

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 372 620**

51 Int. Cl.:  
**F22B 35/00** (2006.01)  
**F23C 99/00** (2006.01)  
**F23N 5/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06833456 .4**  
96 Fecha de presentación: **28.11.2006**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1959193**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.08.2008**

54 Título: **MÉTODO Y APARATO PARA CONTROLAR LA COMBUSTIÓN EN UNA CALDERA QUE QUEMA CON OXÍGENO.**

30 Prioridad:  
**28.11.2005 JP 2005342356**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**24.01.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**24.01.2012**

73 Titular/es:  
**ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO., LTD**  
**15-1, GINZA 6-CHOME, CHUO KU**  
**TOKYO 104-8165, JP y**  
**IHI CORPORATION**

72 Inventor/es:  
**YAMADA, Toshihiko;**  
**FUJIMORI, Toshiro y**  
**TAKANO, Shinichi**

74 Agente: **de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 372 620 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

Método y aparato para controlar la combustión en una caldera que quema con oxígeno.

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere a un método y a un aparato para controlar la combustión en una caldera que quema con oxígeno, y especialmente se refiere a un método y a un aparato para controlar la combustión en una caldera que quema con oxígeno cuando la combustión con oxígeno se realiza usando una caldera existente que quema con aire.

**Técnica básica**

10 Recientemente, el calentamiento global ha estado dando problemas como cuestión relacionada con el medio ambiente a escala global en gran cantidad. Se ha puesto de manifiesto que el aumento en la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera es una de las principales causas del calentamiento global, y las plantas de energía térmica están atrayendo la atención como fuentes fijas de descarga del material. Como combustible para la generación de energía térmica se usa petróleo, gas natural o carbón. Se espera que especialmente el carbón, que tiene grandes reservas explotables, tenga una creciente demanda en el futuro.

15 El carbón tiene mucho contenido de carbono en comparación con el gas natural y el petróleo, e incluye componentes tales como hidrógeno, nitrógeno, azufre y cenizas como materia inorgánica, de forma que el aire de combustión del carbón origina gases de escape de combustión sustancialmente compuestos por nitrógeno (aproximadamente 70%) y que incluyen otros, tales como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), vapor, polvo que comprende cenizas y partículas de carbón no quemadas y oxígeno (aproximadamente 4%). Por eso, los gases de escape de combustión se descargan a la atmósfera a través de un apilamiento, después de tratamientos de los gases de escape tales como la desnitración, el desazufrado, y se realiza una eliminación del polvo para hacer que los NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> y las partículas finas, sean inferiores a la norma de emisión al medio ambiente.

20 Los NO<sub>x</sub> en los gases de escape de combustión, pueden ser NO<sub>x</sub> térmicos producidos mediante la oxidación del nitrógeno del aire por medio del oxígeno, y los NO<sub>x</sub> combustibles producidos mediante la oxidación del nitrógeno del combustible. De forma convencional, para disminuir la producción de NO<sub>x</sub> térmicos y combustibles se emplea, respectivamente, una combustión con temperatura de llama inferior y una combustión con un combustible con exceso de reductor de los NO<sub>x</sub>, en una región de la cámara de combustión.

25 En la combustión del carbón o de un combustible que contiene azufre, los gases de escape de combustión incluyen SO<sub>x</sub> que se retiran mediante un desazufrador de tipo seco o mojado.

30 También se desea que se retire, con una eficacia superior, el dióxido de carbono producido en grandes cantidades en los gases de escape de combustión. Una propuesta convencional para la retirada del dióxido de carbono en los gases de escape de combustión es, por ejemplo, la absorción en una amina u otra solución absorbente, la adsorción en un adsorbente sólido, o la separación a través de una membrana. Sin embargo, cualquiera de ellas tiene una eficacia inferior y en la práctica no se usan.

35 Entonces, se ha propuesto la combustión del combustible por medio de oxígeno, en vez de aire, como una técnica eficaz para la separación del dióxido de carbono y la supresión de la producción de NO<sub>x</sub> térmicos en los gases de escape de combustión (véase por ejemplo, la Referencia 1, los documentos JP 2001-235103 y JP 5-231609).

40 La combustión de carbón con oxígeno no produce NO<sub>x</sub> térmicos y origina gases de escape de combustión compuestos sustancialmente de dióxido de carbono, y que incluye otros tales como NO<sub>x</sub> combustibles y SO<sub>x</sub>, hecho que hace relativamente fácil enfriar los gases de escape de combustión para la licuefacción y separación del dióxido de carbono.

45 Sin embargo, la combustión con oxígeno implica un problema técnico de temperatura más alta de llama, como para tener que ocuparse, por ejemplo, de mejorar la resistencia al calor y la duración de los materiales de un horno de combustión. Como se muestra en la Referencia 1, una conocida contramedida para el problema es la recirculación de los gases de escape, bifurcando los gases de escape de combustión procedentes del horno de combustión, después del tratamiento de los gases de escape, y mezclar los gases de escape de combustión bifurcados con gas de combustión, como por ejemplo oxígeno o aire, que se va a introducir en el horno de combustión.

50 Para la recirculación de los gases de escape, en la Referencia 1 se describen medios para enfriar los gases de escape de combustión, tratados mediante medios de tratamiento de gases de escape de combustión a -80°C o menos para la licuefacción y el almacenamiento del dióxido de carbono con el fin de separarlo del oxígeno, una soplante compresora para comprimir el oxígeno para su licuefacción y almacenamiento, y medios para vaporizar el oxígeno almacenado para su recirculación a la línea de suministro de gas de combustión.

