

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 527 501**

51 Int. Cl.:

**F23C 99/00** (2006.01)  
**F22B 35/00** (2006.01)  
**F23C 9/00** (2006.01)  
**F23K 3/02** (2006.01)  
**F23L 9/02** (2006.01)  
**F23N 5/00** (2006.01)  
**F23L 7/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.03.2008 E 08720360 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.11.2014 EP 2267367**

54 Título: **Procedimiento y aparato para controlar el suministro de oxígeno en una caldera de combustión de combustible oxigenado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**26.01.2015**

73 Titular/es:

**IHI CORPORATION (50.0%)**  
**1-1, Toyosu 3-chome Koto-ku**  
**Tokyo 135-8710, JP y**  
**ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO., LTD.**  
**(50.0%)**

72 Inventor/es:

**TERUSHITA, SHUUHEI;**  
**YAMADA, TOSHIHIKO;**  
**WATANABE, SHUZO y**  
**UCHIDA, TERUTOSHI**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 527 501 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**

Procedimiento y aparato para controlar el suministro de oxígeno en una caldera de combustión de combustible oxigenado

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y un aparato para controlar el suministro de oxígeno en una caldera de combustión de combustible oxigenado.

**Técnica anterior**

10 Un aumento de la densidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera ha demostrado ser uno de los factores principales del calentamiento global, que ha llamado recientemente la atención como un problema ambiental a escala global. Una planta de energía térmica parece en primer plano como una fuente fija de agotamiento de estas sustancias. El combustible para la generación de energía térmica puede ser petróleo, gas natural y carbón, entre los que se prevé especialmente el carbón por tener una gran demanda en el futuro debido a sus mayores reservas potenciales.

15 El carbón contiene un mayor porcentaje de carbono en comparación con el aceite y gas natural, junto con otros componentes tales como hidrógeno, nitrógeno y azufre y cenizas como un componente inorgánico. Por lo tanto, cuando el carbón se quema en el aire, la mayor parte de la composición del gas de escape es ocupada por nitrógeno (aproximadamente 70%), con el resto ocupado por dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, óxido de azufre SO<sub>x</sub>, óxido de nitrógeno NO<sub>x</sub>, oxígeno (alrededor de 4% ), combustibles sin quemar y partículas tal como cenizas. El gas de escape es por lo tanto sometido a tratamientos de gases de escape como la desnitrificación, desulfuración y eliminación de polvo para  
20 que NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> y las partículas estén en sus respectivos valores estándar de emisión ambiental antes de la emisión a la atmósfera a través de una chimenea.

25 El NO<sub>x</sub> que se encuentra en el gas de escape se divide en un NO<sub>x</sub> térmico generado a partir de la oxidación del nitrógeno en el aire por oxígeno y un NO<sub>x</sub> de combustible generado como resultado de la oxidación del nitrógeno en el combustible. Hasta ahora, se ha empleado un procedimiento de combustión de bajar la temperatura de la llama para la reducción de NO<sub>x</sub> térmico, mientras que se ha empleado otro procedimiento de combustión de formar una región de combustible en exceso para la desoxidación de NO<sub>x</sub> dentro de una caldera para la reducción del NO<sub>x</sub> de combustible.

30 En caso de utilizar un combustible como el carbón que contiene azufre, se ha proporcionado un dispositivo de desulfuración en húmedo o en seco para eliminar el SO<sub>x</sub> que está en el gas de escape como resultado de la combustión.

35 Se desea por otro lado que una gran cantidad de dióxido de carbono generado en el gas de escape también sea separado y capturado en una alta eficiencia. Hasta ahora se ha revisado un posible procedimiento de captura de dióxido de carbono contenido en el gas de escape que incluye un procedimiento para utilizar una amina u otro líquido de absorción para absorber el mismo, un procedimiento de adsorción para utilizar un adsorbente sólido para adsorber o un procedimiento de separación de membrana, todos los cuales tienen una baja eficiencia de conversión, por lo que aún no alcanzan un nivel de uso práctico de la captura de CO<sub>2</sub> a partir de una caldera de combustión del carbón.

40 Por consiguiente, se ha propuesto una técnica de quemar un combustible con oxígeno en lugar de aire como una técnica eficaz para tratar al mismo tiempo tanto el problema de la separación de dióxido de carbono en el gas de escape como el problema de la reducción del NO<sub>x</sub> térmico (véanse, por ejemplo, las Literaturas de Patentes 1 y 2).

Cuando el carbón se quema con oxígeno, no se ve la generación de NO<sub>x</sub> térmico y la mayoría del gas de escape es ocupado por el dióxido de carbono y el resto es ocupado por otros gases que contienen el NO<sub>x</sub> del combustible, SO<sub>x</sub> y combustibles sin quemar, logrando así una licuefacción relativamente fácil y separación del dióxido de carbono a través del enfriamiento del gas de escape.

45 [Literatura Patente 1] JP 5-231609A

[Literatura Patente 2] JP 3053914B

JP 06-101809 está dirigida a la instalación de la caldera.

**Compendio de la invención**

**Problemas técnicos**

50 En una caldera de combustión de aire convencional, la combustión estable en su quemador se facilita mediante el control de una relación en peso (A / C) de una cantidad de un aire primario como el aire vehículo para el carbón pulverizado producido por una moledora y una cantidad de carbón pulverizado de la moledora .La llama puede

apagarse cuando el A / C es demasiado alto mientras la combustión estable no puede mantenerse a partir de la estructura del sistema moledora-quemador cuando el A/C es demasiado bajo. Así, el A/C se fija y controla dentro de un rango predeterminado para el funcionamiento de acuerdo a la caldera.

5 A fin de reducir el NO<sub>x</sub> del combustible, se ha empleado un procedimiento de combustión en el que una porción del gas de escape es recirculado a la caldera para formar en el quemador un área de aire insuficiente para la desoxidación de NO<sub>x</sub>.

10 Sin embargo, en caso de una caldera de combustión de combustible oxigenado como se describe en las literaturas de patente 1 y 2, el aire primario no se toma debido a la diferencia en el sistema de combustión de la combustión de la combustión de aire convencional, por lo que A / C no puede utilizarse como indicador de la combustión estable por el quemador, muy diferente a la caldera de combustión de aire existente.

15 Además, siempre es difícil introducir y quemar el carbón uniforme en propiedades y por ello, se requiere una caldera de combustión de combustible oxigenado que haga frente a muchas clases de carbón. Las propiedades del carbón varían mucho y, en consecuencia, la forma de llamas formadas por un quemador, la absorción de calor de una caldera y las propiedades de los gases de escape difieren significativamente de aquellos de la combustión con el aire cuando las propiedades del carbón varían.

De ese modo, se ha deseado el establecimiento de un índice de operación con el que pueda ejecutarse la combustión estable con oxígeno aún cuando la proporción de combustible o el contenido de carbono que representan las propiedades del carbón es variada.

20 La invención fue realizada en vistas de lo anterior y tiene el objeto de proporcionar un procedimiento y un aparato para controlar el suministro de oxígeno en una caldera de combustión de combustible oxigenado, capaz de proporcionar combustión estable con el oxígeno aún cuando las propiedades del carbón son variadas.

### Solución de los problemas

25 La invención está dirigida a un procedimiento para controlar el suministro de oxígeno en una caldera de combustión de combustible oxigenado en el que una porción de un gas de escape recirculado es introducido en una moledora como gas de escape recirculado primario; el carbón pulverizado pulverizado por dicha moledora es suministrado a un quemador de la caldera por el gas de escape recirculado primario; otra porción del gas de escape recirculado es suministrado a una caja de aire de la caldera como gas de escape recirculado secundario; el resto del gas de escape recirculado es suministrado a un OAP como gas de escape de recirculación OAP; una porción de oxígeno producido por una unidad de separación de aire es suministrada al gas de escape recirculado primario como oxígeno primario; 30 otra porción del oxígeno es suministrado al gas de escape recirculado secundario como oxígeno secundario; aún otra porción del oxígeno es suministrado al gas de escape de recirculación OAP como oxígeno suministrado OAP; y el resto del oxígeno es suministrado directamente al quemador como oxígeno suministrado directamente, comprendiendo dicho procedimiento obtener con anticipación una relación entre una proporción de combustible y/o un contenido de carbono del carbón por un lado y una relación del oxígeno suministrado directamente y una cantidad total de oxígeno de la unidad de separación de aire por otro lado con la combustión estable del carbón con el oxígeno; y 35

regular un suministro del oxígeno suministrado directamente de manera tal que una relación del oxígeno suministrado directamente y la cantidad total de oxígeno se vuelva en conformidad con una proporción de combustible y/o un contenido de carbono que se mide con anticipación para una nueva clase de carbón cuando el carbón se cambia a la nueva clase de carbón. 40

En el procedimiento para controlar el suministro de oxígeno en la caldera de combustión de combustible oxigenado, preferentemente, un suministro del oxígeno suministrado OAP al gas de escape de recirculación OAP es controlado de manera tal que una cantidad de combustibles sin quemar se mantiene en un valor más bajo que un valor límite de combustibles sin quemar y que una densidad de NO<sub>x</sub> se mantiene en un valor más bajo que un valor límite de NO<sub>x</sub>.

