

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 544 678**

51 Int. Cl.:

F23C 99/00 (2006.01)

F22B 35/00 (2006.01)

F23C 9/00 (2006.01)

F23N 1/02 (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 08720359 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.06.2015 EP 2267366**

54 Título: **Método y aparato para controlar la combustión en una caldera de combustión de oxifuel**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.09.2015

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;
UCHIDA, TERUTOSHI y
MISAWA, NOBUHIRO**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 544 678 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 de combustión de oxifuel

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un aparato para controlar la combustión en una caldera de combustión de oxifuel.

Técnica anterior

10 Una densidad de dióxido de carbono (CO₂) incrementada en la atmósfera ha demostrado ser uno de los principales factores del calentamiento global que recientemente ha llamado la atención como problema medioambiental a escala global. Una planta de energía térmica aparece en primer lugar como una fuente fija de descarga de estas sustancias. El combustible para la generación de energía térmica puede ser petróleo, gas natural o carbón, entre los cuales se anticipa que el carbón tenga una gran demanda futura debido a sus mayores reservas de potencial.

15 El carbón contiene un elevado porcentaje de carbono en comparación con el gas natural y el petróleo, junto con otros componentes tales como el hidrógeno, nitrógeno o azufre, y cenizas como compuesto inorgánico. Por lo tanto, cuando el carbón se quema al aire, la mayoría de la composición del gas de escape de combustión está formada por nitrógeno (aproximadamente el 70 %), con el resto formado por dióxido de carbono CO₂, óxido de azufre SO_x, óxido de nitrógeno NO_x, polvo compuesto por cenizas y otras partículas y oxígeno (aproximadamente un 4%). El gas de escape de combustión es de este modo sometido a tratamientos de gas de escape tales como la eliminación de nitrógeno, desulfuración, y eliminación de polvo de manera que el NO_x, SO_x y las partículas caen debajo de sus respectivos valores estándar de emisión medioambientales antes de la emisión a la atmósfera a través de una chimenea.

25 El NO_x que se produce en el gas de escape de combustión está dividido en un NO_x térmico, generado a partir de la oxidación de nitrógeno en el aire por el oxígeno, y un NO_x de combustible generado como resultado de la oxidación de nitrógeno en el combustible. Hasta ahora, un método de combustión de disminuir la temperatura de llama ha sido empleado para la reducción del NO_x térmico mientras que otro método de combustión para formar una región de exceso de combustible para desoxidación del NO_x dentro de un quemador ha sido empleado para la reducción del NO_x de combustible.

30 En el caso de utilizar un combustible que contiene azufre tal como carbón, un dispositivo de desulfuración en mojado o en seco ha sido dispuesto para retirar el SO_x que se produce en el gas de escape de combustión como resultado de la combustión.

35 Se desea por otra parte que una gran cantidad de dióxido de carbono generado en el gas de escape de combustión sea también separado y retirado con elevada eficiencia. Un método posible de capturar dióxido de carbono en el gas de escape de combustión revisado hasta ahora incluye un método para producir una amina u otro líquido absorbente para absorberlo o un método de separación de membrana, todos ellos tienen una eficiencia de conversión baja, no alcanzando de este modo un nivel de uso práctico de captura de CO₂ de la caldera de quemado de carbón.

40 Por consiguiente, una tecnología de un combustible con oxígeno en lugar de aire ha sido propuesta como manera efectiva de afrontar de una vez tanto el problema de separación de dióxido de carbono en el gas de escape de combustión como el problema, de supresión del NO_x térmico.

45 Cuando el carbón es quemado con oxígeno, la generación de NO_x térmico no se observa y la mayoría del gas de escape de combustión está formado por dióxido de carbono con el resto formado por gases que contiene el NO_x y SO_x de combustible, consiguiendo posteriormente una licuefacción y separación relativamente fáciles del dióxido de carbono a través de la refrigeración del gas de escape de combustión, como se ha descrito en el documento JP 5231609 A. El documento EP 0081114 expone un aparato para controlar la combustión en una caldera.

Sumario de la Invención

55 Problemas Técnicos

En una caldera de quemado de carbón de combustión al aire convencional, el nitrógeno es una gas de equilibrio para el oxígeno que es el gas de componente principal distinto del oxígeno en el aire utilizado para la combustión de carbón pulverizado mientras que en una caldera de combustión de oxifuel, el dióxido de carbono y el vapor se convierten en gases de equilibrio para el oxígeno dado que son gases de componente principal distintos del oxígeno en el gas de escape de recirculación.

60 Las propiedades térmicas, sin embargo, difieren entre el nitrógeno y el dióxido de carbono y el vapor. Por tanto, se produce un problema consistente en que cuando la densidad de oxígeno (densidad de oxígeno introducido en caldera) para una cantidad total de gases introducidos en la caldera de combustión de oxifuel se establece en aproximadamente 21 % que es una densidad de oxígeno en el aire, la temperatura de llama desciende en

comparación con la combustión de aire, dando lugar a una absorción de calor de horno insuficiente.

5 La invención fue realizada con vistas a lo expuesto anteriormente y tiene por objeto proporcionar una parte para controlar la combustión en una caldera de combustión de oxifuel, asegurando una suficiente absorción de calor de horno a través de la prevención del descenso de temperatura de llama para con ello conseguir operaciones de combustión de oxifuel estabilizadas.