[Referencia 1] Patente japonesa N° 3068888.

## Sumario de la invención

### Problemas que se van a resolver mediante la invención

5 Sin embargo, la técnica descrita en la Referencia 1 tiene inconvenientes en los dispositivos y en la energía para que los gases de escape de combustión se enfríen mediante un enfriador para la licuefacción y el almacenamiento del dióxido de carbono, y el oxígeno se comprima para su licuefacción y almacenamiento, recirculándose a la línea de suministro del aire de combustión parte del oxígeno licuado almacenado.

10 Más específicamente, la concentración de oxígeno en los gases de escape de combustión, procedentes del equipo de combustión es, por lo general, tan baja como, más o menos, el 4%. Con el fin de recuperar este bajo contenido de oxígeno, se requiere, de forma desfavorable, un dispositivo y energía motriz de manera que el oxígeno después de la licuefacción y de la separación del dióxido de carbono, por medio de un enfriamiento mediante el enfriador, se comprima mediante una soplante compresora para recuperarlo en forma licuada.

15 Además, como se mencionó anteriormente, la combustión con oxígeno implica un problema técnico de una temperatura superior de llama, lo que es problemático en cuanto a la resistencia al calor y a la duración de los componentes de un horno de combustión. Con el fin de superar el problema, la Referencia 1 está basada en la recirculación de los gases de escape de combustión. Sin embargo, no está descrito en absoluto cómo se realiza el control para hacer posible que la operación sea estable. Por eso, es imposible operar, en la realidad, una caldera que quema con oxígeno mediante la técnica descrita en la anterior Referencia 1.

20 Más específicamente, por ejemplo, la Referencia 1 describe que se usa como gas de combustión un gas mixto de dióxido de carbono obtenido por separación a partir de los gases de escape de combustión, con oxígeno separado del aire, con una concentración de oxígeno en el gas mixto que se hace igual a la del aire. Sin embargo, el equipo de combustión puede tener una carga variada y, por eso, es natural que el oxígeno pueda faltar cuando se aumenta la carga y se aumenta la cantidad de combustible suministrado. De esta manera, la Referencia 1 no tiene en cuenta la técnica para la operación estable de la caldera que quema con oxígeno.

25 La invención se hizo en vista de lo anterior, y tiene por objeto proporcionar un método y un aparato para controlar la combustión en una caldera que quema con oxígeno, que son aplicables fácilmente a una caldera existente que quema con aire, para el control fácil y estable de la combustión, establecer una cantidad de oxígeno que se va a suministrar al cuerpo de una caldera sobre la base de la demanda de carga de la caldera y controlar una caudal de recirculación de los gases de escape de combustión sobre la base de la cantidad de absorción de calor del cuerpo de la caldera con el fin de controlar la concentración de oxígeno en todo el gas dirigido hacia el cuerpo de la caldera, y disponer de una línea para el suministro de oxígeno, mezclado con gas de recirculación, al cuerpo de la caldera, y una línea para el suministro de oxígeno directamente al cuerpo de la caldera, en el que la cantidad de absorción de calor del cuerpo de la caldera se controla cambiando las relaciones de caudales del oxígeno suministrado a dichas líneas.

### Medios o medidas para resolver los problemas

35 La invención está dirigida a un método para controlar la combustión en una caldera que quema con oxígeno, en la que el aire se separa en oxígeno y otro gas en el que prevalece el nitrógeno mediante una unidad de separación de aire, quemándose, en el cuerpo de la caldera, el oxígeno obtenido mediante la unidad de separación de aire y el combustible, con el fin de calentar agua de alimentación para producir vapor, recirculándose, al menos parcialmente al cuerpo de la caldera como gas de recirculación, el gas de escape de combustión procedente del cuerpo de la caldera, caracterizado porque comprende suministrar oxígeno al cuerpo de la caldera en una cantidad que se establece de acuerdo con la demanda de carga de la caldera, medir la cantidad de absorción de calor de la caldera usando la temperatura de entrada del agua de alimentación suministrada al cuerpo de la caldera y la temperatura de salida del vapor y/o la temperatura de los gases de escape de combustión en la caldera, y controlar el caudal de recirculación de dicho gas de recirculación para hacer que la cantidad de absorción de calor de la caldera sea igual a la cantidad de absorción de calor buscada y controlar, por ello, la concentración de oxígeno en todo el gas dirigido al cuerpo de la caldera, y en el que se dispone una línea para el suministro de dicho oxígeno mezclado con el gas de recirculación al cuerpo de la caldera y una línea para el suministro de dicho oxígeno directamente al cuerpo de la caldera, controlándose la cantidad de absorción de calor del cuerpo de la caldera cambiando las relaciones de caudales del oxígeno suministrado a dichas líneas.

50 En el método para controlar la combustión en la caldera que quema con oxígeno, es preferible que el caudal de recirculación de dicho gas de recirculación esté controlado de manera que la cantidad de absorción de calor de dicho cuerpo de la caldera llegue a ser igual a la cantidad de absorción de calor de una caldera existente quemada por aire.