45 En el procedimiento para controlar el suministro de oxígeno en la caldera de combustión de combustible oxigenado, preferentemente, un suministro del oxígeno primario al gas de escape recirculado primario es regulado para la combustión estable en el quemador, y se regula una relación de suministro de un suministro del oxígeno secundario al gas de escape recirculado secundario y un suministro del oxígeno suministrado directamente al quemador para controlar una forma de llamas en el quemador.

50 En el procedimiento para controlar el suministro de oxígeno en la caldera de combustión de combustible oxigenado, es preferible que, cuando las llamas en el quemador son inestables, se ejecute al menos uno de: una operación de incrementar el suministro del oxígeno primario al gas de escape recirculado primario; una operación de reducir el suministro del oxígeno suministrado OAP al gas de escape de recirculación OAP para incrementar una densidad de oxígeno llevado al quemador; y una operación de incrementar un suministro del oxígeno suministrado directamente.

55 La invención está dirigida a un aparato para controlar el suministro de oxígeno en una caldera de combustión de combustible oxigenado de acuerdo a la reivindicación 5 que tiene una línea de recirculación primaria para la

introducción de una porción de un gas de escape llevado hacia afuera por una línea de distribución de recirculación a una moladora como gas de escape recirculado primario y para el suministro de carbón pulverizado pulverizado por la moladora a un quemador de la caldera utilizando el gas de escape recirculado primario, una línea de recirculación secundaria para el suministro de otra porción del gas de escape recirculado a una caja de aire de la caldera como gas de escape recirculado secundario, una línea de recirculación OAP para el suministro del resto del gas de escape recirculado a un OAP como gas de escape de recirculación OAP, una unidad de separación de aire, una línea de mezclado de oxígeno primario para el suministro de una porción de oxígeno producido por la unidad de separación de aire a dicha línea de recirculación primaria como oxígeno primario, una línea de mezclado de oxígeno secundario para el suministro de otra porción del oxígeno a la línea de recirculación secundaria como oxígeno secundario, una línea de mezclado de oxígeno OAP para el suministro de aún otra porción del oxígeno a la línea de recirculación OAP como oxígeno suministrado OAP, una línea de alimentación de oxígeno directo para el suministro del resto del oxígeno directamente al quemador como oxígeno suministrado directamente, un regulador de cantidad de gas total proporcionado para la línea de distribución de recirculación, un regulador de oxígeno primario proporcionado para la línea de mezclado de oxígeno primario, un regulador de oxígeno secundario proporcionado para la línea de mezclado de oxígeno secundario, un regulador de oxígeno OAP proporcionado para la línea de mezclado del oxígeno OAP, un regulador de oxígeno directo proporcionado para la línea de alimentación de oxígeno directo, medios de medición de combustible sin quemar para la medición de combustibles sin quemar en el gas de escape, un monitor de densidad de NO<sub>x</sub> para la medición de una densidad de NO<sub>x</sub> en el gas de escape en una salida de la caldera y medios de medición de combustible para la medición de una proporción de combustible y/o un contenido de carbono del carbón que debe quemarse, comprendiendo dicho aparato un controlador adaptado de acuerdo a la reivindicación 5.

En el aparato para controlar el suministro de oxígeno en una caldera de combustión de combustible oxigenado, preferentemente, el controlador está adaptado para regular el regulador de oxígeno OAP para controlar el suministro del oxígeno suministrado OAP a la línea de recirculación de manera tal que la cantidad de los combustibles sin quemar medida por los medios de medición de combustible sin quemar se mantiene en un valor más bajo que un valor límite de combustible sin quemar y que la densidad de NO<sub>x</sub> medida por el monitor de densidad de NO<sub>x</sub> se mantiene en un valor más bajo que un valor límite de NO<sub>x</sub>.

En el aparato para controlar el suministro de oxígeno de una caldera de combustión de combustible oxigenado, preferentemente, el controlador está adaptado para regular el regulador de oxígeno primario para controlar el suministro del oxígeno primario a la línea de recirculación primaria para estabilizar de ese modo la combustión en el quemador y está adaptado para regular una relación de suministro del suministro del oxígeno secundario a la línea de recirculación secundaria regulado por el regulador de oxígeno secundario y el suministro del oxígeno suministrado directamente al quemador regulado por el regulador de oxígeno directo para controlar de ese modo a forma de llamas en el quemador.

En el aparato para controlar el suministro de oxígeno de la caldera de combustión de combustible oxigenado, preferentemente, cuando las llamas en el quemador son inestables, el controlador está adaptado para ejecutar al menos uno de: una operación para regular el regulador de oxígeno primario para incrementar el suministro del oxígeno primario a la línea de recirculación primaria; una operación para regular el regulador de oxígeno OAP para reducir el suministro del oxígeno suministrado OAP a la línea de recirculación OAP para incrementar de ese modo la densidad de oxígeno llevado al quemador; una operación para regular el regulador de oxígeno directamente suministrado para incrementar el suministro del oxígeno suministrado directamente;

**Efectos ventajosos de la invención**

De acuerdo a un procedimiento y un aparato para controlar el gas de escape en la caldera de combustión de combustible oxigenado de la invención, la relación se obtiene con anticipación entre la proporción de combustible y/o el contenido de carbono del carbón, y la relación del oxígeno suministrado directamente y la cantidad total de oxígeno, que se obtienen cuando el carbón se quema en forma estable quemando el carbón con oxígeno; y el suministro del oxígeno suministrado directamente se regula de manera tal que la relación del oxígeno suministrado directamente y la cantidad total de oxígeno se vuelve la relación que corresponde a la proporción de combustible y/o el contenido de carbono que se miden con anticipación para una nueva clase de carbón cuando la clase de carbón se cambia a una nueva. Por ello, puede lograrse un excelente efecto que la combustión estable con oxígeno en la caldera sea segura aún cuando las propiedades del carbón sean variadas.

**Breve descripción de los dibujos**

La Fig. 1 es una configuración completa esquemática de una realización de la invención;

La Fig. 2 es un diagrama de bloques de un ejemplo de un controlador en la realización de la invención;

La Fig. 3 es un gráfico sobre una relación entre la relación de oxígeno suministrado directamente y la cantidad total de oxígeno y cantidad de combustibles sin quemar;

La Fig. 4 es un gráfico sobre una relación entre la proporción de combustible del carbón y la relación de oxígeno suministrado directamente y la cantidad total de oxígeno;

La Fig. 5 es un gráfico sobre una relación entre la relación de oxígeno suministrado directamente y la cantidad total de oxígeno y densidad de  $\text{NO}_x$ ; y

La Fig. 6 es un diagrama de bloques de un procedimiento de control para un caso en el que las llamas del quemador se vuelven inestables.