Solución a los problemas

10 La invención está dirigida a un aparato de control de combustión en una caldera de combustión de oxifuel en el que el oxígeno suministrado desde una unidad de separación de aire es introducido en una caldera de quemado de carbón, un gas de escape en recirculación es introducido como gases de recirculación primario y secundario en un molino y la caldera de quemado de carbón, respectivamente, siendo el carbón pulverizado por el molino transferido por dicho gas de escape de recirculación a un quemador para la combustión de oxifuel con dicho oxígeno y dicho gas de escape de recirculación secundario, comprendiendo el aparato

15 un sensor de densidad de O₂ para medir la densidad de O₂ de oxígeno que va a ser introducido en la caldera de quemado de carbón,
 un caudalímetro para detectar el caudal de oxígeno que va a ser introducido en la caldera de quemado de carbón,
 20 un sensor de densidad de O₂ para medir la densidad de O₂ del gas de escape de recirculación primario que va a ser introducido en el molino,
 un caudalímetro para medir el caudal del gas de escape de recirculación que va a ser introducido en el molino,
 un sensor de densidad de O₂ para medir la densidad de O₂ del gas de escape de recirculación secundario que va a ser introducido en la caldera de quemado de carbón,
 25 un caudalímetro para medir un caudal del gas de escape de recirculación secundario que va a ser introducido en la caldera de quemado,
 un regulador de caudal para regular un caudal total de los gases de escape de recirculación que va a ser introducido en el molino y la caldera de quemado de carbón y
 un controlador para calcular una densidad de oxígeno introducido en la caldera que es una densidad de oxígeno para una cantidad total de gases introducida en la caldera de viento de carbón en base a las densidades de O₂
 30 medidas por los respectivos sensores de densidad de O₂ y los caudales medidos por los respectivos caudalímetros, enviando el controlador una señal de control de caudal al regulador de caudal de manera que la densidad de oxígeno introducido en la caldera caiga dentro de un rango predeterminado.

35 La invención está además dirigida a un aparato para controlar la combustión en una caldera de combustión de oxifuel en la que mientras el oxígeno suministrado desde una unidad de separación de aire es introducido en una caldera de quemado de carbón un gas de escape en recirculación es introducido como gases de escape de recirculación primario y secundario en un molino y la caldera de quemado de carbón, respectivamente, siendo el carbón pulverizado por el molino transferido por dicho gas de escape de recirculación primario a una quemador para la combustión de oxifuel con dicho oxígeno y dicho gas de escape de recirculación secundario, comprendiendo el
 40 aparato,
 un sensor de densidad de O₂ para medir una densidad de O₂ del oxígeno que va a ser introducido en la caldera de quemado de carbón,
 un caudalímetro para medir un caudal de oxígeno que va a ser introducido en la caldera de quemado de carbón,
 45 un sensor de densidad de O₂ para medir una densidad de O₂ de los gases de escape de recirculación totales que van a ser introducidos en el molino y la caldera de quemado de carbón,
 un caudalímetro para medir un caudal de los gases de escape de recirculación totales que van a ser introducido en un molino y la caldera de quemado de carbón,
 un regulador de caudal para regular el caudal de los gases de escape de recirculación total que va a ser introducido en el molino y la caldera de quemado de carbón y
 50 un controlador para calcular una densidad de oxígeno introducido en la caldera que es una densidad de oxígeno para una cantidad total de gases introducida en la caldera de quemado de carbón en base a las densidades de O₂ medidas por los respectivos sensores de densidad de O₂ y los caudales medidos por los respetivos caudalímetros, emitiendo el controlador una señal de control de caudal al regulador de caudal de manera que la densidad de oxígeno introducido en la caldera cae dentro de un rango predeterminado.
 55 En el aparato para controlar la combustión en la caldera de combustión de oxifuel, preferiblemente, la densidad de oxígeno introducido en la caldera cae dentro de un rango comprendido entre 25 y 30 %.

Efectos ventajosos de la Invención

60 De acuerdo con un aparato para controlar la combustión en una caldera de combustión de oxifuel de la invención, se puede obtener un excelente efecto de asegurar una suficiente absorción de calor de horno mediante la prevención de la disminución de la temperatura de llama para con ello conseguir operaciones de combustión de oxifuel estabilizadas.

Breve descripción de los dibujos

65 La Figura 1 es un diagrama de configuración esquemática general de una realización de la invención;

la Figura 2 es una carta de flujo de un flujo de control en la realización de la invención;
 la Figura 3 es un gráfico que representa la relación entre la densidad de oxígeno introducido en la caldera y la absorción de calor de horno en una caldera; y
 la Figura 4 es un diagrama de configuración esquemático general de una realización adicional de la invención.

5

Lista de signos de referencia

- 1 carbonera
- 2 alimentador de carbón
- 3 molino
- 10 4 caldera de quemado de carbón
- 5 caja de viento
- 6 quemador
- 7 línea de gas de escape
- 8 precalentador de aire
- 15 10 unidad de separación de aire
- 11 ventilador de corriente forzada
- 12 línea de gas de escape de recirculación primaria
- 13 línea de bypass fría
- 16 línea de gas de escape de recirculación secundaria
- 20 17 línea de alimentación de oxígeno para gas de escape de recirculación secundario
- 18 línea de alimentación de oxígeno para caja de viento
- 20 ventilador de corriente inducida
- 22 sensor de densidad de O₂
- 22a densidad de O₂
- 25 23 caudalímetro
- 23a caudal
- 24 sensor de densidad de O₂
- 24a densidad de O₂
- 25 caudalímetro
- 30 25a caudal
- 26 sensor de densidad de O₂
- 26a densidad de O₂
- 27 caudalímetro
- 27a caudal
- 35 28 línea de gas de escape de recirculación
- 29 válvula de regulación de caudal (regulador de caudal)
- 29a señal de control de grado de apertura (señal de control de caudal)
- 30 controlador
- 31 sensor de densidad de O₂
- 40 31a densidad de O₂
- 32 caudalímetro
- 32a caudal
- 33 sensor de densidad de O₂
- 33a densidad de O₂
- 45 34 caudalímetro
- 34a caudal

Descripción de las realizaciones

50

Las realizaciones de la invención se describirán con referencia a los dibujos adjuntos.