55 La invención está dirigida a una caldera que quema con oxígeno que tiene un aparato para controlar los medios de suministro de oxígeno a dicha caldera, una unidad de separación del aire para separarlo en oxígeno y un gas en el que prevalece el nitrógeno, un cuerpo de caldera para recibir combustible procedente de los medios que suministran combustible y oxígeno, procedente de la unidad de separación del aire, para la combustión, calentando por ello el

- 5 agua de alimentación para producir vapor, un tubo de humos para dirigir hacia el exterior los gases de escape de combustión en dicho cuerpo de la caldera, unos medios para el tratamiento de los gases de escape dispuestos en dicho tubo de humos para llevar a cabo, al menos, la separación del polvo, un conducto para el flujo de recirculación de los gases de escape para recircular, a dicho cuerpo de la caldera, parte de los gases de escape de combustión tratados por dichos medios de tratamiento de los gases de escape, caracterizado porque comprende un controlador de la cantidad suministrada de oxígeno para controlar la cantidad de oxígeno suministrado a dicho cuerpo de la caldera, de acuerdo con la demanda de carga de la caldera, unos medios de control del caudal de recirculación en dicho conducto del flujo de recirculación de los gases de escape, un medidor de la temperatura de entrada para medir la temperatura del agua de alimentación suministrada a dicho cuerpo de la caldera, un medidor de la temperatura de salida para medir la temperatura del vapor a la salida del cuerpo de la caldera, una unidad de medición de la cantidad de absorción de calor para medir la cantidad de absorción de calor del cuerpo de la caldera, basado en las temperaturas de entrada y de salida medidas por dichos medidores de la temperatura de entrada y de salida, y un controlador del caudal de recirculación para controlar el caudal de recirculación del gas de recirculación, usando dichos medios de control del caudal de recirculación para hacer que una cantidad de la absorción de calor medida mediante dicha unidad de medición de la cantidad de absorción de calor sea igual a la cantidad de absorción de calor buscada, y en la que se dispone una línea para el suministro de dicho oxígeno mezclado con el gas de recirculación al cuerpo de la caldera, y una línea para el suministro de dicho oxígeno directamente al cuerpo de la caldera, controlándose la cantidad de absorción de calor del cuerpo de la caldera cambiando las relaciones de caudales del oxígeno suministrado a dichas líneas.
- 10
- 15
- 20 En el aparato para controlar la combustión en la caldera que quema con oxígeno, es preferible que en vez de, o además de, dichos medidores de la temperatura de entrada y de salida, se disponga de un medidor de la temperatura de los gases de escape, con el fin de medir la temperatura de los gases de escape de combustión de la caldera, transmitiéndose la temperatura de los gases de escape, detectada por dicho medidor de la temperatura de los gases de escape, a dicha unidad de medición de la cantidad de absorción de calor para medir la cantidad de absorción de calor del cuerpo de la caldera.
- 25

En el aparato para controlar la combustión en la caldera que quema con oxígeno, es preferible que para una posible permuta esté conectada a dicho conducto para el flujo de recirculación de los gases de escape, una línea de suministro de aire con el fin de suministrar aire para la puesta en marcha de la caldera.

#### Efectos de la invención

- 30 Un método y un aparato para controlar la combustión en una caldera que quema con oxígeno según la invención, que establece una cantidad de oxígeno suministrado al cuerpo de la caldera en respuesta a la demanda de carga de la caldera y que detecte la absorción de calor del cuerpo de la caldera para controlar el caudal de recirculación de la totalidad de los gases dirigidos al cuerpo de la caldera, de manera que la absorción de calor del cuerpo de la caldera llega a ser igual a la absorción de calor buscada, con el fin de controlar la concentración de oxígeno de la totalidad de los gases dirigidos al cuerpo de la caldera, de manera que la cantidad del oxígeno suministrado al cuerpo de la caldera se compense con el oxígeno incluido en el gas de recirculación. Por eso, se pueden obtener excelentes efectos y ventajas de manera que el control de la combustión del cuerpo de la caldera se simplifica y se estabiliza mucho, y por eso es fácilmente aplicable a una caldera existente que quema con aire para la estabilización de la combustión.
- 35

#### 40 Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama de bloques que muestra una realización de la invención; y

La Figura 2 es una vista para la explicación de la construcción del cuerpo de una caldera de la Figura 1.

#### Explicación de los números de referencia

- 2 molino de carbón (medio de suministro de combustible)
- 45 3 combustible de carbón pulverizado (combustible)
- 4 cuerpo de la caldera
- 6 unidad de separación de aire
- 8 aire
- 9 oxígeno
- 50 10 gas en el que prevalece el nitrógeno
- 11a, 11b medios de control del caudal de oxígeno

	12a y 12b	líneas
	13	conducto para el flujo de recirculación de los gases de escape
	14	gases de escape de combustión
	14a	gas de recirculación
5	15	tubo de humos
	19	medios para el tratamiento de los gases de escape
	32	ventilador de recirculación (medios de control del caudal de recirculación)
	34	controlador de la cantidad de oxígeno suministrado
	35	demanda de carga de la caldera
10	36	agua de alimentación
	37	medidor de la temperatura de entrada
	38	vapor
	39	medidor de la temperatura de salida
	40	unidad de medición de la cantidad de absorción de calor
15	41	cantidad de absorción de calor medida
	42	cantidad de absorción de calor buscada
	43	controlador del caudal de recirculación
	44	línea de suministro de aire
	45	medidor de la temperatura de los gases de escape

**20 Mejor modo de llevar a cabo la invención**

A continuación, se describirá una realización de la invención junto con los dibujos adjuntos.