**5 Listado de signos de referencia**

- 3 moladora
- 4 caldera de combustión de combustible oxigenado (caldera)
- 5 caja de aire
- 6 quemador
- 10 10 línea de distribución de recirculación
- 12 regulador de cantidad de gas total
- 13 línea de recirculación primaria
- 15 línea de recirculación secundaria
- 17 línea de recirculación OAP
- 15 18 OAP (puerto aéreo)
- 23 unidad de separación de aire
- 24 línea de mezclado de oxígeno secundario
- 26 regulador de oxígeno secundario
- 27 línea de mezclado de oxígeno OAP
- 20 29 regulador de oxígeno OAP
- 30 línea de alimentación de oxígeno directo
- 32 regulador de oxígeno directo
- 33 línea de mezclado de oxígeno primario
- 35 regulador de oxígeno primario
- 25 37 Monitor de densidad de  $\text{NO}_x$
- 38 medios de medición de combustible sin quemar
- 39 medios de medición de combustible
- 40 controlador
- 30  $X_2$  relación entre la proporción de combustible y la relación de oxígeno suministrado directamente y la cantidad total de oxígeno
- $X_2'$  relación entre el contenido de carbono y la relación de oxígeno suministrado directamente y la cantidad total de oxígeno

**Descripción de la realización**

Una realización de la invención se describirá con referencia a los dibujos adjuntos.

- 35 La Fig. 1 muestra la realización de la invención en la que el número de referencia 1 indica una tolva de carbón para el almacenamiento del carbón; 2, un alimentador de carbón para la alimentación del carbón almacenado en la tolva 1; 3, una moladora para la pulverización y secado del carbón de la alimentadora 2; 4, una caldera de combustión de combustible oxigenado; 5, una caja de aire unida a la caldera 4; 6, un quemador dispuesto en la caja de aire 5 para quemar el carbón pulverizado de la moladora 3; 7, una línea de gas de escape la través de la que fluye un gas de escape de la caldera 4; 8, un recalentador de gas de escape recirculante para intercambios de calor de un gas de escape que fluye en la línea de gas de escape 7 con los gases de escape recirculados primario y secundario; 9,
- 40

dispositivos de tratamiento de gas de escape tal como un dispositivo de desulfuración y un recolector de polvo que trata el gas de escape que ha pasado a través del recalentador de gas de escape recirculante 8; 10, una línea de distribución de recirculación para sacar una porción del gas de escape que ha sido limitado por los dispositivos de tratamiento de gas de escape 9; 11, un ventilador de tiro forzado (FDF) dispuesto en la línea de distribución 10; 12, un regulador de cantidad de gas total para regular una cantidad total de gas recirculado a la línea de distribución 10; 13, una línea de recirculación primaria para el precalentamiento, utilizando el recalentador de gas de escape recirculante 8, una porción del gas de escape bombeado por el ventilador de tiro forzado 11 para llevar el mismo como gas recirculado primario a la moladora 3; 14, un regulador de gas primario para regular una velocidad de flujo del gas recirculado primario; 15, una línea de recirculación secundaria para el precalentamiento, utilizando el recalentador de gas de escape recirculante 8, el resto del gas de escape bombeado por el ventilador de tiro forzado 11 para llevar el mismo como gas recirculado secundario a la caja de aire 5; 16, un regulador de gas secundario para regular una velocidad de flujo del gas recirculado secundario; 17, una línea de recirculación OAP (puerto aéreo) para la introducción de una porción del gas de escape bifurcado desde la línea de recirculación secundaria 15 en un OAP 18 de la caldera 4; 19, un regulador del gas OAP para regular una velocidad de flujo de un gas de recirculación OAP; 20, un dispositivo de captura para captar en el mismo el gas de escape limpiado por los dispositivos de tratamiento de gas de escape 9 para capturar CO<sub>2</sub>, etc., del gas de escape; 21, un ventilador de tiro inducido (IDF) dispuesto corriente abajo de los dispositivos de tratamiento del gas de escape 9 para inducir el gas de escape; y 22, una chimenea a través de la que el gas de escape limpiado por los dispositivos de tratamiento de gas de escape 9 e inducido por el ventilador de tiro inducido 21 es descargado a la atmósfera.

En la configuración anterior, además se proporciona una unidad de separación de aire 23 que toma en la misma aire para producir oxígeno. Una porción del oxígeno producido por la unidad de separación de aire 23 es alimentado como oxígeno secundario a la línea de recirculación secundaria 15 a través de una línea de mezclado de oxígeno secundario 24 que está provista con un medidor de oxígeno secundario 25 y un regulador de oxígeno secundario 26 para medir y regular una velocidad de flujo en la línea 24, respectivamente. En la realización ilustrada se ejemplifica un caso en el que el oxígeno secundario es suministrado a la línea de recirculación secundaria 15 corriente abajo del recalentador de gas de escape recirculante 8; alternativamente, el oxígeno secundario puede ser suministrado corriente arriba del recalentador de gas de escape recirculante 8.

Otra porción del oxígeno producido por la unidad de separación de aire 23 es suministrado como oxígeno suministrado OAP a la línea de recirculación OAP 17 a través de una línea de mezclado de oxígeno OAP 27 que está provista con un medidor de oxígeno OAP 28 y un regulador de oxígeno OAP 29 para medir y regular una velocidad de flujo en la línea 27, respectivamente.

Aún otra porción del oxígeno producido por la unidad de separación de aire 23 es suministrado a la moladora 3 y el quemador 6. Específicamente, se proporciona una línea de alimentación de oxígeno directo 30 para la distribución del oxígeno producido por la unidad de separación de aire 23 desde el oxígeno secundario y está provista con un medidor de oxígeno directo 31 y un regulador de oxígeno directo 32 para medir y regular una velocidad de flujo en la línea 30, respectivamente. Además, una línea de mezclado de oxígeno primario 33 se ramifica desde la línea de alimentación de oxígeno directo 30 y está provista con un medidor de oxígeno primario 34 y un regulador de oxígeno primario 35 para medir y regular una velocidad de flujo en la línea 33, respectivamente. De ese modo, regulando el regulador de oxígeno primario 35, se suministra aún otra porción del oxígeno como oxígeno primario a la moladora 3 a través de la línea de recirculación primaria 13 y el resto del oxígeno es suministrado al quemador 6 a través de la línea de alimentación de oxígeno directo 30.

En lo anterior, regulando el regulador de oxígeno primario 35, el regulador de oxígeno secundario 26, el regulador de oxígeno OAP 29 y el regulador de oxígeno directo 32, el oxígeno producido por la unidad de separación de aire 23 puede regularse en cantidades de una proporción de suministro arbitrario del oxígeno primario suministrado a la línea de recirculación primaria 13, el oxígeno secundario suministrado a la línea de recirculación secundaria 15, el oxígeno OAP suministrado a la línea de recirculación OAP 17 y el oxígeno suministrado directamente al quemador 6.

En la Figura, el número de referencia 36 indica un medidor de la cantidad de gas de escape total que mide una cantidad total del gas de escape recirculado por la línea de distribución de recirculación 10. La cantidad total del gas de escape recirculado es regulada por un regulador de cantidad de gas total 12 dispuesto en la línea de distribución de recirculación 10 de manera que puede regularse en forma arbitraria una densidad de oxígeno para la cantidad total del gas introducido en la caldera 4.

Además se proporcionan un monitor de densidad de NO<sub>x</sub> 37 que mide una densidad de NO<sub>x</sub> del gas de escape en una salida de la caldera de combustión de combustible oxigenado 4, medios de medición de combustible sin quemar 38 que mide y obtiene una cantidad de combustibles sin quemar en el gas de escape utilizando las cenizas obtenidas por la eliminación de polvo por los dispositivos de tratamiento de gas de escape 9 y medios de medición de combustible 39 que miden y obtienen una proporción de combustible y/o un contenido de carbono del carbón suministrado a la tolva de carbón 1. Como medios de medición de combustible sin quemar 38, puede utilizarse un dispositivo capaz de medir automáticamente la cantidad de los combustibles sin quemar; alternativamente, puede utilizarse el análisis manual generalmente y convencionalmente ejecutado. Como medios de medición de combustible 39, puede utilizarse un dispositivo capaz de medir automáticamente la proporción de combustible y/o el contenido de carbono; alternativamente, puede utilizarse el análisis manual generalmente y convencionalmente

ejecutado.

5 Con respecto al carbón suministrado a la tolva de carbón 1, su proporción de combustible (FR) y/o su contenido de carbono se obtiene con anticipación mediante los medios de medición de combustible 39. Una relación se obtiene a nivel experimental, con anticipación, entre una proporción de combustible y/o un contenido de carbono del carbón por un lado y una densidad de oxígeno llevado a la caldera por otro lado cuando el carbón se quema en forma estable con oxígeno en la caldera 4. También se obtiene a nivel experimental una relación, con anticipación, entre una proporción de combustible y/o un contenido de carbono por un lado y una proporción de oxígeno suministrado directamente y una cantidad total de oxígeno por otro lado.

