

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 657 244**

51 Int. Cl.:

F27B 1/00 (2006.01)

F27B 1/02 (2006.01)

F27B 1/04 (2006.01)

F27D 17/00 (2006.01)

C21B 9/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.08.2011 E 11250727 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.11.2017 EP 2527772**

54 Título: **Aparato de calentamiento**

30 Prioridad:

25.05.2011 US 201113115184

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

02.03.2018

73 Titular/es:

**LINDE AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Klosterhofstrasse 1
80331 München, DE**

72 Inventor/es:

**CAMERON, ANDREW y
VISCANTI, KELLY TERESA**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 657 244 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

Aparato de calentamiento

Antecedentes de la invención

5 La presente invención se refiere a un aparato para calentar una estufa de alto horno que tiene una región de combustión y una salida de gas de combustión asociada a la región de combustión.

10 Los altos hornos se utilizan principalmente, aunque no en exclusiva, para reducir mineral de óxido de hierro ore a hierro fundido. El propósito de las estufas de alto horno es proporcionar al alto horno una temperatura constante de aire caliente, a un caudal deseado, de una manera segura y respetuosa con el medioambiente durante un período prolongado de muchos años. El funcionamiento de una estufa de alto horno es, en principio, simple. Un quemador de aire-combustible se usa normalmente para quemar un gas de combustión (normalmente, en su mayoría gas de alto horno) y los productos de combustión se pasan a través de una gran masa de ladrillos refractarios que capturan el calor sensible del producto de combustión. Una vez que los ladrillos refractarios han alcanzado la temperatura de funcionamiento deseada, el quemador se apaga y pasa aire frío a través de la estufa, pasando sobre los ladrillos, para ser precalentado antes de ser enviado al alto horno como aire caliente. Por lo general, las estufas se activan en bancos de tres o cuatro, de modo que algunas estufas se calientan mientras que otras están proporcionando aire caliente al alto horno.

15 Las estufas de alto horno pueden tener cualquier configuración de entre configuraciones diferentes. Normalmente, cada estufa comprende una primera cámara vertical en la que se produce la combustión, al lado una segunda cámara vertical en la que están colocados los ladrillos refractarios. Tal estufa se denomina a menudo como del tipo de cámara de combustión externa. También se conocen estufas en las que la región de combustión está alojada en la cámara refractaria. Estas se denominan estufas de combustión "interna". En otra configuración, la cámara de combustión está situada en la parte superior de la cámara refractaria, normalmente situada dentro de una estructura en forma de cúpula.

20 Por ejemplo, el documento US 2 598 735 describe una planta que comprende un conjunto de varias estufas asociadas a un alto horno en el que gas de combustión extraído de dichas estufas es recirculado a través de un generador de gas antes de ser alimentado al alto horno.

25 En la práctica actual, hay tres propuestas principales para tratar de maximizar la cantidad de calor que se puede transferir desde la estufa al aire caliente. La provisión de un aire caliente con un contenido de calor lo más alto posible reduce la tasa de coque para la fabricación de hierro en el alto horno. Para lograr una alta temperatura de aire caliente, los ladrillos refractarios o de celosía en las estufas deben calentarse a una temperatura tan alta como sea posible dentro de las limitaciones físicas establecidas por la temperatura que puede admitir la cúpula de la estufa. En consecuencia, el poder calorífico del gas de combustión suministrado al quemador debe ser capaz de generar una llama caliente adecuada.

30 El gas del tragante de alto horno (a menudo denominado gas de alto horno) es normalmente el combustible primario utilizado para calentar las estufas de alto horno, aunque el uso de este combustible tiene el inconveniente de que su poder calorífico es variable, dependiendo en gran medida de las prácticas de funcionamiento del alto horno. La versatilidad del poder calorífico del gas de alto horno es tal que es bien conocido mezclar el gas de alto horno con un gas de combustión de mayor poder calorífico, tal como gas de horno de coque, gas de convertidor o gas natural, con el fin de aumentar su valor de calentamiento y generar la temperatura de llama requerida. Alternativamente, se conoce precalentar gas de combustión y aire aguas arriba de la combustión mediante el quemador de estufa. De hecho, el gas de combustión que sale de las estufas durante el ciclo de calentamiento normalmente tiene una temperatura de entre 250 °C y 400 °C y contiene aproximadamente 18 % de la entrada de energía a las estufas. En algunas plantas, este gas de combustión relativamente caliente se dirige a una unidad de recuperación de calor residual donde se captura una parte de su contenido de calor sensible y se utiliza para realizar el precalentamiento.