La Figura 1 es un diagrama de bloques que muestra una realización de una caldera que quema con oxígeno, según la invención, aplicada a una caldera de carbón. Como combustible, se pulveriza carbón 1 en un molino 2 de carbón como medio para el suministro de combustible, para dar un combustible 3, en forma de carbón pulverizado, a un quemador 5a de una caja de vientos 5, en el cuerpo 4 de una caldera u horno mostrado en la Figura 2. Se suministra aire 8 mediante una soplante 7 a una unidad 6 de separación del aire, donde el aire 8 se separa en oxígeno 9 y en otro gas 10 en el que prevalece el nitrógeno. El oxígeno 9 separado mediante la unidad 6 de separación del aire, y que ha pasado a través de un conducto 12 para el flujo de suministro de oxígeno, se suministra a través de una línea 12a a un conducto 13 para el flujo de recirculación de los gases de escape, detallado de ahora en adelante, y es suministrado luego como gas mezclado con gas 14a de recirculación a la caja de vientos 5, suministrándose el resto directamente al quemador 5a a través de la línea 12b.

En el cuerpo 4 de la caldera, el combustible 3 de carbón pulverizado se quema con el oxígeno 9 como oxidante; ya que el carbón está compuesto de carbono, hidrógeno, nitrógeno, azufre y similares, estos componentes son oxidados por el oxígeno 9 para producir gases ácidos tales como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>).

Los gases de escape 14 de combustión, que incluyen gases ácidos tales como CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>, y residuos en forma de polvos, que pasan a través de un tubo 15 de humos, y a través de un precalentador 16 de gases, un precalentador 17 del agua de alimentación, y un precalentador 18 de oxígeno para precalentar el oxígeno 9, son desprovistos de polvo en el colector 21 de polvos como un medio 19 para el tratamiento de gases de combustión, son desprovistos de NO<sub>x</sub> en un desnitrador 20 como un medio 19 para el tratamiento de gases de combustión, y son desprovistos de SO<sub>x</sub> en un desazufrador 22 como un medio 19 para el tratamiento de gases de combustión. Los gases de escape 14 de combustión incluyen dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) con una concentración aumentada; los gases de escape 14 de combustión están compuestos principalmente de dióxido de carbono y se les hace pasar a través de un desazufrador 22 y son dirigidos a un mezclador 23 para su mezcla y dilución con los gases 10 en los que prevalece el nitrógeno, separados mediante la unidad 6 de separación de aire, y dirigidos a un apilamiento 24 para su descarga.

Entre el desazufrador 22 y el mezclador 23 hay conectado, al tubo 15 de humos, un conducto 25 para el flujo de recuperación del dióxido de carbono con el fin de extraer los gases de escape 14 de combustión; además, los gases de escape 14 de combustión, extraídos mediante los controladores de caudales 26a y 26b (reguladores del tiro) hacia el conducto 25 para el flujo, son desprovistos del polvo mediante un filtro 27 y comprimidos luego mediante un compresor 28 para recuperarlos como dióxido de carbono licuado 29, siendo dirigidos los componentes 30 no licuados de los gases de escape, tales como los  $\text{NO}_x$  y  $\text{SO}_x$  hacia el mezclador 23 para su mezcla y dilución con el gas 10 en el que prevalece el nitrógeno, y luego hacia el apilamiento 24.

Al tubo 15 de humos, a la salida del colector 21 de polvos, está conectado el conducto 13a para el flujo de recirculación de los gases de escape por medio de conducto 31 para extraer parte de los gases de escape 14 de combustión. Mediante un ventilador 32 de recirculación (medio para el control del caudal de recirculación) en el conducto 13 para el flujo de recirculación, se suministra gas 14a de recirculación, a través del precalentador 16 de gases, a una caja de vientos 5 en el cuerpo 4 de la caldera. Al conducto 13 para el flujo de recirculación de los gases de escape, a la salida de la caja de vientos 5, se le suministra el oxígeno 9 mediante la línea 12a.

El conducto 13 para el flujo de recirculación de los gases de escape, mostrado en la Figura 1, comprende un conducto 32a para el flujo de recirculación para dirigirlo, a través del precalentador 16, a la caja de vientos 5 como anteriormente se mencionó, y un conducto 32b para la transferencia de combustible, que se ramifica desde el conducto 32a de recirculación, para extraer parcialmente el gas 14a de recirculación a través de un regulador del tiro 32c y de un ventilador 32d de aire primario, comprendiendo el conducto 32b para la transferencia de combustible un conducto 32b' de precalentamiento que además dirige parcialmente el gas 14a de recirculación a través del precalentador 16 de gases y de un conducto baipás 32b'' que dirige el resto del gas 14a de recirculación para evitar el paso por el precalentador 16 de gases, dirigiéndose conjuntamente con el gas 14a de recirculación que ha pasado a través de los conductos 32b' y 32b'' al molino 2 de carbón. La temperatura del gas 14a de recirculación dirigido hacia el molino 2 de carbón se controla mediante los controladores 33a y 33b de caudal (reguladores del tiro) dispuestos en los conductos 32b' y 32b''.

A la entrada del ventilador 32 de recirculación hacia el conducto 13 para el flujo de recirculación de los gases de escape está conectada una línea 44 de suministro de aire que suministra aire 8 para la puesta en marcha de la caldera. Mediante los controladores 44a y 44b de caudal del conducto 31 de flujo derivado y de la línea 44 de suministro de aire, respectivamente, se puede suministrar al ventilador 32 de recirculación aire 8 en vez de gases de escape 14 de combustión.

