carbono almacenado en el tanque 601 de dióxido de carbono son almacenados durante la operación ordinaria de las unidades.

Además, el oxígeno almacenado en el tanque 612 de almacenamiento de oxígeno puede ser usado durante la operación ordinaria de las unidades. Particularmente, una planta de energía térmica es a menudo requerida para ser operada de acuerdo con el control de carga, de modo que sería capaz de seguir un cambio repentino de carga. También, la unidad 360 de separación de aire tiene su límite fijado en la velocidad de cambio de la cantidad de oxígeno suministrado, por lo que es difícil una operación de cambio de carga que la exceda. Por lo tanto, si la caldera es operada, cuando la carga aumenta, esto es, cuando aumenta la cantidad de la demanda de oxígeno, el oxígeno almacenado en el tanque 612 de almacenamiento de oxígeno es descargado, mientras que cuando la carga disminuye, esto es, cuando disminuye la cantidad de la demanda de oxígeno, el exceso de oxígeno es almacenado en el tanque 612 de almacenamiento de oxígeno, y puede responder a un cambio de carga repentino. Por lo tanto, se puede realizar una operación flexible de acuerdo con el estado.



5 Las características, componentes y detalles específicos de las estructuras de las realizaciones antes descritas pueden ser intercambiadas o combinadas para formar otras realizaciones optimizadas para la respectiva aplicación. En tanto que estas modificaciones son rápidamente evidentes para un experto especializado en la técnica, serán divulgadas implícitamente por la anterior descripción sin especificar explícitamente cada posible combinación en aras de la concisión de la presente descripción.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Una planta de calderas de combustión de oxifuel que tiene una primera caldera (200a) y una segunda caldera (200b) para inyectar un gas que incluye oxígeno en una concentración mayor que en el aire, incluyendo el gas dióxido de carbono en una concentración mayor que en el aire, y combustible procedente de un quemador y que genera vapor de combustión de gas en un horno, respectivamente, comprendiendo:
- 10 un tubo (400) de suministro de gas de escape para suministrar el gas de escape descargado de la primera caldera (200a) a un quemador (210b) de la segunda caldera (200b);  
 un aparato (500) de control de la tasa de flujo para controlar una tasa de flujo del gas de escape (380a) que fluye a través del tubo (400) de suministro de gas de escape, en donde el aparato (500) de control de la tasa de flujo del gas está configurado para controlar la tasa de flujo del gas de escape que fluye a la segunda caldera (200b);
- 15 un sistema de circulación del gas de escape para recircular el gas de escape descargado de la segunda caldera (200b) al quemador (210b) de la segunda caldera (200b), **caracterizado por que** la planta de calderas de combustión de oxifuel está configurada para usar el gas de escape (380a) de la primera caldera (200a) suministrado desde el tubo (400) de suministro del gas de escape cuando comienza la segunda caldera (200b); y
- 20 la planta de calderas de combustión de oxifuel está configurada para reducir una cantidad de gas de escape de la primera caldera (200a) que fluye a través del tubo (400) de suministro de gas de escape después de la llegada a un estado de carga predeterminado de la segunda caldera (200b);  
 y se aumenta una cantidad del gas de escape de circulación de la segunda caldera (200b) que fluye a través del sistema de circulación del gas de escape.
- 25 2. Una planta de calderas de combustión de oxifuel de acuerdo con la Reivindicación 1, comprendiendo además el aparato:
- 30 una unidad conmutadora (522) para controlar una tasa de flujo del gas de escape que fluye a través del tubo (400) de suministro del gas de escape y el sistema de circulación del gas de escape basado en una tasa de flujo del gas de escape calculado por el aparato (500) del aparato de control de la tasa de flujo de gas.
- 35 3. Una planta de calderas de combustión de oxifuel de acuerdo con la Reivindicación 1, comprendiendo además el aparato:
- 40 una unidad conmutadora (522) para permitir que la segunda caldera (200b) use el gas de escape de la primera caldera (200a) suministrada desde el tubo (400) de suministro del gas de escape cuando comienza la segunda caldera (200b) y después de la llegada a un predeterminado estado de carga de la segunda caldera, reducir una cantidad de gas de escape de la primera caldera (200a) que fluye a través del tubo (400) de suministro del gas de escape, y aumentar una cantidad del gas de escape de circulación de la segunda caldera (200b) que fluye a través del sistema de circulación del gas de escape.
- 45 4. La planta de calderas de combustión de oxifuel de acuerdo con la Reivindicación 1 que además comprende:
- 50 un sistema (340a) de control de la calidad del aire para retirar los componentes nocivos del gas de escape (380a) descargados de la primera caldera (200a), y una unidad conmutadora (522) para permitir que la segunda caldera (200b) use el gas de escape (380a) de la primera caldera (200a) suministrado desde el tubo de suministro de gas de escape cuando se inicia la segunda caldera; y después de la llegada a un estado de carga predeterminado de la segunda caldera, reducir una cantidad de gas de escape de la primera caldera (200a) que fluye a través del tubo (400) de suministro de gas de escape, e incrementar una cantidad del gas de escape de circulación de la segunda caldera (200b) que fluye a través del sistema de circulación del gas de escape.
- 55 5. La planta de calderas de combustión de oxifuel de acuerdo con la Reivindicación 4, en donde: el aparato (500) de control de la tasa de flujo de gas calcula una cantidad de gas de escape obtenido añadiendo una cantidad necesaria de gas de escape para el estado de operación de la segunda caldera (200b) a una cantidad de gas de escape necesario para la demanda de carga de la primera caldera (200a) y controla una tasa de flujo del gas de escape que fluye a la segunda caldera (200b) sobre la base de la cantidad de gas de escape total.
- 60 6. La planta de calderas de combustión de oxifuel de acuerdo con la Reivindicación 4, en donde: el aparato (500) de control de la tasa de flujo de gas calcula una cantidad de gas de escape obtenida añadiendo una cantidad necesaria de gas de escape para el estado de operación de la segunda caldera (200b) a una cantidad de gas de escape necesario para la demanda de carga de la primera caldera (200a) y controla una tasa de flujo de gas de escape que fluye a la segunda caldera (200b) sobre la base de la concentración de oxígeno en el gas mezclado del oxígeno y del gas de escape inyectado desde el quemador (210b) de la segunda caldera (200b).
- 65