10 Cuando se inicia la caldera 4, el aire (no mostrado) es introducido en la moledora 3 en lugar del gas recirculado primario para secar el carbón cargado en la moledora 3 y transportar el carbón pulverizado al quemador 6. El aire (no mostrado) en lugar del oxígeno es suministrado a la caja de aire 5 de la caldera 4 para ejecutar la combustión con aire del carbón pulverizado en la caldera 4. Cuando la absorción de calor de la caldera 4 alcanza un valor predeterminado, el cambio a la combustión de combustible oxigenado se realiza cambiando el suministro de aire por el suministro de oxígeno o gas recirculado.

15 En la combustión de combustible oxigenado del carbón por parte de la caldera de combustión de combustible oxigenado 4, el oxígeno es suministrado en una cantidad correspondiente al suministro de carbón por la unidad de separación de aire 23 de manera tal que la forma de llamas por el quemador 6, la absorción de calor de la caldera, la densidad de  $\text{NO}_x$ , los combustibles sin quemar, etc., se mantienen en sus estados predeterminados. Además, cada uno del gas de escape recirculado primario necesario para transportar el carbón pulverizado, el gas de escape recirculado secundario que debe ser suministrado a la caja de aire 5 y el gas de escape de recirculación OAP que debe ser suministrado al OAP 18 es regulado, y la cantidad de gas total que es la suma de las cantidades de estos gases de escape recirculados es regulada por el regulador de cantidad de gas total 12, por lo que se lleva a cabo la combustión estable en la caldera de combustión de combustible oxigenado 4.

25 Primero se tiene en cuenta la proporción de combustible (FR) y/o el contenido de carbono del carbón como factor que hace que el estado de combustión de la caldera varíe y que, de ese modo, provoca una combustión inestable debido al cambio de la clase de carbón quemado en la caldera de combustión de combustible oxigenado 4. La proporción de combustible y el contenido de carbono se utilizan sustancialmente en forma similar para la combustión del carbón y, por ello, en el control de la invención, puede utilizarse uno de la proporción de combustible y el contenido de carbono o ambos. Ha resultado que el control de la relación de oxígeno suministrado directamente y la cantidad total de oxígeno de la unidad de separación de aire 23 es efectiva para obtener una combustión estable en la caldera de combustión de combustible oxigenado 4 aún cuando la proporción de combustible y/o el contenido de carbono del carbón varía.

30 Como se muestra en la Fig. 4, se obtiene una relación  $X_2$  con anticipación entre la proporción de combustible y la relación de oxígeno suministrado directamente al quemador 6 y la cantidad total de oxígeno de la unidad de separación de aire 23. Cuando se utiliza el contenido de carbono en lugar de la proporción de combustible, se obtienen las relaciones  $X_1'$  y  $X_2'$  que se aproximan a las relaciones  $X_1$  y  $X_2$  que se muestran en las Figuras 4(a) y 4(b). Por ello, previo al control, al menos se mide una de las relaciones  $X_1$ ,  $X_1'$ ,  $X_2$  y  $X_2'$  que se muestran en las Figuras 4(a) y 4(b).

35 La Fig. 2 es un diagrama de un ejemplo de un controlador 40 para permitir la combustión estable con oxígeno aún cuando las propiedades del carbón (la proporción de combustible FR, el contenido de carbono) son variadas en la caldera de combustión de combustible oxigenado de la Fig. 1. Al controlador 40 se ingresa la cantidad total de gas recirculado que es medido mediante el medidor de cantidad de gas total 36, el suministro del oxígeno primario que es medido mediante el medidor de oxígeno primario 34, el suministro del oxígeno suministrado directamente que es medido mediante el medidor de oxígeno directo 31, el suministro del oxígeno secundario que es medido mediante el medidor de oxígeno secundario 25, el suministro del OAP oxígeno que es medido mediante el medido de oxígeno OAP 28, un valor de los combustibles sin quemar que es medido mediante los medios de medición de combustible sin quemar 38 y un valor de la densidad de  $\text{NO}_x$  que es medido mediante el monitor de densidad  $\text{NO}_x$  37.

40 Debido a que la proporción de combustible y el contenido de carbono pueden considerarse sustancialmente iguales, la descripción de aquí en adelante se hará tomando un ejemplo de un caso en el que la proporción de combustible se utiliza para el control con el fin de simplificar la descripción. Sin embargo, el control utilizando el contenido de carbono puede realizarse de manera similar.

45 Al controlador 40 se ingresa la relación  $X_2$  entre la proporción de combustible del carbón y la proporción del oxígeno suministrado directamente que son medidas con anticipación como más arriba y se muestran en la Fig. 4. Al controlador 40 también se ingresa la proporción de combustible (FR) del carbón actualmente quemado que es medida con anticipación mediante los medios de medición de combustible 39 y una proporción de combustible (FR') de la nueva clase de carbón que debe ser quemado a continuación, que es medida con anticipación.

El controlador 40 está adaptado para producir una señal de control para regular el regulador de cantidad de gas total 12, una señal de control para regular el regulador de oxígeno OAP 29, una señal de control para regular el regulador

de oxígeno primario 35, una señal de control para regular el regulador de oxígeno secundario 26 y una señal de control para regular el regulador de oxígeno directo 32.

Por otro lado, los combustibles sin quemar en las cenizas descargadas junto con el gas de escape desde la caldera de combustión de combustible oxigenado 4 están directamente relacionados con la eficiencia de la caldera y, por ello, su cantidad necesita ser controlada para que sea más baja que un valor límite de combustible predeterminado. Algunos valores límites de combustible sin quemar son 5% o menos que los casos prácticos. Sin embargo, por ejemplo en un caso en el que las cenizas se utilizan como material para cemento, los combustibles sin quemar en las cenizas pueden ser limitados de acuerdo al fin del uso de las cenizas. Por ello el valor límite de combustible sin quemar se fija correspondiente a las circunstancias.

La Fig. 3 muestra la relación entre la relación de oxígeno suministrado directamente y la cantidad total de oxígeno por un lado y los combustibles sin quemar por otro lado obtenida como resultado de los ensayos de combustión sobre carbón A (carbón de baja FR) que tiene una baja proporción de combustible y carbón B (carbón de alta FR) que tiene una alta proporción de combustible que se llevan a cabo en la caldera de combustión de combustible oxigenado 4 de la Fig. 1. En la Fig. 3 se observa que el carbón B (carbón de alta FR) que tiene alta proporción de combustible produce significativamente un incremento en la cantidad de combustibles sin quemar en comparación con el carbón A (carbón de baja FR) que tiene baja proporción de combustible. En la Fig. 3, con respecto a una relación O de oxígeno suministrado directamente y una cantidad total de oxígeno obtenida cuando un valor fijo predeterminado de combustible sin quemar S se mantiene con el carbón A (carbón de baja FR) que tiene una baja proporción de combustible, para mantener el mismo valor fijo de combustible sin quemar S con el carbón B (carbón de alta FR) que tiene una alta proporción de combustible, es necesario que la relación del oxígeno suministrado directamente y la cantidad total de oxígeno sea incrementada como O'.

El controlador 40 es ingresado con anticipación con la relación  $X_2$  entre la proporción de combustible y la proporción de oxígeno suministrado directamente respecto de la cantidad total de oxígeno, que se obtiene con anticipación y con el que se logra la combustión estable. Como resultado, al ingresar en el controlador 40 la proporción de combustible (FR') medida con anticipación de la nueva clase de carbón que debe ser quemado en la caldera 4, el controlador 40 está adaptado para ejecutar el control automático. Más específicamente, cuando la proporción de combustible (FR') del carbón es alta, se hace que el controlador 40 regular el regulador de oxígeno directo 32, el regulador de oxígeno secundario 26 y el regulador de oxígeno primario 35 para incrementar la proporción del oxígeno suministrado directamente, cuando la proporción de combustible (FR') del carbón es baja, se hace que el controlador 40 regule el regulador de oxígeno directo 32, el regulador de oxígeno secundario 26 y el regulador de oxígeno primario 35 para reducir la proporción de oxígeno suministrado directamente, o para ejecutar ambos.