Como se mencionó anteriormente, la combustión con oxígeno implica el problema técnico de una temperatura de llama más alta, que es problemática en lo que se refiere a la resistencia al calor y a la duración de los componentes del cuerpo 4 de la caldera, de manera que la caldera que quema con oxígeno es difícil de operar de forma estable. Especialmente, una variación en la cantidad del oxígeno suministrado puede, incluso si es ligera, variar sustancialmente el estado de la combustión; por eso, en la Figura 1, se dispone de un controlador de la combustión para una combustión estable con oxígeno de la caldera que quema con oxígeno.

En la caldera que quema con oxígeno, mostrada en la Figura 1, hay dispuesto un controlador 34 de la cantidad de oxígeno que controla la cantidad del oxígeno 9 suministrada al cuerpo 4 de la caldera mediante el control de los grados de apertura de los medios de control 11a y 11b del caudal de oxígeno en las líneas 12a y 12b, respectivamente.

La cantidad de oxígeno suministrado al cuerpo 4 de la caldera mediante los medios de control 11a y 11b del caudal de oxígeno, se establece de forma que la concentración de oxígeno en el gas total, que es la suma de los gases 14 de recirculación suministrados al cuerpo 4 de la caldera y del oxígeno 9, es decir, la concentración de oxígeno que incluye hasta el oxígeno (aproximadamente el 4%) de los gases 14a de recirculación, es igual a la concentración de oxígeno previamente obtenida en el gas total suministrado al cuerpo 4 de la caldera en una caldera existente que quema con aire, del tipo con recirculación de los gases de escape. Por eso, el controlador 34 de la cantidad de oxígeno suministrado controla los medios de control 11a y 11b del caudal de oxígeno, de acuerdo con la demanda de carga 35 de la caldera (demanda de suministro de combustible), de manera que la cantidad de todo el oxígeno suministrado al cuerpo 4 de la caldera llegue a ser igual a cantidad, previamente obtenida, de todo el oxígeno suministrado a una caldera existente que quema con aire. El controlador 34 de la cantidad de oxígeno suministrado puede cambiar los grados de apertura de los medios 11a y 11b de control del caudal de oxígeno con el fin de cambiar las relaciones de caudales del oxígeno 9 suministrados por las líneas 12a y 12b, cambiando por ello la posición de ignición de la llama del quemador para mejorar la cantidad de absorción de calor del cuerpo 4 de la caldera.

Como se muestra mejor en la Figura 2, el cuerpo 4 de la caldera se mejora con un medidor 37 (T1) de la temperatura de entrada, que mide la temperatura del agua 36 de alimentación suministrada desde el calentador 17 del agua de alimentación al cuerpo 4 de la caldera, y un medidor 39 (T2) de la temperatura de salida que mide la temperatura del vapor 38 a la salida del cuerpo 4 de la caldera, una unidad 40 de medición de la cantidad de absorción de calor que mide la cantidad de absorción de calor del cuerpo 4 de la caldera basado en las temperaturas de entrada y de salida medidas por los medidores 37 y 39, y un controlador 43 del caudal de recirculación que controla el ventilador 32 de recirculación (medio de control del caudal de recirculación), de manera que la cantidad 41 de absorción de calor medida por la unidad 40 de medición de la absorción de calor llegue a ser igual a la cantidad 42 de absorción

de calor buscada (cantidad de absorción de calor previamente obtenida en una caldera existente que quema con aire, para hacer posible una operación estable).

Además, se dispone de un medidor 45 de la temperatura de los gases de escape para medir la temperatura de los gases de escape 14 de combustión a la salida del cuerpo 4 de la caldera, transmitiéndose la temperatura de los gases de escape, procedente del medidor 45 de temperatura, a la unidad 40 de medición de la cantidad de absorción de calor para la medida de la cantidad de absorción de calor del cuerpo 4 de la caldera. Se puede disponer singularmente del medidor 45 de la temperatura de los gases de escape para la medida de la cantidad de absorción de calor del cuerpo 4 de la caldera; como alternativa, se puede disponer junto con los medidores 37 y 39 de las temperaturas de entrada y de salida, para la medida de la cantidad de absorción de calor del cuerpo 4 de la caldera.

Como ejemplo de la realización anterior está el caso en el que el suministro del oxígeno 9 se separa en dos líneas 12a y 12b, suministrándose el oxígeno parcialmente a través de la línea 12a a la caja de vientos 5, después de mezclarlo con el gas 14a de recirculación en el conducto 13 para el flujo de recirculación de los gases de escape, suministrándose el resto directamente al quemador 5a a través de la línea 12b. Como alternativa, la totalidad del oxígeno se puede mezclar con el gas 14a de recirculación en el conducto 13 para el flujo de recirculación de los gases de escape y suministrarlo a la caja de vientos 5.

A continuación, se describirá el modo de operación de la realización anterior.

Durante la puesta en marcha de la caldera que quema con oxígeno, mostrada en la figura 1, los controladores 44b y 44a del caudal están, respectivamente, abierto y completamente cerrado, y el aire 8 se suministra al quemador 5a del cuerpo 4 de la caldera mediante la acción del ventilador 32 de recirculación, quemándose con aire el combustible 3 de carbón pulverizado procedente del molino 2 de carbón. La combustión del combustible 3 de carbón pulverizado con aire 8 ocasiona los gases de escape 14 de combustión compuestos de aproximadamente el 70% de nitrógeno, estando compuesto el resto por dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ),  $\text{SO}_x$ , vapor y similares. Los gases de escape 14 de combustión se tratan mediante el colector 21 de polvos, el desnitrador 20 y el desazufrador 22 de los medios 19 de tratamiento de los gases de escape, de manera que el gas se descarga, a través del apilamiento 24, a la atmósfera manteniéndose los respectivos componentes por debajo de la norma de emisión al medio ambiente.