55

Haciendo referencia a las Figuras 1 a 3 que muestran una realización de la invención, el número de referencia 1 incide una carbonera para el almacenamiento de carbón; 2 un alimentador de carbón para suministrar carbón almacenado en la carbonera 1; 3 un molino para la pulverización y secado del carbón procedente del alimentador 2; 4 una caldera de quemado de carbón; 5, una caja de viento fijada en la caldera 4; un quemador dispuesto en la caja de viento 5 para quemar el carbón pulverizado procedente del molino 3; 7, una línea de gas de escape a través de la cual fluye el gas de escape despedido desde la caldera 4; 8 un precalentador de aire para el intercambio de calor del gas de escape que fluye a través de la línea de gas de escape de recirculación 7 con gases de escape de recirculación primario y secundario; 9 dispositivos de tratamiento de gas de escape tales como un desulfurador y un recogedor de polvo para el tratamiento del gas de escape que pasa a través del precalentador de aire 8; 10, una unidad de separación de aire para la producción de oxígeno; 11 un ventilador de corriente forzada (FDF) para enviar forzosamente el gas de escape purificado por los dispositivos de tratamiento 9 como gases de escape de recirculación primario y secundario; 12, una línea de gas de escape de recirculación primario para llevar una parte del gases de escape forzosamente enviada por el ventilador de corriente forzada 11 al molino 3 como gas de escape de recirculación primario a través del precalentador de aire 8 para el precalentamiento; 13, una línea de bypass fría que permite que una parte del gas de escape de recirculación primario sea conducido al molino 3 para rodear el

65

precalentador de aire 8 para con ello controlar la temperatura del gas de escape de recirculación primario; 14, una válvula reguladora de regulación de caudal incorporado en la línea de gas de escape de recirculación primario 12 para regular un caudal del gas de escape de recirculación primario que pasa a través del precalentador de aire 8; 15, una válvula reguladora de regulación de caudal incorporado en la línea de bypass fría 13 para regular un caudal del gas de escape de recirculación primario que bypass en precalentador de aire 8; 16 una línea de gas de escape de recirculación secundaria para conducir una parte del gas de escape forzosamente enviada por el ventilador de corriente forzada 11 a la caja de viento 5 como gas de escape de recirculación secundaria a través del precalentador de aire 8 para el precalentamiento; 17, una línea de alimentación de oxígeno para el gas de escape de recirculación secundario que alimenta la línea de gas de escape de recirculación secundario con oxígeno procedente de la unidad de separación de aire 10; 18, una línea de suministro de oxígeno para la caja de viento que alimenta directamente la caja de viento 5 con oxígeno procedente de la unidad de separación de aire 10; 19, un dispositivo de captura para capturar CO₂ etc. procedente del gas de escape; 20, un ventilador de corriente inducida (IDF) dispuesto aguas abajo de los dispositivos de tratamiento de gas de escape 9 para succionar inducidamente el gas de escape; y 21, una chimenea para la emisión a la atmósfera de gas de escape purificado por los dispositivos de tratamiento de gas se escape 9 e inducido por el ventilador de corriente inducida 20.

Incorporados en la línea de alimentación de oxígeno 18 para la caja de viento hay un sensor de densidad de O₂ 22 y un caudalímetro 23 para medir, respectivamente, una densidad de O₂ 22a y un caudal 23a de oxígeno que va a ser sinistrado directamente a la caja de viento 5 de la caldera de quemado de carbón 4.

Incorporado a la línea de gas de escape de recirculación primario 12 en la entrada del molino 3 hay un sensor de densidad de O₂ 24 y un caudalímetro 25 para medir, respectivamente, una densidad de O₂ 24a y un caudal 25a del gas de escape de recirculación primario que va a ser introducido en el molino 3.

Incorporados a la línea de gas de escape de recirculación secundario 16 hay un sensor de densidad de O₂ y un caudalímetro 27 para medir, respectivamente, una densidad de O₂ 26a y un caudal 27a del gas de escape de recirculación secundario suministrado con oxígeno procedente de la línea de alimentación de oxígeno 17 para el gas de escape de recirculación secundario.

Incorporado en la línea de gas de escape de recirculación 28 en un lado de salida del ventilador de corriente forzada 11 y aguas arriba de los puntos de ramificación a las líneas de gas de escape de recirculación primario y secundario 12 y 16 hay una válvula reguladora de regulación de caudal 29 que actúa como regulador de caudal para regular el caudal de los gases de escape de recirculación total que va a ser introducido en el molino 3 y la caldera de quemado de carbón 4.

Además, un controlador 30 está dispuesto para calcular una densidad de oxígeno introducido en la caldera para una cantidad total de gases introducidos en la caldera de quemado de carbón 4 en base a las densidades de O₂ 22a, 24a y 26a medidas por los sensores de densidad de O₂ 22, 24 y 26, respectivamente, y los caudales 23a, 25a y 27a medidos por los caudalímetros 23, 25 y 27, respectivamente, enviando el controlador 30 una señal de control de grado de apertura 29a como señal de control de caudal a la válvula reguladora de regulación de caudal 29 de manera que la densidad de oxígeno introducido en la caldera cae dentro de un rango predeterminado. En lugar de la válvula reguladora de regulación de caudal 29, se puede utilizar cualquier otro regulador de caudal tal como una válvula reguladora a la cual se le envía una señal de control de caudal procedente del controlador 30.