De esta manera, en conformidad con la proporción de combustible (FR') de la nueva clase de carbón, la cantidad total de gases recirculados se regula en forma apropiada para regular la proporción de oxígeno suministrado directamente, de manera que la cantidad de los combustibles sin quemar que se muestra en la Fig. 3 pueda mantenerse en forma estable en un valor fijo predeterminado de combustible sin quemar S más bajo que el valor límite de combustible sin quemar aún cuando se cambia la clase de carbón.

La densidad de  $\text{NO}_x$  del gas de escape también debe ser mantenido para que sea más bajo que un valor límite predeterminado de  $\text{NO}_x$ . Cuando se realizó una investigación sobre la relación entre la relación del oxígeno suministrado directamente por un lado y la densidad de  $\text{NO}_x$  del gas de escape por otro lado, se obtuvo el hecho de que la densidad de  $\text{NO}_x$  aumentó sustancialmente linealmente en asociación con un incremento de la relación de oxígeno suministrado directamente como se muestra en La Fig. 5. El valor límite de  $\text{NO}_x$  es limitado, por ejemplo, mediante una regulación sobre una densidad de  $\text{NO}_x$  o una emisión total en una estación de energía y, por ejemplo, 180 ppm con la que un caso práctico está presente en términos de conversión en una densidad en una salida de la caldera puede emplearse como un valor límite de  $\text{NO}_x$ .

De ese modo, además del control para variar la proporción del oxígeno suministrado directamente, el controlador 40 está adaptado para regular el regulador de oxígeno OAP 29 para controlar el suministro del oxígeno suministrado OAP a la línea de recirculación OAP 17 de manera tal que la cantidad de combustibles sin quemar medida por los medios de medición de combustible sin quemar 38 se mantiene en un valor más bajo que el valor límite de combustible sin quemar y que la densidad de  $\text{NO}_x$  medida por el monitor de densidad de  $\text{NO}_x$  37 se mantiene en un valor más bajo que el valor límite de  $\text{NO}_x$ .

Además de los controles anteriores, el controlador 40 es además está adaptado para regular el regulador de oxígeno primario 35 para controlar de ese modo el suministro del oxígeno primario a la línea de recirculación primaria 13 para la combustión estable en el quemador 6.

Cuando las llamas del quemador se vuelven inestables debido al cambio de la combustión del carbón estándar A por la combustión de la nueva clase de carbón B como se muestra en la Fig. 6, el controlador 40 está adaptado para ejecutar al menos una de las siguientes operaciones: regular el regulador de oxígeno primario 35 para incrementar el suministro del oxígeno primario a la línea de recirculación primaria 13; regular el regulador de oxígeno OAP 29 para reducir el suministro del oxígeno suministrado OAP a la línea de recirculación OAP 17 para incrementar de ese modo la densidad e oxígeno llevado al quemador; y regular el regulador de oxígeno directo 32, el regulador de

oxígeno secundario 26 y el regulador de oxígeno primario 35 para incrementar la proporción de oxígeno suministrado directamente. La densidad de oxígeno llevado al quemador representa la densidad de oxígeno para la cantidad total de gases introducidos en el quemador 6.

Se describirán las operaciones de la realización ilustrada.

5 En la caldera de combustión de combustible oxigenado 4 como más arriba, el carbón almacenado en la tolva de carbón 1 primero se mide con respecto a su proporción de combustible (FR) mediante los medios de medición de combustible 39. El carbón cuya proporción de combustible (FR) ha sido medida es cargado mediante el alimentador de carbón 2 en la moledora 3 en la que el carbón es pulverizado generando carbón pulverizado. El gas de escape recirculado primario que es una porción del gas de escape llevado hacia afuera por el ventilador de tiro forzado 11 (FDF) corriente abajo de los dispositivos de tratamiento de gas de escape 9 es introducido en la moledora 3 a través de la línea de recirculación primaria 13. El gas de escape recirculado primario seca el carbón cargado en la moledora 3 y transfiere el carbón pulverizado al quemador 6 de la caldera 4.

15 Otra porción del gas de escape del ventilador de tiro forzado 11 es suministrado a la caja de aire 5 de la caldera 4 a través de la línea de recirculación secundaria 15 como gas de escape recirculado secundario. El resto del gas de escape, que es llevado hacia afuera a través de la línea de recirculación OAP 17 que se bifurca de la línea de recirculación secundaria 15, es suministrado a OAP 18 de la caldera 4 como gas de recirculación OAP.

20 Una porción de oxígeno producido por la unidad de separación de aire 23 es suministrado a la línea de recirculación secundaria 15 a través de la línea de mezclado de oxígeno secundario 24 como oxígeno secundario, y otra porción del oxígeno es suministrado a la línea de recirculación OAP 17 a través de la línea de mezclado de oxígeno OAP 27 como oxígeno OAP. Aún otra porción del oxígeno es suministrado a la línea de recirculación primaria 13 a través de la línea de mezclado de oxígeno primario 33 que se bifurca desde la línea de alimentación de oxígeno directo 30 como oxígeno primario, y el resto del oxígeno es suministrado directamente al quemador 6 a través de la línea de alimentación de oxígeno directo 30 como oxígeno directo.

25 De ese modo, el carbón pulverizado suministrado por el gas de escape recirculado primario de la moledora 3 al quemador 6 es quemado por el gas recirculado primario mezclado con oxígeno y suministrado al quemador 6, el gas recirculado secundario mezclado con oxígeno y suministrado a la caja de aire 5, el gas de recirculación OAP mezclado con oxígeno y suministrado al OAP 18 y el oxígeno suministrado directamente al quemador 6. El gas de escape producido por la combustión precalienta los gases de escape recirculados primario y secundario utilizando el recalentador de gas de escape recirculante 8 y es tratado mediante los dispositivos de tratamiento de gas de escape 9. A partir de entonces, el gas de escape es dirigido parcialmente al ventilador de tiro forzado 11 para la recirculación como gas de escape recirculado y a un dispositivo de captura 20 que captura CO<sub>2</sub>, etc. El resto del gas de escape es inducido por el ventilador de tiro inducido (IDF) y es descargado a través de una chimenea 22 a la atmósfera.

35 En la combustión de combustible oxigenado del carbón por la caldera de combustión de combustible oxigenado 4, para mantener la forma de llamas por el quemador 6, la absorción de calor de la caldera, la densidad de NO<sub>x</sub>, los combustibles sin quemar, etc., en sus estados predeterminados, el suministro del oxígeno producido por la unidad de separación de aire 23 se ajusta en conformidad con el suministro de carbón (carbón pulverizado) y, además, cada uno del gas de escape recirculado primario necesario para transportar el carbón pulverizado, el gas de escape recirculado secundario suministrado a la caja de aire 5 y el gas de escape de recirculación OAP suministrado al OAP 18 es regulado y la cantidad total de gases que es una suma de las cantidades de estos gases de escape recirculados es regulado por el regulador de cantidad de gas total 12, de manera que se lleve a cabo la combustión estable en la caldera de combustión de combustible oxigenado 4.

Con dicha combustión estable en la caldera 4, se determina una relación del oxígeno suministrado directamente y la cantidad total de oxígeno.

45 Se ejecuta la misma operación que más arriba sobre al menos otra o más clases del carbón, y la relación X<sub>2</sub> entre la proporción de combustible y la proporción de oxígeno suministrado directamente obtenido cuando el carbón se quema en forma estable es ingresada en el controlador 40 en la Fig. 2.

Cuando debe quemarse una nueva clase del carbón que es diferente del carbón quemado actualmente en la caldera de combustión de combustible oxigenado 4, la proporción de combustible de la nueva clase de carbón (FR') medida con anticipación por los medios de medición de combustible 39 es ingresada en el controlador 40.

50 De ese modo, cuando se cambia la clase de carbón suministrado, el controlador 40 ejecuta automáticamente uno o ambos del control para regular el regulador de gas total 12 para regular la cantidad total de gases recirculados y el control para regular el regulador de oxígeno directo 32, el regulador de oxígeno secundario 26 y el regulador de oxígeno primario 35 para regular la proporción del oxígeno suministrado directamente, en base a la relación X<sub>2</sub> que se muestra en la Fig. 4 entre la proporción de combustible (FR) y la proporción del oxígeno suministrado directamente, de manera tal que se obtiene la proporción del oxígeno suministrado directamente que concuerda con la proporción de combustible (FR').