Cuando la cantidad de absorción de calor del cuerpo 4 de la caldera alcanza un valor predeterminado, el oxígeno 9 obtenido mediante la unidad 6 de separación del aire se suministra al quemador 5a del cuerpo 4 de la caldera para la combustión del aire, estando los controladores 44a y 44b del caudal abierto y completamente cerrado, respectivamente, suministrándose parcialmente el gas de escape 14 de combustión, como gas 14a de recirculación, a través del conducto 13 para el flujo de recirculación de los gases de escape, al quemador 5a del cuerpo 4 de la caldera. Luego, suministrándose el gas 14a de recirculación, se para el suministro del nitrógeno contenido en el aire 8, y la concentración de nitrógeno en los gases 14 de escape de combustión se reduce gradualmente. Después de que no queda, sustancialmente, nitrógeno en los gases 14 de combustión, los controladores 26a y 26b se controlan para que suministren parte o todo el gas de escape 14 de combustión dirigido hacia el apilamiento 24 y al compresor 28 para la recuperación del dióxido de carbono 29 licuado. Los gases de escape 14 de combustión dirigidos hacia el apilamiento 24 y los componentes 30 de los gases de escape, tales como los  $\text{NO}_x$  y  $\text{SO}_x$  no licuados por el compresor 28, son guiados al mezclador 23 donde se mezclan y se diluyen con una gran cantidad de gas 10 en el que prevalece el nitrógeno procedente de la unidad 6 de separación del aire, y se pueden descargar a través del apilamiento 24. Por eso, se pone en marcha la operación estacionaria.

Durante la operación estacionaria, según la demanda de carga 35 de la caldera para el control del cuerpo 4 de la caldera, el controlador 34 de la cantidad de oxígeno suministrado controla los medios de control 11a y 11b del caudal de oxígeno para controlar, al caudal establecido, el caudal del oxígeno 9 suministrado a partir del conducto 12 para el flujo de suministro de oxígeno, a través de las líneas 12a y 12b, al cuerpo 4 de la caldera. En este caso, la cantidad de oxígeno suministrado al cuerpo 4 de la caldera se controla de forma que la concentración de oxígeno en todo el gas, que es la suma del gas 14a de recirculación y del oxígeno 9 suministrado al cuerpo 4 de la caldera, es decir, la concentración de oxígeno que incluye hasta el oxígeno (aproximadamente el 4%) de los gases 14a de recirculación, llega a ser igual a la concentración de oxígeno obtenida previamente en todo el gas suministrado a una caldera existente que quema con aire y operada de forma estable.

Por otro lado, la temperatura del agua de alimentación detectada a la entrada del cuerpo 4 de la caldera mediante el medidor 37 de la temperatura de entrada, y la temperatura del vapor detectada a la salida del cuerpo 4 de la caldera mediante el medidor 30 de la temperatura de salida, son transferidas a la unidad 40 de medición de la cantidad de absorción de calor, la temperatura de los gases de escape de combustión procedente del medidor 45 de la temperatura de los gases de escape es transmitida de forma singular, o junto con las temperaturas de entrada y de salida de la caldera, a la unidad 40 de medición de la cantidad de absorción de calor. La unidad 40 de medición de la cantidad de absorción de calor mide la cantidad 41 de absorción de calor del cuerpo 4 de la caldera, introduciéndose la cantidad medida 41 de absorción de calor en el controlador 43 del caudal de recirculación. El controlador 43 del caudal de recirculación controla el ventilador 32 de recirculación (medio de control del caudal de recirculación) de forma que la cantidad 41 de absorción de calor llega a ser igual a la cantidad 42 de absorción de calor buscada, controlando por ello el caudal de recirculación del gas 14a de recirculación.

En este caso, el controlador 43 del caudal de recirculación controla el ventilador 32 de recirculación de forma que la cantidad 41 de absorción de calor llega a ser igual a la cantidad 42 de absorción de calor buscada, obtenida previamente en una caldera existente que quema con aire, para hacer posible una operación estable y controlar, por ello, el caudal de recirculación del gas 14a de recirculación.

- 5 Como se mencionó anteriormente, la cantidad de oxígeno suministrado al cuerpo 4 de la caldera se controla en un valor establecido, basado en la demanda de carga 35 de la caldera para el control de la combustión del cuerpo 4 de la caldera, y el caudal de recirculación del gas 14a de recirculación se controla de forma que la cantidad de absorción de calor del cuerpo 4 de la caldera llega a ser igual a la de una caldera existente que quema con aire, de forma que la caldera que quema con oxígeno pueda trabajar, con fiabilidad, usando la construcción y la técnica de una caldera existente que quema con aire. Por eso, especialmente, se puede utilizar de forma eficaz una caldera existente que quema con aire y transformarse en una caldera que quema con oxígeno.
- 10

- El controlador 34 de la cantidad suministrada de oxígeno puede cambiar los grados de apertura de los medios de control 11a y 11b del caudal de oxígeno con el fin de cambiar las relaciones de caudal del oxígeno 9 suministrado a través de las líneas 12a y 12b, de manera que la posición de ignición de la llama del quemador se pueda cambiar para mejorar la cantidad de absorción de calor del cuerpo 4 de la caldera. Por ejemplo, se puede incrementar la cantidad de absorción de calor incrementando el caudal en la línea 12b para el suministro directo del oxígeno 9 al quemador 5a; por eso, es preferible, al llevar a cabo la invención, que el control mediante el controlador 43 del caudal de recirculación se combine con el control del cambio de las relaciones de caudales del oxígeno 9 suministrado a través de las líneas 12a y 12b.
- 15