Como se muestra en la Figura 3, el rango de la densidad de oxígeno introducido en la caldera está preferiblemente comprendido entre 25 y 30 % y es particularmente preferible del orden de 27 %. Esto se basa que que la densidad de oxígeno introducido en la caldera que satisface el rango permitir de absorción de calor de horno está comprendida entre 25 y 30 % en el ambiente de combustión de oxifuel cuando un rango permitir de absorción de calor de horno está definido, a partir de los resultados de funcionamiento en el ambiente de combustión de aire, que sea del orden de 49 a 60% en base al hecho de que la absorción de calor de horno de la caldera de quemado de carbón 4 se vuelve del orden del 52 % en el caso de la densidad de oxígeno de aire del 21 %.

Se describirán las operaciones en la realización ilustrada anteriormente.

En el funcionamiento normal de la caldera de quemado de carbón 4 como se ha mencionado anteriormente, el carbón almacenado en la carbonera 1 es suministrado por el alimentador de carbón 2 al molino 3 en donde el carbón es pulverizado hasta formar carbón pulverizado. Una parte de gas de escape forzosamente enviada por el ventilador de corriente forzada 11 desde la línea de gas de escape de recirculación 28 es conducida como gas de escape de recirculación a través de la línea de gas de escape de recirculación primario 12 al molino 3 a través del precalentador de aire 8 para el precalentado; el gas de escape de recirculación primario seca el carbón suministrado al molino 3 y transfiere el carbón pulverizado producido por el molino 3 al quemador 6. Otra parte del gas de escape forzosamente enviada por el ventilador de corriente forzada 11 desde la línea de gas de escape de recirculación 28 es suministrada como gas de escape de recirculación secundario a través de la línea de gas de escape de recirculación secundario 16, a través del precalentador de aire 8 para el precalentado, a la caja de viento 5 de la caldera de quemado de carbón 4 a la que el oxígeno producido por la unidad de separación de aire 10 es

directamente suministrado a través de la línea de suministro de oxígeno 18 para la caja de viento, de manera que el carbón pulverizado es sometido a combustión de oxifuel dentro de la caldera de quemado de carbón 4.

5 En la puesta en marcha de la caldera de quemado de carbón 4, en aire (no mostrado) en lugar del gas de escape de recirculación primario es introducido en el molino 3 de manera que el gas seca el carbón suministrado al molino 3 y transfiere el carbón pulverizado obtenido en el mismo al quemador 6. El aire (no mostrado) en lugar del gas de escape de recirculación secundario y el oxígeno es suministrado a la caja de viento 5 de la caldera de quemado de carbón 4 de manera que el carbón pulverizado experimenta la combustión de aire dentro de la caldera de quemado de carbón 4. Cuando la absorción de calor de la caldera de quemado de carbón 4 alcanza un valor predeterminado, el aire es desviado al gas de escape de recirculación primario, el gas de escape de recirculación secundario y el oxígeno para moverse a la combustión de oxifuel.

15 Un gas de escape procedente de la caldera de quemado de carbón 4 es introducido a través de la línea de gas de escape 7 en el precalentador de aire 8 en donde los gases de escape de recirculación primario y secundario son calentados y sometidos a recuperación de calor. El gas de escape que pasa a través del precalentador 8 va a los dispositivos de tratamiento de gas de escape 9 tal como un desulfurador y un recogedor de polvo para la desulfuración y la recogida de polvo, con el resultado de que el gas de escape purificado por los dispositivos de tratamiento de gas de escape 9 es succionado inductivamente por el ventilador de corriente inducida 20 antes de la emisión a través de la chimenea 21 a la atmósfera. El gas de escape que pasa a través de los dispositivos de tratamiento de gas 9 es recuperado parcialmente por el ventilador de corriente forzada 11 y parcialmente introducido en el dispositivo de captura 19 para la captura del CO₂ etc. procedente del gas de escape.

25 En el funcionamiento normal de la caldera de quemado de carbón 4 de la realización ilustrada, la densidad de O₂ 22a del oxígeno que va ser directamente suministrado a la caja de viento 5 de la caldera de quemado de carbón 4 es medida por el sensor de densidad de O₂ 22; el caudal 23a del oxígeno que va ser directamente suministrado a la caja de viento 5 de la caldera de quemado de carbón 4 es medido por el caudalímetro 32; la densidad de O₂ 24a del gas de escape de recirculación primario que va a ser introducido en el molino 3 es medida por el sensor de densidad de O₂ 24; el caudal 25a del gas de recirculación primario que va a ser introducido en el molino 3 es medido por el caudalímetro 25; la densidad de O₂ 26a del gas de recirculación secundario alimentado con oxígeno procedente de la línea de alimentación de oxígeno 17 para el gas de escape de recirculación secundario es medida por el sensor de densidad de O₂ 26; el caudal 27a del gas de escape de recirculación secundario suministrado con el oxígeno procedente de la línea de suministro de oxígeno 17 para el gas de escape de recirculación secundario es medido por el caudalímetro 27; y la densidad de oxígeno introducido en la caldera que es una densidad de oxígeno de la cantidad total de los gases introducidos en la caldera de quemado de carbón 4 se calcula mediante el controlador 30 en base a las densidades de O₂ 22a, 24a y 26a medidas por los sensores de densidad de O₂ 22, 24 y 26, respectivamente, y los caudales 23a, 25a y 27a medidos por los caudalímetros 23, 25 y 27, respectivamente (véase la etapa S1 de la Figura 2).