35 Otro método alternativo para calentar las estufas de alto horno es enriquecer el aire de combustión con oxígeno. La adición de oxígeno para reemplazar parte del aire de combustión aumenta la temperatura de la llama ya que, a un flujo de oxígeno molecular total constante, se reduce el lastre de nitrógeno en los productos de combustión. Normalmente, el enriquecimiento con oxígeno del aire se usa para facilitar una reducción de la cantidad de gas de horno de coque, gas de convertidor o gas natural necesaria para generar la temperatura de llama deseada.

40 Es deseable mejorar el funcionamiento de estufas de alto horno, aunque de una manera flexible que pueda tener en cuenta los cambios en la disponibilidad y en el costo del combustible y de otros gases durante una campaña de funcionamiento.

Sumario

45 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un aparato para calentar una estufa de alto horno que tiene una región de combustión y una salida de gas de combustión asociada a la región de combustión, comprendiendo el aparato:

a) una fuente de combustible de menor poder calorífico;

- b) una primera tubería que se puede utilizar para distribuir el combustible de menor poder calorífico desde la fuente del mismo a la región de combustión;
- c) una fuente de aire;
- 5 d) una segunda tubería que se puede utilizar para distribuir el aire desde la fuente del mismo a la región de combustión;
- e) una fuente de oxidante que comprende al menos 85 % en volumen de oxígeno;
- f) una tercera tubería que se puede utilizar para distribuir el oxidante desde la fuente del mismo a la región de combustión;
- 10 g) una cuarta tubería que se puede utilizar para conducir gas de combustión desde la salida de gas de combustión en dirección opuesta a la estufa; y
- h) una quinta tubería que se puede utilizar para devolver una parte del gas de combustión a la región de combustión, comprendiendo además el aparato un medio para introducir de manera selectiva el oxidante procedente de la tercera tubería en la segunda tubería.

El término "gas de combustión" pretende incluir el producto gaseoso de la combustión.

- 15 El aparato de acuerdo con la invención puede funcionar en una pluralidad de modos diferentes, de acuerdo con las tuberías segunda, tercera y quinta que se seleccionan para la comunicación con la región de combustión. El más importante de estos modos es uno en el que el oxidante que comprende al menos 85 % en volumen de oxígeno es un oxidante único usado para soportar la combustión, y el gas de combustión se recircula a la región de combustión a través de la quinta tubería. Se puede obtener una serie de ventajas si el aparato funciona en este modo. En primer
- 20 lugar, se pueden conseguir las temperaturas de llama deseadas simplemente utilizando gas de alto horno como gas de combustión sin enriquecimiento con un gas calorífico superior, tal como gas de horno de coque o gas natural. En segundo lugar, el reciclado del gas de combustión facilita una reducción neta de la velocidad a la que se desprende el dióxido de carbono. En tercer lugar, se pueden obtener ventajas análogas a las obtenidas del enriquecimiento con oxígeno del aire (véase más arriba).
- 25 El aparato de acuerdo con la invención puede funcionar con recuperación de calor del gas de combustión haciendo pasar dicho gas a través de un intercambiador de calor de recuperación de calor.

La recirculación del gas de combustión a la región de combustión diluye la mezcla de combustible y oxidante en la misma y, por tanto, modifica la temperatura y reduce el riesgo de daños a los materiales de la estufa como resultado de la combustión. La combustión, de hecho, puede ser sin llama.

- 30 El aparato de acuerdo con la invención proporciona al operario del alto horno flexibilidad para cambiar a un funcionamiento convencional empleando aire para soportar la combustión y elevar el poder calorífico de un combustible de alto horno empleando además del combustible de alto horno un combustible con mayor poder calorífico, tal como gas de horno de coque, gas de convertidor o gas natural.

- 35 El aparato de acuerdo con la invención puede, por tanto, incluir una fuente de combustible de mayor poder calorífico y una sexta tubería que se puede utilizar para distribuir el combustible de mayor poder calorífico a la región de combustión.

- 40 El término "combustible de bajo poder calorífico o de menor poder calorífico" pretende incluir un combustible que normalmente tiene un poder calorífico de $9\text{MJ}/\text{Nm}^3$ o menos. Como se menciona anteriormente, el gas de alto horno es el combustible con menor poder calorífico que se usa normalmente. El término "gas de alto poder calorífico o de mayor poder calorífico" indica un gas que normalmente tiene un poder calorífico superior a $9\text{MJ}/\text{Nm}^3$. El gas de horno de coque, el gas de convertidor o el gas natural es un combustible adecuado de mayor poder calorífico para usar en el aparato de acuerdo con la invención.