- 20 Como ejemplo de la realización anterior hay una aplicación a una caldera de carbón donde el carbón incluye porciones volátiles tales como carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre, y produce gases ácidos tales como CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>. La invención puede ser también aplicable, por ejemplo, a una caldera de energía térmica con combustible que es gas natural y petróleo, que tiene menos contenido de nitrógeno, azufre y similares; en este caso, se pueden omitir los medios de tratamiento de los gases de escape o cambiarlos por otros de tamaño más pequeño, y el molino 2 de carbón y la línea 32b de transferencia de combustible se pueden, por lo tanto, omitir.
- 25

Se comprenderá que un método y un aparato para controlar la combustión en una caldera que quema con oxígeno, según la invención, no está limitada a la realización anterior, y que se pueden hacer diversos cambios y modificaciones sin desviarse del alcance de la invención, como se define en las reivindicaciones adjuntas.



**REIVINDICACIONES**

1. Un método para controlar la combustión en una caldera que quema con oxígeno, en la que el aire (8) se separa en oxígeno (9) y otro gas (10), en el que prevalece el nitrógeno, mediante una unidad (6) de separación del aire, quemándose el oxígeno (9) obtenido mediante la unidad (6) de separación del aire y el combustible (3), en un cuerpo (4) de caldera para calentar agua (36) de alimentación, con el fin de producir vapor (38), recirculándose, al menos parcialmente, los gases de escape (14) de combustión procedentes del cuerpo (4) de la caldera como gas (14a) de recirculación al cuerpo (4) de la caldera, después de un tratamiento de retirada de polvos, comprendiendo dicho método suministrar oxígeno (9) al cuerpo (4) de la caldera en una cantidad establecida según la demanda de carga (35) de la caldera; medir la cantidad de absorción de calor de la caldera usando la temperatura de entrada del agua (36) de alimentación suministrada al cuerpo (4) de la caldera y la temperatura de salida del vapor (38) y/o la temperatura de los gases de escape de combustión de la caldera; y controlar el caudal de recirculación de dicho gas de recirculación a dicho cuerpo (4) de la caldera para hacer que la cantidad de absorción de calor sea igual a la cantidad de absorción de calor buscada, y controlar por ello la concentración de oxígeno en todo el gas dirigido al cuerpo (4) de la caldera, caracterizado porque se dispone de una línea (12a) para el suministro de dicho oxígeno (9) mezclado con el gas (14a) de recirculación al cuerpo (4) de la caldera, y una línea (12b) para el suministro de dicho oxígeno (9) directamente al cuerpo (4) de la caldera, controlándose la cantidad de absorción de calor del cuerpo (4) de la caldera cambiando las relaciones de caudales del oxígeno (9) suministrado a dichas líneas (12a, 12b).
2. Un método para controlar una caldera que quema con oxígeno según la reivindicación 1, en el que el caudal de recirculación de dicho gas (14a) de recirculación se controla de forma que la cantidad de absorción de calor de dicho cuerpo (4) de la caldera llegue a ser igual a la cantidad de absorción de calor de una caldera existente que quema con aire.
3. Una caldera que quema con oxígeno, que tiene un aparato para controlar dicha caldera; un medio (2) de suministro de combustible; una unidad (6) de separación del aire para separar el aire (8) en oxígeno (9) y un gas (10) en el que prevalece el nitrógeno; un cuerpo (4) de la caldera para recibir combustible (3) procedente de dicho medio (2) de suministro de combustible y oxígeno (9) procedente de dicha unidad (6) de separación del aire para la combustión, calentando por ello una agua (36) de alimentación para producir vapor (38); un tubo (15) de humos para conducir los gases de escape (14) de combustión en dicho cuerpo (4) de la caldera hacia el exterior; unos medios (19) de tratamiento de los gases de escape dispuestos en dicho tubo (15) de humos para dirigir al menos la retirada de polvos; un conducto (13) para el flujo de recirculación de los gases de escape para recircular a dicho cuerpo (4) de la caldera parte de los gases de escape (14) de combustión tratados mediante dichos medios (19) de tratamiento de los gases de escape, comprendiendo dicho aparato un controlador (34) de la cantidad suministrada de oxígeno para controlar la cantidad de oxígeno suministrado a dicho cuerpo (4) de la caldera según la demanda de carga (35) de la caldera; unod medios (32) de control del caudal de recirculación en dicho conducto (13) para el flujo de recirculación; un medidor (37) de la temperatura de entrada para medir la temperatura del agua (36) de alimentación suministrada a dicho cuerpo (4) de la caldera; un medidor (39) de la temperatura de salida para medir la temperatura del vapor a la salida del cuerpo (4) de la caldera; una unidad (40) de medición de la cantidad de calor para medir la cantidad de absorción de calor del cuerpo (4) de la caldera, basado en las temperaturas de entrada y de salida medidas por dichos medidores (37, 39) de las temperaturas de entrada y de salida; y un controlador (43) del caudal de recirculación para controlar el caudal de recirculación del gas (14a) de recirculación, usando dichos medios (32) de control del caudal de recirculación de forma que se haga la cantidad de absorción de calor, medida mediante dicha unidad (40) de medición de la cantidad de absorción de calor, igual a la cantidad (42) de absorción de calor buscada, caracterizada porque se dispone de una línea (12a) para el suministro de dicho oxígeno (9), mezclado con el gas de recirculación (14a), al cuerpo (4) de la caldera, y una línea (12b) para el suministro de dicho oxígeno (9) directamente al cuerpo (4) de la caldera, controlándose la cantidad de absorción de calor del cuerpo (4) de la caldera cambiando las relaciones de los caudales del oxígeno (9) suministrado a dichas líneas (12a, 12b).
4. Una caldera que quema con oxígeno según la reivindicación 3, en la que en vez de, o además de, dichos medidores (37, 39) de las temperaturas de entrada y de salida, se dispone de un medidor (45) de la temperatura de los gases de escape para medir la temperatura de los gases de escape de combustión de la caldera, transmitiéndose la temperatura de los gases de escape detectada en dicho medidor (45) de la temperatura de los gases de escape a dicha unidad (40) de medición de la cantidad de absorción de calor, para medir la cantidad de absorción de calor del cuerpo (4) de la caldera.
5. Una caldera que quema con oxígeno según la reivindicación 3, en la que para un posible cambio, se conecta a dicho conducto (13) para el flujo de recirculación de los gases de escape, una línea (44) de suministro de aire con el fin de suministrar aire (8) para la puesta en marcha de la caldera.
6. Una caldera que quema con oxígeno según la reivindicación 4, en la que para un posible cambio, se conecta a dicho conducto (13) para el flujo de recirculación de los gases de escape, una línea (44) de suministro de aire con el fin de suministrar aire (8) para la puesta en marcha de la caldera.