40 Entonces se determina si la densidad de oxígeno introducido en la caldera está por debajo del 25 % (véase la etapa S2 de la Figura 2). Si es afirmativo, es decir, si la densidad de oxígeno introducido en la caldera está por debajo de, 25 %, entonces un grado de apertura de la válvula reguladora de regulación de caudal 29 que actúa como regulador de caudal se reduce como respuesta a la señal de control de grado de apertura 29a que sirve como señal de control de caudal emitida desde el controlador 30 para con ello reducir el caudal de los gases de escape de recirculación total que fluye a través de la línea de gas de escape de recirculación 28 (véase la etapa S3 de la Figura 2).

45 Si es negativo, es decir, si la densidad de oxígeno introducido en la caldera no está por debajo del 25 %, entonces se determina si la densidad de oxígeno introducido en la caldera está por encima del 30 % (véase la etapa S4 de la Figura 2). Si es afirmativo, es decir, si la densidad de oxígeno introducido en la caldera está por encima del 30 %, entonces el grado de apertura de la válvula reguladora de regulación de caudal 29 que actúa como regulador de caudal se incrementa como respuesta a la señal de control de grado de apertura 29a que sirve como señal de control de caudal que es emitida desde el controlador 30 para con ello aumentar el caudal de los gases de escape de recirculación total que fluye a través de la línea de gas de escape de recirculación 28 (véase la etapa S5 de la Figura 2). Como resultado, la densidad de oxígeno introducido en la caldera cae dentro de un rango predeterminado (25 a 30 %) para evitar que la temperatura de llama descienda, para obtener una suficiente absorción de calor de horno que se sitúe dentro de un rango del orden de ± 5 % de la absorción de calor de horno obtenida de los resultados de operaciones en el ambiente de combustión de aire, consiguiendo con ello operaciones de combustión de oxifuel estabilizadas.

60 La suficiente absorción de calor de horno es de este modo obtenida evitando la disminución de la temperatura de llama, haciendo posible que las operaciones de combustión de oxifuel se realicen de manera estable.

65 La Figura 4 es una realización más de la invención en la que las partes similares a las de la Figura 1 están representadas con los mismos números de referencia. La realización adicional es similar en la configuración fundamental a la de la Figura 1 y es característica, como se muestra en la Figura 4, en que un sensor de densidad de O₂ 31 y un caudalímetro 32 para medir, respectivamente, una densidad de O₂ 31a y un caudal 32a del oxígeno