7. Un método de operación de una planta de calderas de combustión de oxifuel que tiene una primera caldera (200a) y una segunda caldera (200b) para inyectar gas que incluye oxígeno en una concentración mayor que en el aire, gas que incluye dióxido de carbono en una concentración mayor que en el aire, y combustible desde un quemador y que genera vapor por la combustión de gas en un horno, respectivamente, en donde la planta de calderas de combustión de oxifuel comprende:

5 un tubo (400) de suministro de gas de escape para suministrar el gas de escape descargado de la primera caldera (200a) a un quemador (210b) de la segunda caldera (200b),  
10 un sistema de circulación de gas de escape para recircular el gas de escape descargado de la segunda caldera (200b) al quemador (210b) de la segunda caldera (200b), y  
un aparato (500) de control de la tasa de flujo de gas para controlar una tasa de flujo de gas de escape que fluye a la segunda caldera (200b),

**caracterizado por que**

15 el método de operación de una planta de calderas de combustión de oxifuel comprende los pasos de:

cuando se inicia la segunda caldera (200b) se usa el gas de escape (380a) de la primera caldera (200a) suministrado desde el tubo (400) de suministro de gas de escape, y  
20 después de la llegada a un estado de carga predeterminado de la segunda caldera (200b) se reduce una cantidad de gas de escape de la primera caldera (200a) que fluye a través del tubo (400) de suministro del gas de escape, y se aumenta una cantidad de gas de escape de circulación de la segunda caldera (200b) que fluye a través del sistema de circulación del gas de escape.