Figura 1

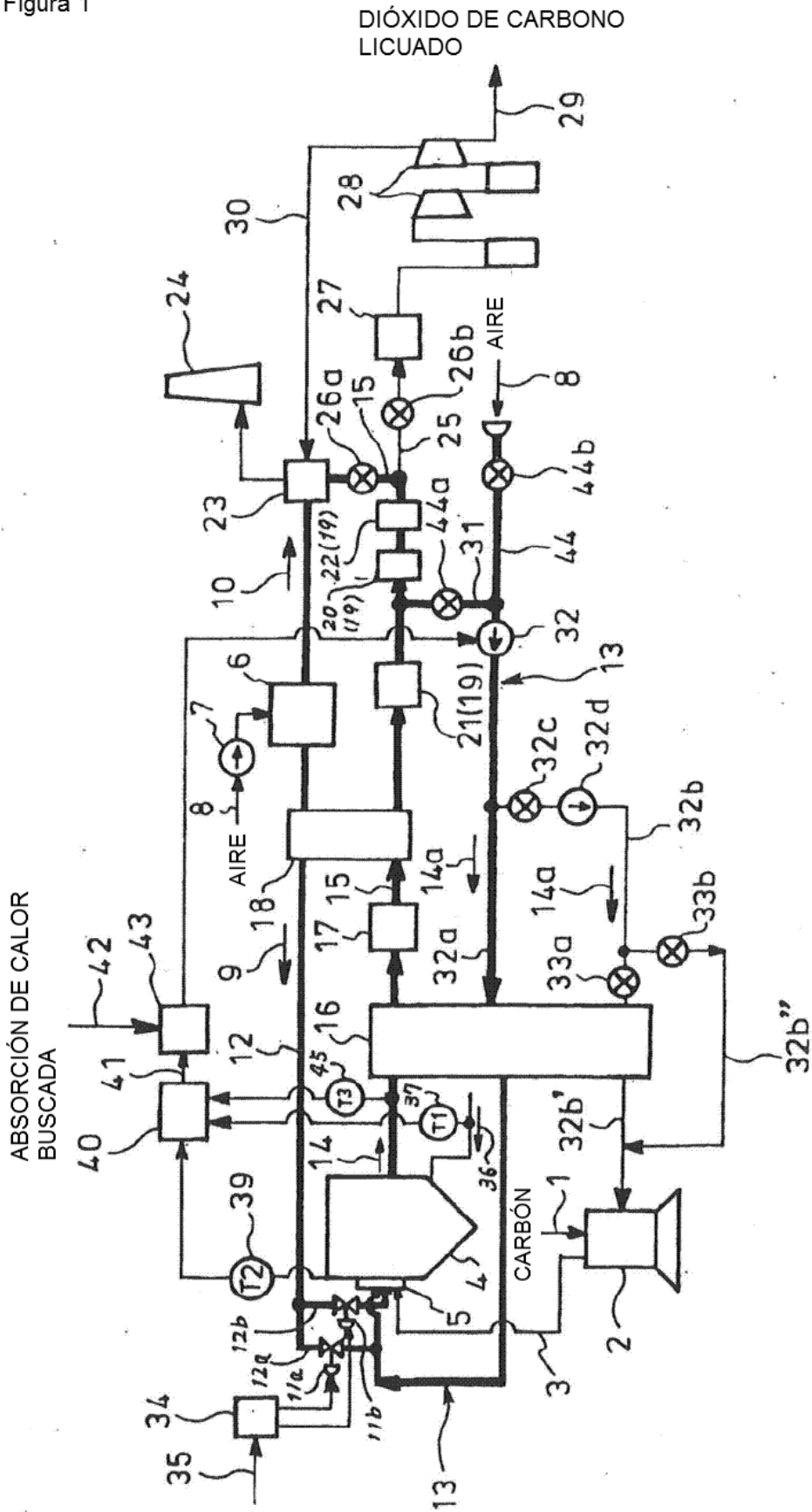


Figura 2