- que va ser introducido en la caldera de quemado de carbón 4 son incorporados en la línea de alimentación de oxígeno procedente de la unidad de separación de aire 10 aguas arriba de un punto de ramificación entre la línea de suministro de oxígeno 17 para el gas de escape de recirculación secundario y la línea de suministro de oxígeno 18 para la caja de viento, incorporad en la línea de gas de escape de recirculación 28 que es un sensor de densidad de O₂ 33, un caudalímetro 34 y una válvula reguladora de regulación de caudal 29 que actúa como regulador de caudal respectivamente, para medir una densidad de O₂ 33a y un caudal 34a de y para regular el caudal de los gases de escape de recirculación total que va a ser introducido en el molino 3 y la caldera de quemado de carbón 4, una densidad de oxígeno del oxígeno introducido en la caldera de quemado de carbón 4 que es calculada en el controlador 30 en base a las densidades de O₂ 31a y 33a medidas por los sensores de densidad de O₂ 21 y 33, respectivamente, y los caudales 32a y 34a medidos por los caudalímetros 32 y 34, respectivamente, una señal de control de apertura 28a como señal de control de cauda que es enviada a la válvula reguladora de regulación de caudal 29 de manera que la densidad de oxígeno introducido en la caldera cae dentro de un rango predeterminado (25 a 30 %).
- En el funcionamiento normal de la caldera de quemado de carbón 4 de la realización ilustrada, la densidad de O₂ 31a y el caudal 32a de oxígeno introducido en la caldera de quemado de carbón 4 son medidos por el sensor de densidad de O₂ 31 y el caudalímetro 32, respectivamente; la densidad de O₂ 33a y el caudal 34a de los gases de recirculación total que va ser introducido en el molino 3 y la caldera de quemado de carbón 4 son medidos por el sensor de densidad de O₂ 33 y el caudalímetro 34, respectivamente. La densidad de oxígeno introducido en la caldera del oxígeno introducido en la caldera de quemado de carbón 4 se calcula en el controlador 30 en base a las densidades de O₂ 31a y 33a medidas por los sensores de densidad de O₂ 21 y 33, respectivamente, y los caudales 32a y 34a medidos por los caudalímetros 32 y 34, respectivamente (véase la etapa S1 de la Figura 2). Se determina si la densidad de oxígeno introducido en la caldera está por debajo del 25 % (véase la etapa S2 de la Figura 2); si es afirmativo, es decir, si la densidad de oxígeno introducido en la caldera está por debajo del 25 %, el grado de apertura de la válvula reguladora de regulación de caudal 29 que actúa como regulador de caudal es reducido como respuesta a la señal de control de grado de apertura 29a que sirve como señal de control de caudal enviada desde el controlador 30 para con ello reducir el caudal de los gases de escape de recirculación que fluye a través de la línea de gas de escape de recirculación 28 (véase la etapa S3 de la Figura 2); si es negativo, es decir, si la densidad de oxígeno introducido en la caldera no está por debajo del 25 %, se determina si la densidad de oxígeno introducido en la caldera está por encima del 30 % (véase la etapa S4 de la Figura 2); y si es afirmativo, es decir, si la densidad de oxígeno introducido en la caldera está por encima del 30 %, el grado de apertura de la válvula reguladora de regulación de caudal 29 que actúa como regulador de caudal es incrementado como respuesta a la señal de control de grado de abertura 29a que sirve como señal de control de caudal enviada desde el controlador 30 para con ello incrementar el caudal de los gases de escape de recirculación total que fluye a través de la línea de gas de escape de recirculación 28 (véase la etapa S5 de la Figura 2) con lo cual la densidad de oxígeno introducido en la caldera cae dentro del rango predeterminado (25 a 30 %) para evitar que la temperatura de la llama descienda, para obtener una suficiente absorción de calor de horno comprendida entre $\pm 5\%$ de la absorción de calor de horno obtenida de los resultados de operación en el ambiente de combustión de aire, por lo que se consiguen operaciones de combustión de oxifuel estabilizadas.
- De este modo, de forma similar a la realización de la Figura 1, la realización de la Figura 4 también asegura una absorción de calor de horno suficiente mediante la prevención de la disminución de la temperatura de llama, haciendo posible que las operaciones de combustión de oxifuel se realicen de forma estable.
- La realización de la Figura 4 emplea un menor número de sensores de densidad de O₂ y caudalímetros en comparación con la realización de la Figura 1.
- Se ha de entender que un método y un aparato de la invención para controlar la combustión en una caldera de combustión de oxifuel no se limitan a las realizaciones anteriores y que se pueden realizar diversos cambios y modificaciones sin que se salgan del campo de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de control de combustión en una caldera de combustión de oxifuel en el que el oxígeno suministrado desde una unidad de separación de aire (10) es introducido en una caldera de quemado de carbón (4), un gas de escape en recirculación es introducido como gases de escape de recirculación primario y secundario en un molino (3) y en la caldera de quemado de carbón (4) respectivamente, siendo el carbón pulverizado por el molino (3) transferido por dicho gas de escape de recirculación primario a un quemador (6) para la combustión de oxifuel con dicho oxígeno y dicho gas de escape de recirculación secundario, comprendiendo el aparato un sensor de densidad de O₂ (22) para medir una densidad de O₂ (22a) del oxígeno que va a ser introducido en la caldera de quemado de carbón (4), un caudalímetro (23) para medir un caudal (23a) del oxígeno que va a ser introducido en la caldera de quemado de carbón (4), un sensor de densidad de O₂ (24) para medir una densidad de O₂ (24a) del gas de recirculación primario que va a ser introducido en el molino (3), un caudalímetro (25) para medir un caudal (25a) del gas de escape de recirculación primario que va a ser introducido en el molino (3), un sensor de densidad de O₂ (26) para medir una densidad de O₂ (26a) del gas de escape de recirculación secundario que va a ser introducido en la caldera de quemado de carbón (4), un caudalímetro (27) para medir un caudal (27a) del gas de recirculación secundario que va a ser introducido en la caldera de quemado de carbón (4), un regulador de caudal (29) para regular un caudal de los gases de escape de recirculación total que va a ser introducido en el molino (3) y la caldera de quemado de carbón (4) y un controlador (30) para calcular una densidad de oxígeno introducido en la caldera que es una densidad de oxígeno para una cantidad total de gases introducidos en la caldera de quemado de carbón (4) en base a las densidades de O₂ (22a, 24a, 26a) medidas por los respectivos sensores de densidad de O₂ (22, 24, 26) y los caudales (23a, 25a, 27a) medidos por los respectivos caudalímetros (23, 25, 27), enviando el controlador (30) una señal de control de caudal (29a) al regulador de caudal (29) de manera que la densidad de oxígeno introducido en la caldera cae dentro de un rango predeterminado.
2. Un aparato de control de combustión en una caldera de combustión de oxifuel, en el que el oxígeno suministrado desde una unidad de separación de oxígeno (10) es introducido en una caldera de quemado de carbón (4), un gas de escape en recirculación es introducido como gases de escape de recirculación primario y secundario en un molino (3) y la caldera de quemado de carbón (4) respectivamente, siendo el carbón pulverizado por el molino (3) transferido por dicho gas de escape de recirculación primario a un quemador (6) para la combustión de oxifuel con dicho oxígeno y dicho gas de escape de recirculación secundario, comprendiendo el aparato un sensor de densidad de O₂ (31) para medir una densidad de O₂ (31a) del oxígeno que va a ser introducido en la caldera de quemado de carbón (4), un caudalímetro (32) para medir un caudal (32a) de oxígeno que va a ser introducido en la caldera de quemado de carbón (4), un sensor de densidad de O₂ (33) para medir una densidad de O₂ (33a) de los gases de escape de recirculación total que va a ser introducido en el molino (3) y la caldera de quemado de carbón (4), un caudalímetro (34) para medir un caudal (34a) de gases de escape de recirculación totales que va a ser introducido en el molino (3) y la caldera de quemado de carbón (4), un regulador de caudal (29) para regular un caudal de los gases de escape de recirculación total que va a ser introducido en el molino (3) y la caldera de quemado de carbón (4) y un controlador (30) para calcular una densidad de oxígeno introducido en la caldera, que es una densidad de oxígeno para una cantidad total de gases introducida en la caldera de quemado de carbón (4) en base a las densidades de O₂ (31a, 33a) medidas por los respectivos sensores de densidad de O₂ (31, 33) y los caudales (32a, 34a) medidos por los respectivos caudalímetros (32, 34), enviando el controlador (30) una señal de control de caudal (29a) al regulador de caudal (29) de manera que la densidad de oxígeno introducido en la caldera cae dentro de un rango predeterminado.
3. Un aparato para controlar la combustión en una caldera de combustión de oxifuel como el reivindicado en la reivindicación 1 o 2, en el que la densidad de oxígeno introducido en la caldera cae dentro de un rango comprendido entre el 25 y el 30 %.