FIG. 1

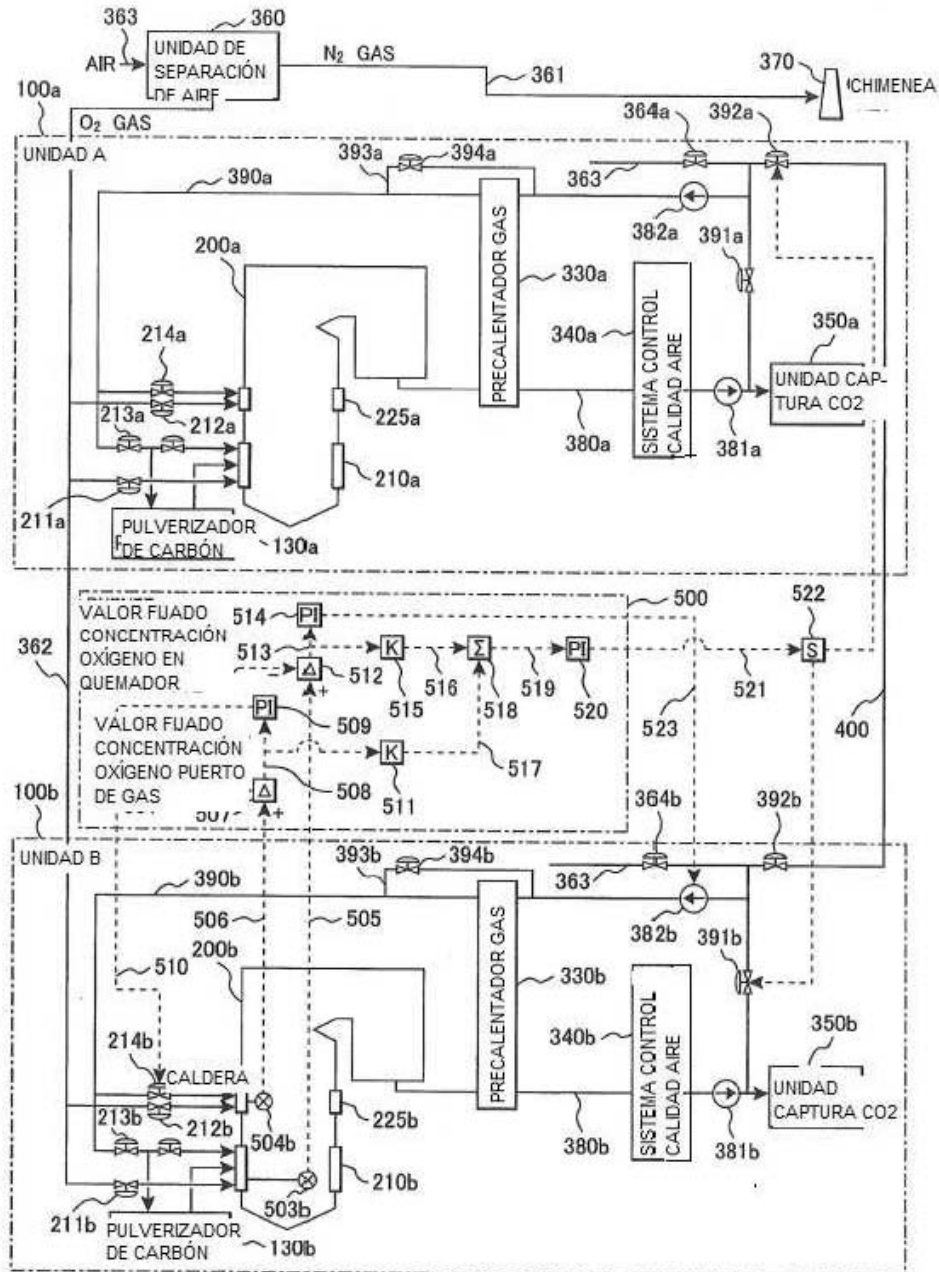


FIG. 2

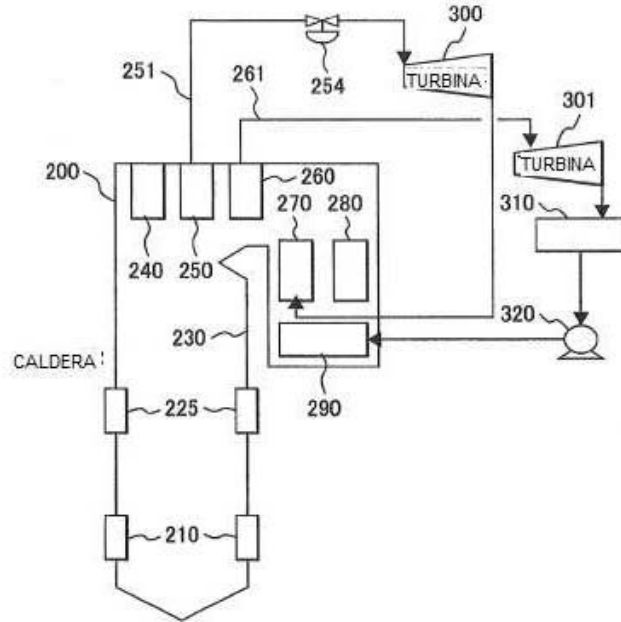