De ese modo, en conformidad con la proporción de combustible (FR) del carbón, la proporción del oxígeno

suministrado directamente puede regularse en forma apropiada para regular el suministro del oxígeno suministrado directamente, de manera que la cantidad de los combustibles sin quemar puede mantenerse en forma estable en un valor fijado de combustible sin quemar predeterminado S más bajo que el valor límite de combustible sin quemar aún cuando se cambia la clase de carbón que debe suministrarse a la caldera 4.

- 5 Además, el controlador 40 controla el suministro del oxígeno suministrado OAP suministrado a la línea de recirculación OAP 17 mediante la regulación del regulador de oxígeno OAP 29 de manera tal que la cantidad de los combustibles sin quemar medidos por los medios de medición de combustible sin quemar 38 se mantiene para que sea más baja que el valor límite de combustibles sin quemar y la densidad de NO<sub>x</sub> medida por el monitor de densidad de NO<sub>x</sub> 37 se mantiene para que sea más baja que el valor límite de NO<sub>x</sub>. De ese modo, aún cuando se cambia la clase de carbón, se ejecuta automáticamente el control de manera tal que la cantidad de los combustibles sin quemar se mantiene para que sea más baja que el valor límite de combustible sin quemar y la densidad de NO<sub>x</sub> se mantiene para que sea más baja que el valor límite de NO<sub>x</sub>.

- 15 Además de los controles anteriores, cuando se logra la combustión estable para el quemador 6 mediante la regulación del regulador de oxígeno primario 35 para regular el suministro del oxígeno primario que debe ser suministrado a la línea de recirculación primaria 13, el controlador 40 puede controlar efectivamente la forma de las llamas del quemador 6 regulando la proporción de suministro del suministro del oxígeno secundario a la línea de recirculación secundaria 15 regulado mediante la regulación del regulador de oxígeno secundario 26 y el suministro del oxígeno suministrado directamente suministrado directamente al quemador 6 regulado mediante la regulación del regulador de oxígeno directo 32. De ese modo, aún cuando se cambia la clase de carbón, puede obtenerse una combustión estable sin provocar un problema de apagado de llama que es tan grave que las llamas del quemador se apagan, y la forma de las llamas del quemador 6 pueden mantenerse en forma estable en una forma predeterminada.

- 25 Como se muestra en la Fig. 6, cuando las llamas del quemador se vuelven inestables cambiando la combustión de un carbón estándar A por la combustión de un nuevo carbón B, el controlador 40 ejecuta al menos uno de: una operación para regular el regulador de oxígeno primario 35 para incrementar el suministro del oxígeno primario suministrado a la línea de recirculación primaria 13; una operación para regular el regulador de oxígeno OAP 29 para reducir el suministro del oxígeno suministrado OAP suministrado a la línea de recirculación OAP 17, incrementando de ese modo la densidad de oxígeno llevado al quemador; una operación para regular el regulador de cantidad de gas total 12 para reducir la cantidad total de gases recirculados, incrementando de ese modo la densidad de oxígeno llevado a la caldera; y una operación para regular el regulador de oxígeno directo 32, el regulador de oxígeno secundario 26 y el regulador de oxígeno primario 35 para reducir el suministro del oxígeno secundario, incrementando de ese modo el suministro de oxígeno directo. De ese modo, aún cuando se cambia la clase de carbón, puede mantenerse la operación de combustión estable de combustible oxigenado.

#### **Aplicabilidad industrial**

- 35 Aún cuando se cambian las propiedades del carbón, puede obtenerse la combustión estable en una caldera de combustión de combustible oxigenado en un estado en el que las propiedades de gas de escape se controlan dentro de sus valores límites.

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para controlar el suministro de oxígeno en una caldera de combustión de combustible oxigenado en el que una porción de un gas de escape recirculado es introducido en una moledora (3) como gas de escape recirculado primario; carbón pulverizado pulverizado por dicha moledora (3) es suministrado a un quemador (6) de la caldera (4) por el gas de escape recirculado primario; otra porción del gas de escape recirculado es suministrado a una caja de aire (5) de la caldera (4) como gas de escape recirculado secundario; el resto del gas de escape recirculado es suministrado a un puerto aéreo (OAP) (18) como gas de escape de recirculación OAP; una porción de oxígeno producido por una unidad de separación de aire (23) es suministrada al gas de escape recirculado primario como oxígeno primario; otra porción del oxígeno es suministrado al gas de escape recirculado secundario como oxígeno secundario; aún otra porción del oxígeno es suministrado al gas de escape de recirculación OAP como oxígeno suministrado OAP; y el resto del oxígeno es suministrado directamente al quemador (6) como oxígeno suministrado directamente,
- 5  
10
- caracterizado por
- 15 obtener con anticipación una relación ( $X_2$ ;  $X_2'$ ) entre una proporción de combustible y/o un contenido de carbono del carbón por un lado y una relación del oxígeno suministrado directamente y una cantidad total de oxígeno de la unidad de separación de aire (23) por otro lado con la combustión estable del carbón con oxígeno y
- regular un suministro del oxígeno suministrado directamente de manera tal que una relación del oxígeno suministrado directamente a la cantidad total de oxígeno de la unidad de separación de aire (23) se vuelve, de acuerdo a una proporción de combustible y/o un contenido de carbono que se mide con anticipación para una nueva clase de carbón cuando el carbón se cambia a la nueva clase de carbón.
- 20
2. Un procedimiento para controlar el suministro de oxígeno en una caldera de combustión de combustible oxigenado como se reivindica en la reivindicación 1, en el que un suministro del oxígeno suministrado OAP al gas de escape de recirculación OAP se controla de manera tal que una cantidad de combustibles sin quemar se mantiene en un valor más bajo que un valor límite de combustibles sin quemar y que una densidad de  $\text{NO}_x$  se mantiene en un valor más bajo que un valor límite de  $\text{NO}_x$ .
- 25
3. Un procedimiento para controlar el suministro de oxígeno en una caldera de combustión de combustible oxigenado como se reivindica en la reivindicación 1 o 2, en el que un suministro de oxígeno primario al gas de escape recirculado primario se regula para la combustión estable en el quemador (6), y una relación de suministro de un suministro del oxígeno secundario al gas de escape recirculado secundario y un suministro del oxígeno suministrado directamente al quemador (6) se regula para controlar una forma de llamas en el quemador.
- 30
4. Un procedimiento para controlar el suministro de oxígeno en una caldera de combustión de combustible oxigenado como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que, cuando las llamas en el quemador (6) son inestables, se ejecuta al menos uno de: una operación de incrementar el suministro del oxígeno primario al gas de escape recirculado primario; una operación de reducir el suministro del oxígeno suministrado OAP al gas de escape de recirculación OAP para incrementar un densidad de oxígeno llevado al quemador; y una operación de incrementar un suministro del oxígeno suministrado directamente.
- 35
5. Un aparato para controlar el suministro de oxígeno en una caldera de combustión de combustible oxigenado que tiene una línea de recirculación primaria (13) para la introducción de una porción de un gas de escape llevado hacia afuera por una línea de distribución de recirculación (10) a una moledora (3) como gas de escape recirculado primario y para el suministro de carbón pulverizado pulverizado por la moledora (3) a un quemador (6) de la caldera (4) utilizando el gas de escape recirculado primario, una línea de recirculación secundaria (15) para el suministro de otra porción del gas de escape recirculado a una caja de aire (5) de la caldera (4) como gas de escape recirculado secundario, una línea de recirculación OAP (17) para el suministro del resto del gas de escape recirculado a un OAP (18) como gas de escape de recirculación OAP, una unidad de separación de aire (23), una línea de mezclado de oxígeno primario (33) para el suministro de una porción de oxígeno producido por la unidad de separación de aire (23) a dicha línea de recirculación primaria (13) como oxígeno primario, una línea de mezclado de oxígeno secundario (24) para el suministro de otra porción del oxígeno a la línea de recirculación secundaria (15) como oxígeno secundario, una Línea de mezclado de oxígeno OAP (27) para el suministro de aún otra porción del oxígeno a la línea de recirculación OAP (17) como oxígeno suministrado OAP, una línea de alimentación de oxígeno directo (30) para el suministro del resto del oxígeno directamente al quemador (6) como oxígeno suministrado directamente, un regulador de cantidad de gas total (12) proporcionado para la línea de distribución de recirculación (10), un regulador de oxígeno primario (35) proporcionado para la línea de mezclado de oxígeno primario (33), un regulador de oxígeno secundario (26) proporcionado para la línea de mezclado de oxígeno secundario (24), un regulador de oxígeno OAP (29) proporcionado para la línea de mezclado de oxígeno OAP (27), un regulador de oxígeno directo (32) proporcionado para la línea de alimentación de oxígeno directo (30), medios de medición de combustible sin quemar (38) para la medición de los combustibles sin quemar en el gas de escape, un monitor de densidad de  $\text{NO}_x$  (37) para la medición de una densidad de  $\text{NO}_x$  en el gas de escape en una salida de la caldera y medios de medición de combustible (39) para la medición de una proporción de combustible y/o un contenido de carbono del carbón que debe ser quemado,
- 40  
45  
50  
55