FIG. 1

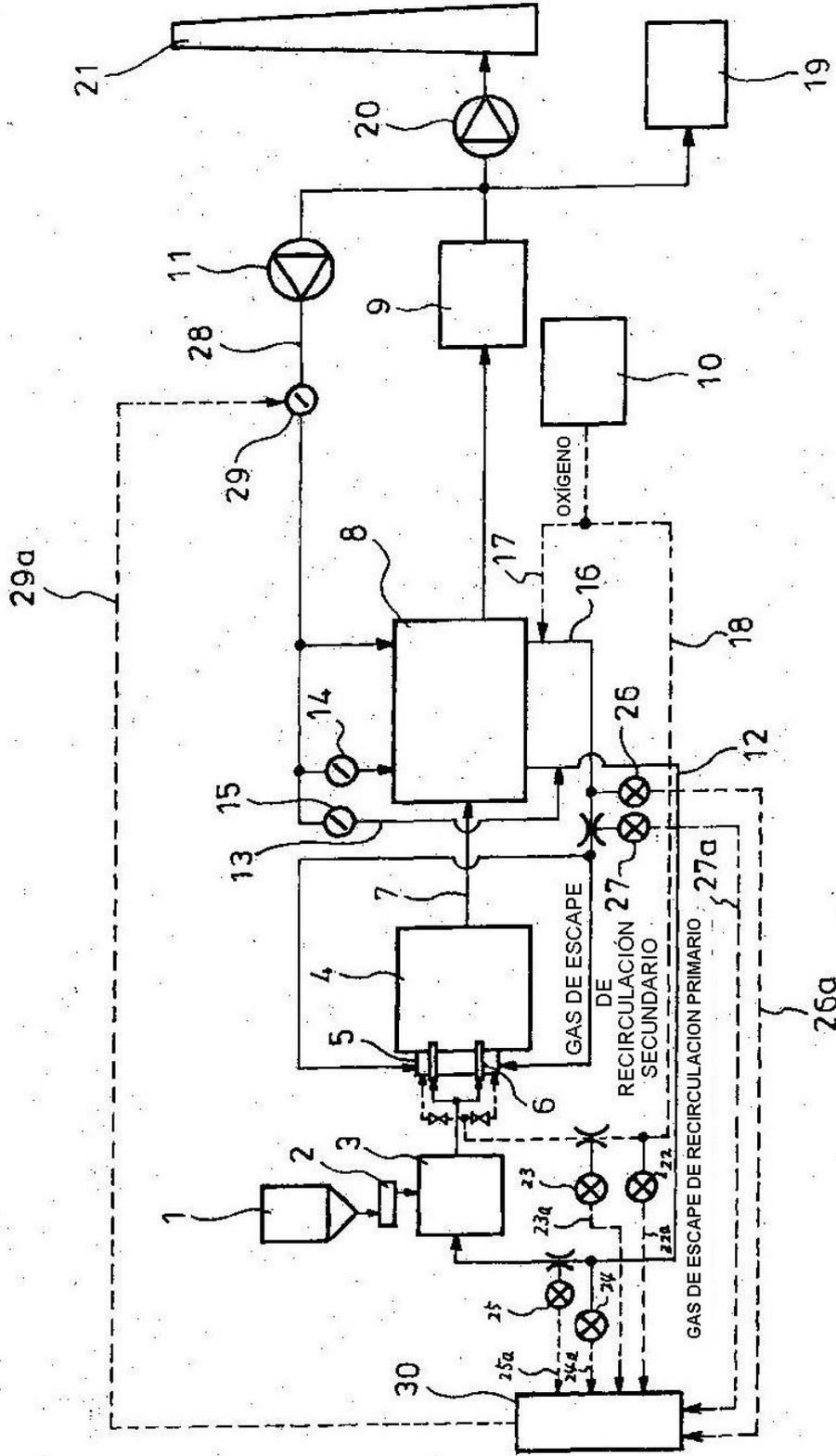


FIG. 2

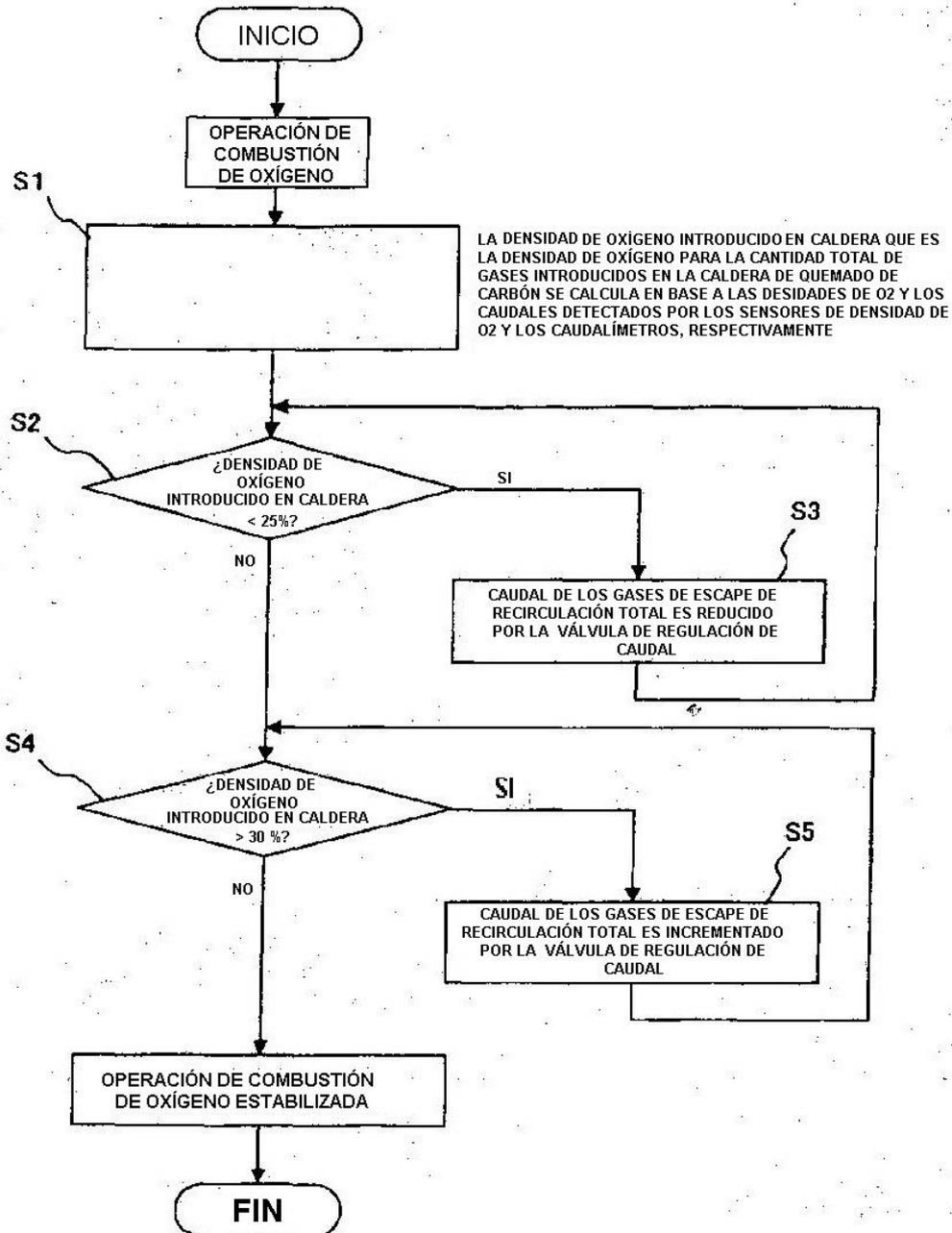