El medio para introducir de manera selectiva oxidante de la tercera tubería en la segunda tubería ofrece al operario del alto horno la opción de utilizar la estufa con aire enriquecido con oxígeno.

- 45 El aparato de acuerdo con la invención incluye de manera deseable un tubo de ventilación para gas de combustión, que normalmente termina en una chimenea, cuyo conducto de ventilación normalmente se comunica con la cuarta tubería. Cuando el aparato de acuerdo con la invención funciona con recirculación de gas de combustión a la región de combustión, la ventilación de una parte del gas de combustión limita la acumulación de impurezas en el gas circulante.

- 50 La fuente del gas de combustión de menor poder calorífico es normalmente un alto horno con el que está asociada la estufa de alto horno que forma parte del aparato de acuerdo con la invención.

La fuente de aire es normalmente al menos un compresor, soplador o ventilador. El compresor generalmente está separado del compresor o de los compresores que suministran el chorro de aire al alto horno.

5 La fuente de oxidante que comprende al menos 85 % en volumen de oxígeno es normalmente una planta de separación de aire. El oxidante puede comprender, por tanto, al menos 95 % en volumen de oxígeno. La planta de separación de aire puede, por ejemplo, separar aire mediante destilación fraccionada o mediante adsorción por oscilación de presión.

10 Cada una de las tuberías primera a sexta puede incluir una válvula o una serie de válvulas que cuando se abren proporcionan el flujo deseado y cuando se cierran impiden ese flujo. Todas las válvulas pueden estar asociadas a un aparato de control común, que si se desea puede funcionar automáticamente y que puede ser programable. Cada una de las tuberías primera a sexta puede incluir también transmisores, válvulas de seguridad y otros dispositivos de control que ayudan en el funcionamiento general del aparato.

15 Si se desea, las tuberías cuarta y quinta se pueden comunicar con medios para tratar el gas de combustión. El tratamiento del gas de combustión puede comprender la recuperación del calor residual del mismo, o la recompresión, o ambos. El aparato de acuerdo con la invención puede, por tanto, comprender un intercambiador de calor para recuperar el calor residual del gas de combustión y un soplador o compresor para pasar gas de combustión de la cuarta tubería a la quinta.

Breve descripción de los dibujos

El aparato de acuerdo con la invención se describirá ahora a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

20 La figura 1 es una ilustración simplificada de un alto horno y sus estufas asociadas en una fábrica de hierro convencional;

La figura 2 es un dibujo esquemático en sección de una estufa de alto horno que tiene una cámara de combustión externa; y

25 La figura 3 es un organigrama esquemático que ilustra un aparato de la invención para el funcionamiento de estufas de alto horno.

Los dibujos no son a escala. Varios transmisores, válvulas de seguridad y otros dispositivos de control, todos bien conocidos en la técnica del suministro de gas, se omiten en los dibujos.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

30 Con referencia a la figura 1, se muestra esquemáticamente una disposición de un alto horno 120 y tres estufas 100 en una fábrica de hierro. El funcionamiento del alto horno 120 produce hierro fundido mediante reducción de óxido de hierro con carbono proporcionado por materiales tales como coque. La reducción del mineral de óxido de hierro a hierro provoca la formación de monóxido de carbono y una mezcla gaseosa que comprende monóxido de carbono, dióxido de carbono y flujos de nitrógeno desde la parte superior del alto horno 120 hasta un dispositivo de control de suministro de combustible 110 que controla el suministro del gas del tragante de alto horno a cada una de las tres estufas de alto horno 100. Cada estufa 100 tiene una cámara para la combustión del gas del tragante desde el alto horno 120 y una cámara para calentar un chorro de aire. El chorro de aire se suministra a través de un dispositivo de control de suministro de aire 130. La cámara para calentar el chorro de aire comprende material refractario en forma de ladrillos cerámicos o similar, a menudo denominado trabajo de celosía. Los gases de combustión procedentes de la cámara de combustión de cada estufa 100 fluyen a través de la cámara de calentamiento de aire y traspasan calor a los ladrillos refractarios. Normalmente, cada estufa funciona de acuerdo con un ciclo predeterminado de manera que en cualquier momento al menos una de las estufas se usa para calentar el chorro de aire y el resto de las estufas se calientan mediante la combustión del gas de alto horno.