- 5 caracterizado por que comprende un controlador (40) ingresado con anticipación con una relación ( $X_2$ ;  $X_2'$ ) entre la  
proporción de combustible y/o un contenido de carbono del carbón por un lado y una relación del oxígeno  
suministrado directamente a la cantidad total de oxígeno de la unidad de separación de aire (23) por otro lado en  
donde se obtiene la relación del oxígeno suministrado directamente y una cantidad total de oxígeno de la unidad de  
separación de aire (23) cuando el carbón con la proporción de combustible y/o el contenido de carbono del mismo  
medido por los medios de medición de combustible (39) es quemado en forma estable, estando dicho controlador  
adaptado para regular, cuando la clase de carbón se cambia a una nueva, un suministro del oxígeno suministrado  
directamente de manera tal que la relación del oxígeno suministrado directamente y la cantidad total de oxígeno se  
vuelve en conformidad con la proporción de combustible y/o contenido de carbono que es medido con anticipación  
por los medios de medición de combustible para el nuevo carbón.
- 10 6. Un aparato para controlar el suministro de oxígeno en una caldera de combustión de combustible oxigenado como  
se reivindica en la reivindicación 5, en el que el controlador (40) está adaptado para regular el regulador de oxígeno  
OAP (29) para controlar el suministro del oxígeno suministrado OAP a la línea de recirculación (17) de manera tal  
que la cantidad de los combustibles sin quemar medida por los medios de medición de combustible sin quemar (38)  
se mantiene en un valor más bajo que un valor límite de combustible sin quemar y que la densidad de  $\text{NO}_x$  medida  
por el monitor de densidad de  $\text{NO}_x$  (37) se mantiene en un valor más bajo que un valor límite de  $\text{NO}_x$ .
- 15 7. Un aparato para controlar el suministro de oxígeno en una caldera de combustión de combustible oxigenado como  
se reivindica en la reivindicación 5 o 6, en el que el controlador (40) está adaptado para regular el regulador de  
oxígeno primario (35) para controlar el suministro del oxígeno primario a la línea de recirculación primaria (13) para  
estabilizar de ese modo la combustión en el quemador (6) y está adaptado para regular una relación de suministro  
del suministro del oxígeno secundario a la línea de recirculación secundaria (15) regulado por el regulador de  
oxígeno secundario (26) y el suministro del oxígeno suministrado directamente al quemador (6) regulado por el  
regulador de oxígeno directo (32) para controlar de ese modo una forma de llamas en el quemador (6).
- 20 8. Un aparato para controlar el suministro de oxígeno en una caldera de combustión de combustible oxigenado como  
se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que cuando las llamas en el quemador (6) son  
inestables, el controlador (40) está adaptado para ejecutar al menos uno de: una operación para regular el regulador  
de oxígeno primario (35) para incrementar el suministro del oxígeno primario a la línea de recirculación primaria (13);  
una operación para regular el regulador de oxígeno OAP (29) para reducir el suministro del oxígeno suministrado  
OAP a la línea de recirculación OAP (17) para incrementar de ese modo la densidad e oxígeno llevado al quemador,  
y una operación para regular el regulador de oxígeno directamente suministrado (32) para incrementar el suministro  
del oxígeno suministrado directamente.
- 25  
30