FIG. 3

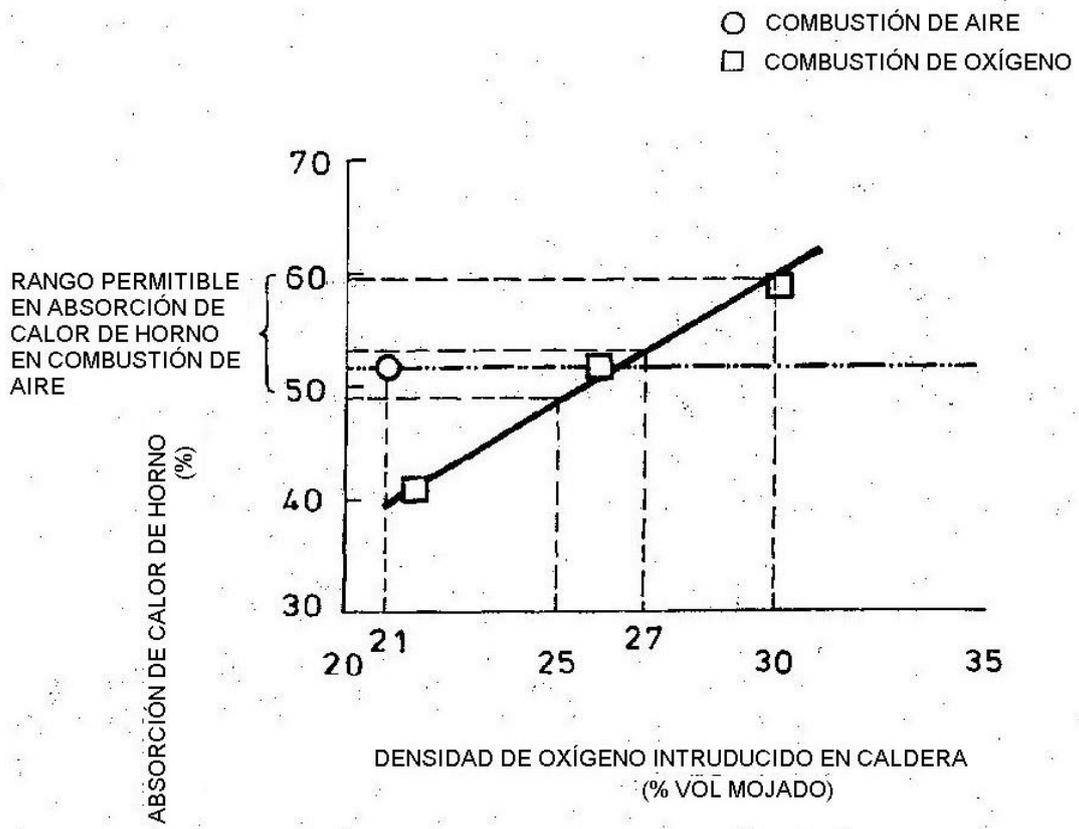


FIG. 4