FIG. 3

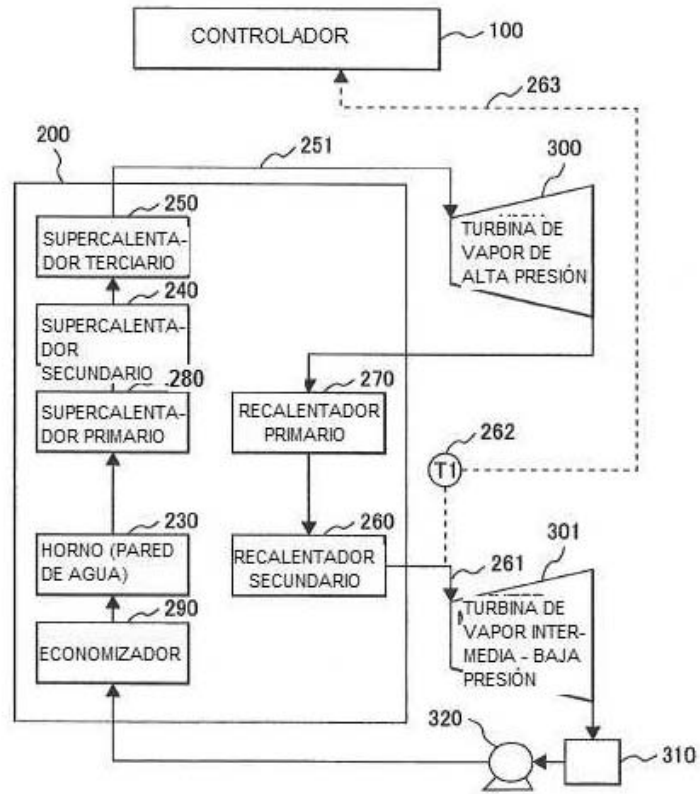


FIG. 4

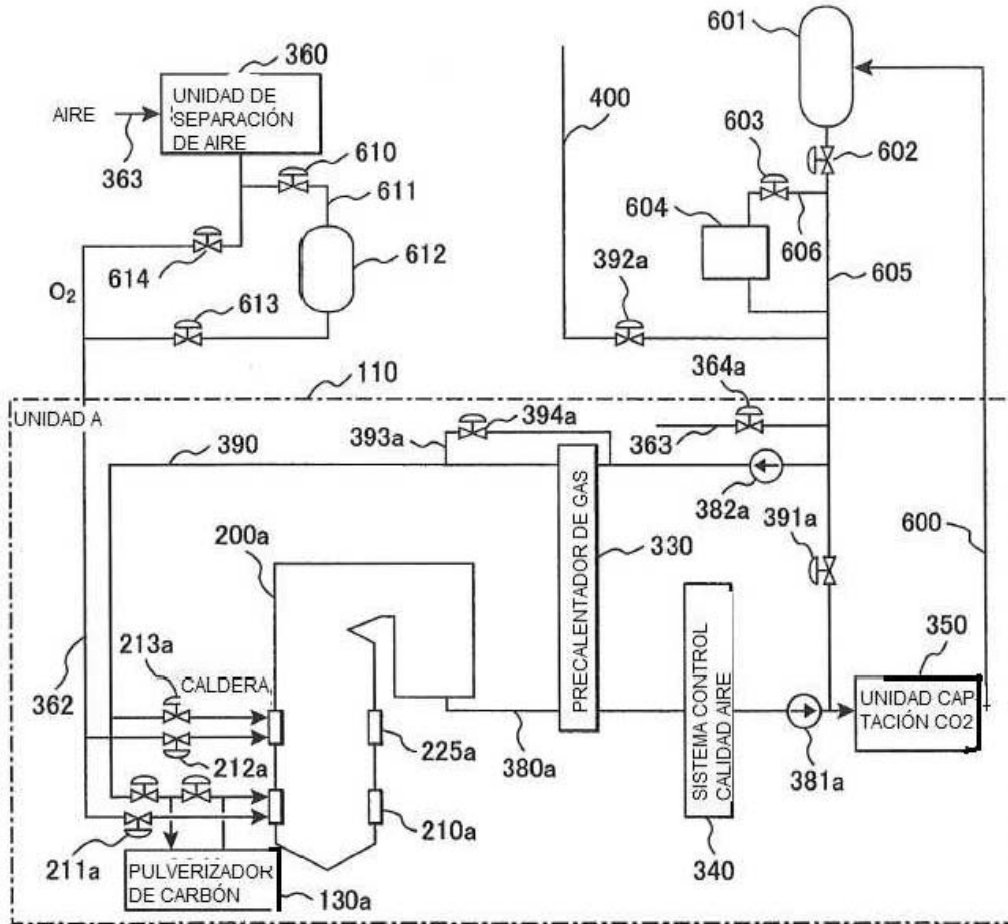


FIG. 5