FIG. 1

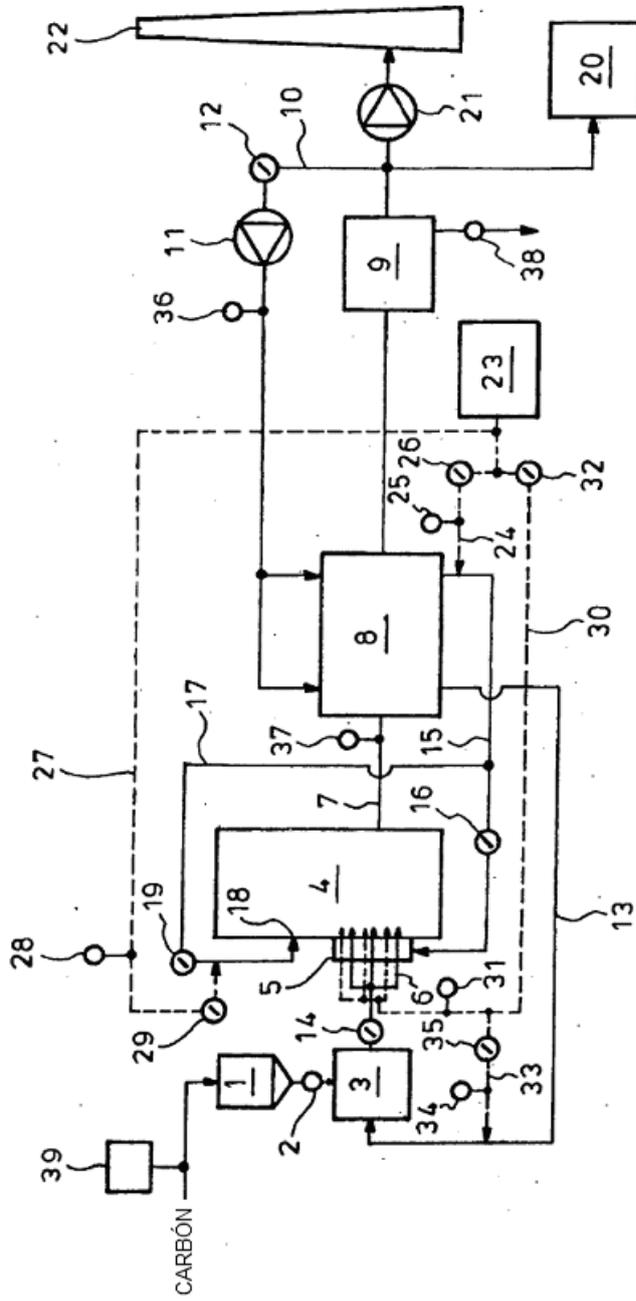


FIG. 2

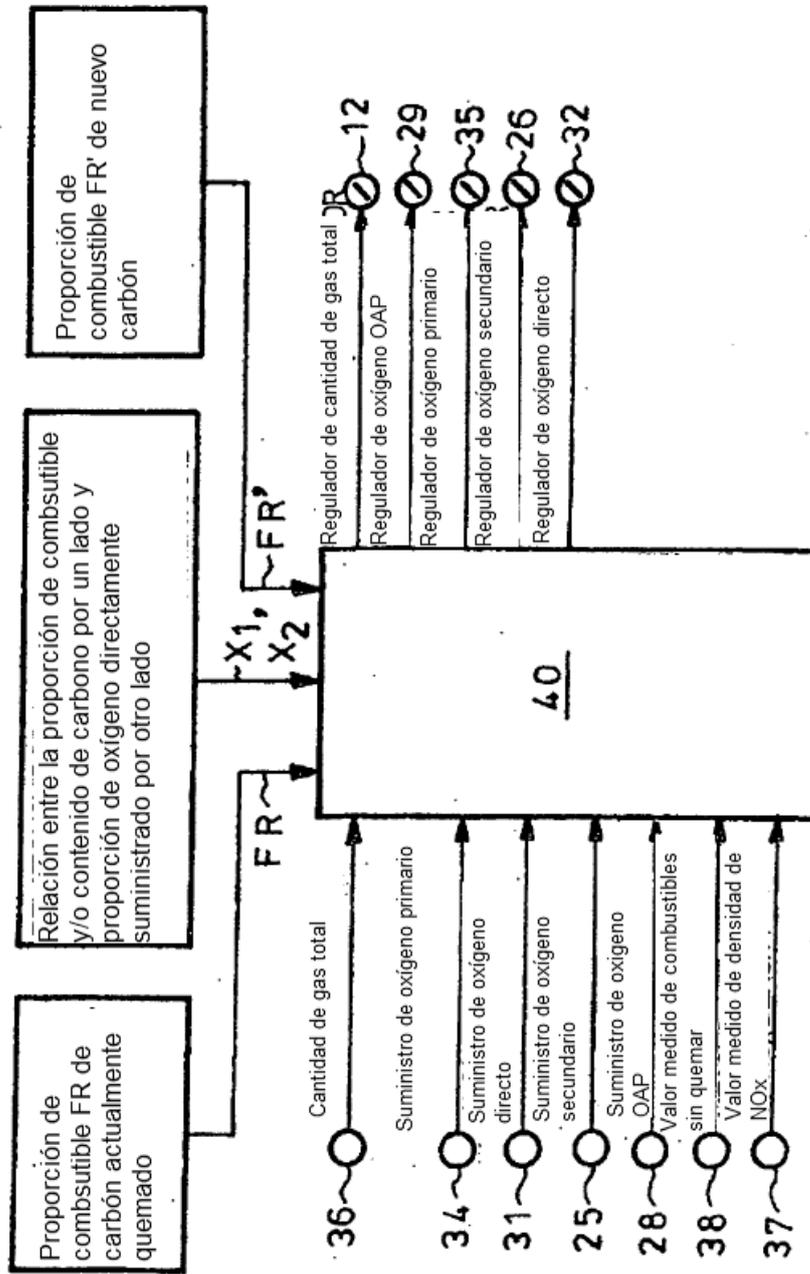


FIG. 3

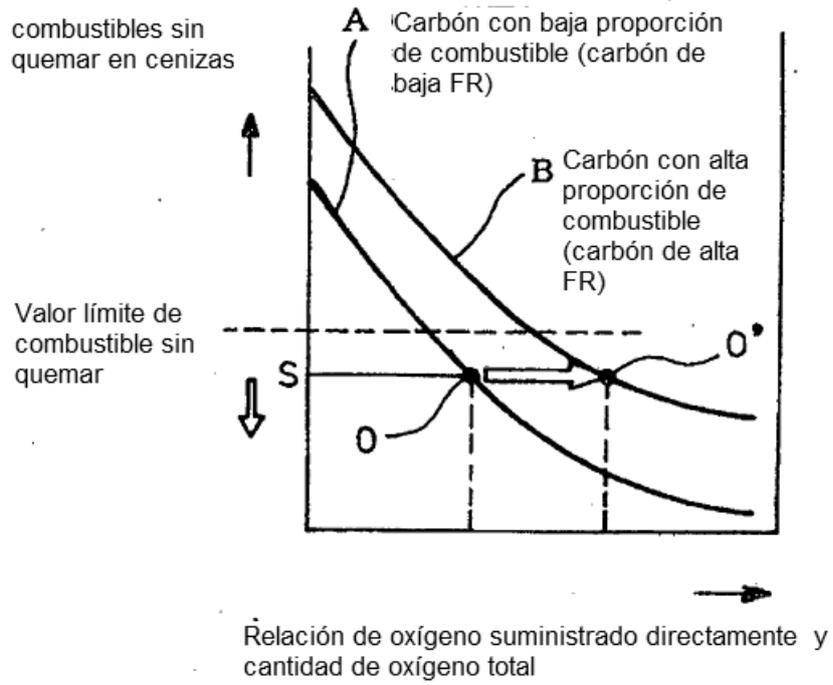


FIG 4

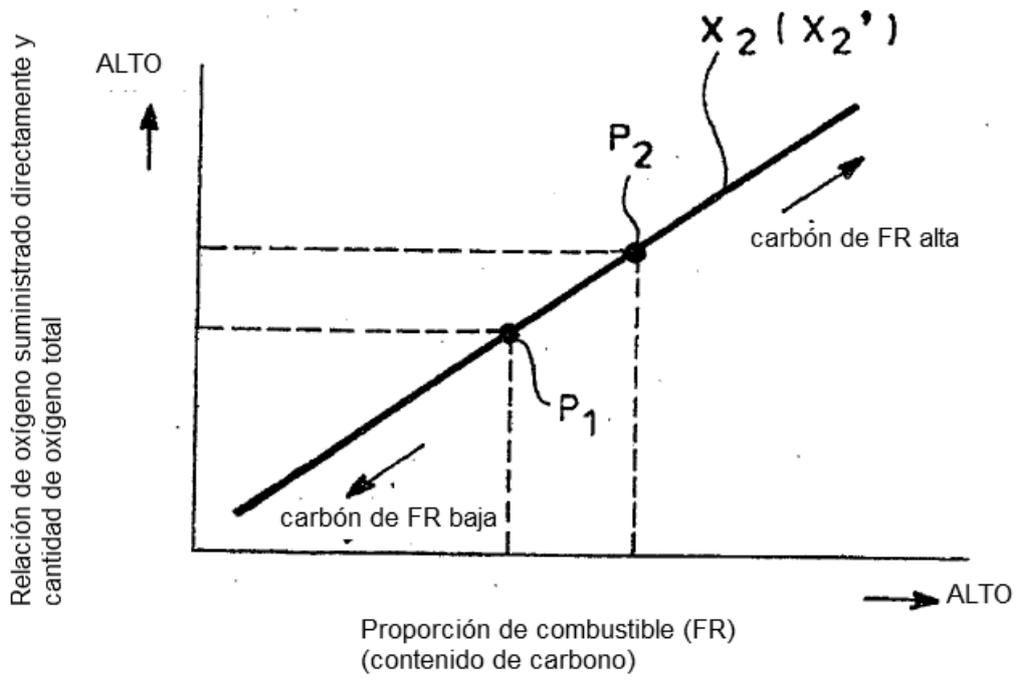


FIG. 5

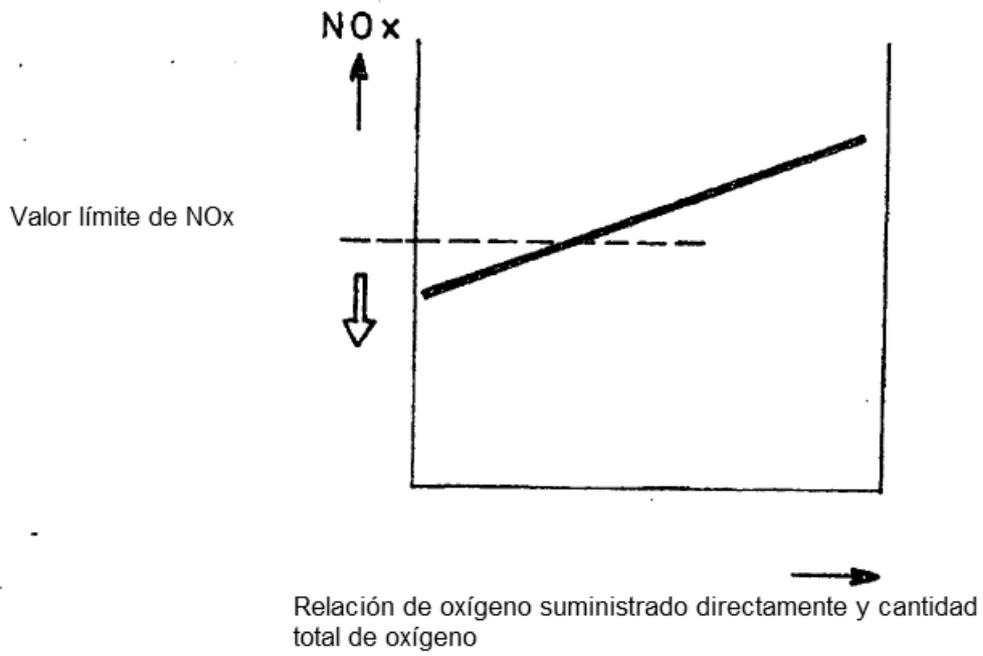


FIG. 6