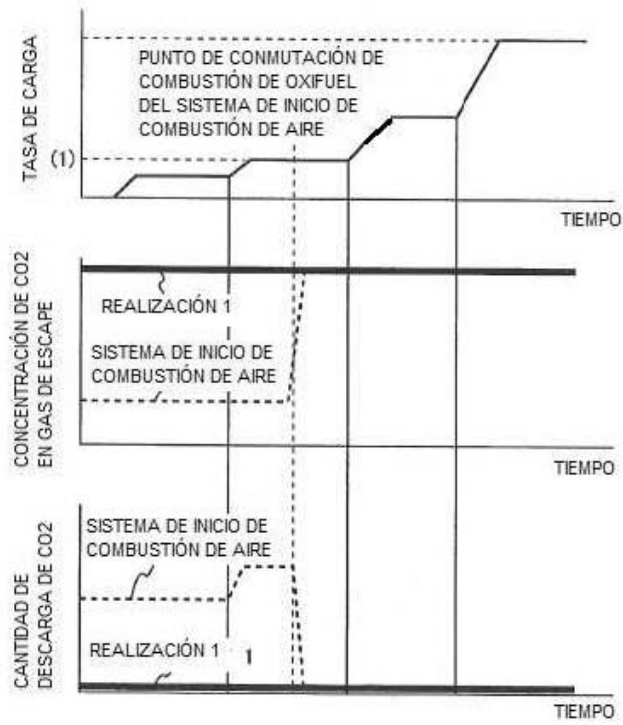




FIG. 6

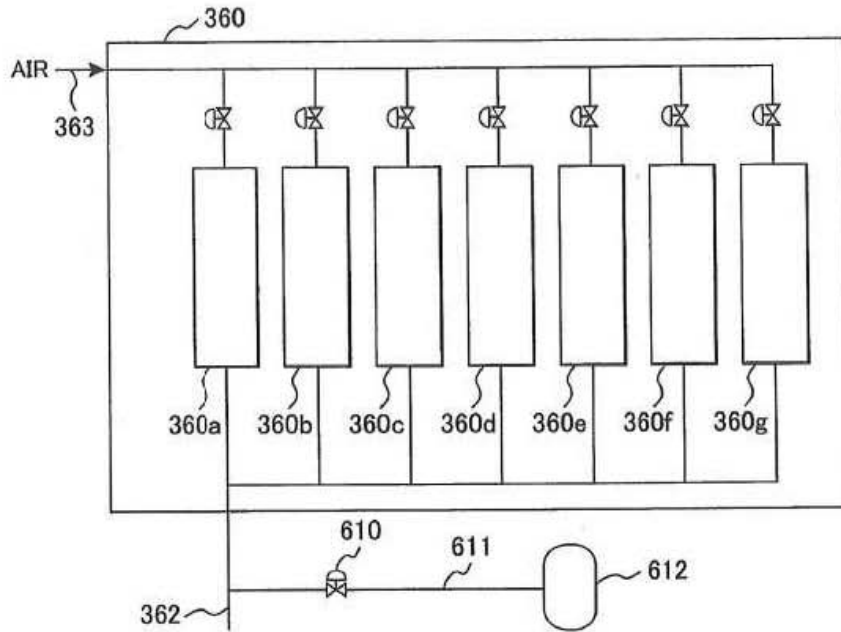


FIG. 7