45 Cuando los ladrillos refractarios se calientan, la combustión o los gases de combustión resultantes se alimentan a un dispositivo de eliminación de gases de combustión 150. El propósito de las estufas 100 es proporcionar al alto horno 120 una temperatura constante de chorro caliente, a un caudal deseado durante un período de tiempo prolongado de muchos años. Es bien conocido en la técnica controlar la combustión a fin de obtener un rendimiento de estufa constante, para reducir el consumo de energía y fomentar tanto un funcionamiento seguro como una vida útil prolongada. La cámara de combustión de cada estufa 100 está provista de un quemador para efectuar la combustión. Los ladrillos refractarios capturan el calor sensible del producto de combustión. Una vez que los ladrillos de celosía han alcanzado la temperatura de funcionamiento, el quemador se apaga y el aire frío pasa sobre los ladrillos refractarios donde se precalienta antes de ser enviado al alto horno como aire "caliente". Por lo general, las estufas funcionan en bancos de 3 o 4, de modo que algunas estufas se calientan mientras que otras proporcionan aire caliente al alto horno.

55 La figura 2 muestra una estufa Cowper convencional 100 que tiene una cámara de combustión externa 101, material refractario 102 y una cúpula 103. La estufa funciona para asegurar que la temperatura de la cúpula 103 no llegue a ser tan alta como para causar daños a la estufa 100. Debe entenderse que también hay estufas con cámaras de

combustión interna y que el aparato de acuerdo con la presente invención también se puede aplicar al funcionamiento de tales estufas.

5 Cuando el material refractario se calienta, el gas del tragante de alto horno se alimenta a un quemador 108 a través de una entrada de combustible 105 y oxidante al quemador 108 a través de una entrada de oxidante 104. Los gases de combustión calientes resultantes fluyen hacia arriba a través de la cámara 101 y pasan a través de la cúpula 103 y hacia abajo a través de la cámara revestida con los ladrillos refractarios 102. Como resultado de ello, los ladrillos refractarios 102 se calientan. Los gases de combustión resultantes salen de la estufa 100 a través de un orificio 106. Normalmente, la temperatura de los gases de combustión que salen es por lo general de aproximadamente 200° C - 350 °C. Cuando el material refractario de los ladrillos ha alcanzado una temperatura predeterminada, el funcionamiento cambia para calentar el chorro de aire. A continuación, se introduce aire a través del orificio 106, que fluye a través de la cámara revestida con los ladrillos refractarios 102. Como resultado de ello, el aire se calienta. El aire calentado fluye a través de la cúpula 103, la cámara de combustión 101 y sale a través de un orificio de salida 107. En este punto, el chorro de aire normalmente tiene una temperatura de 1100 °C - 1200 °C. El gas del tragante se toma preferiblemente de un alto horno al que se suministra aire caliente desde la estufa 100. Esto permite la disposición de las estufas 100 cerca del alto horno 120, es energéticamente eficiente y ayuda a facilitar la reducción de las emisiones totales de la planta.

El gas del tragante de alto horno normalmente tiene un poder calorífico de aproximadamente 3,2 MJ/Nm³. Si se desea, en su lugar se puede usar un combustible alternativo de bajo poder calorífico.

20 En general, si se suministra aire como oxidante al quemador 108 en cada estufa, pueden surgir dificultades para obtener una temperatura de llama suficientemente alta para calentar el aire a la temperatura requerida del aire.

Con el fin de proporcionar calor adicional, el gas de alto horno se complementa con un gas de combustión de mayor poder calorífico. Normalmente, se utiliza gas de horno de coque para este fin, aunque en su lugar se pueden usar otros gases tales como gas de convertidor o gas natural. La cantidad de gas de alto poder calorífico que se usa es menor que la necesaria para elevar el poder calorífico del gas de alto horno a 9MJ/Nm³.

25 Hay disponibles varias técnicas para reducir la cantidad de gas de combustión de mayor poder calorífico que hay que añadir. En un ejemplo, el gas de combustión relativamente caliente de las estufas, que normalmente tiene una temperatura de entre 250 °C y 450 °C, se pasa a una unidad de recuperación de calor residual donde se captura una parte de su contenido de calor sensible y se usa para precalentar el gas de combustión antes de la combustión mediante los quemadores de estufa.

30 En una segunda metodología, se usa un oxidante que contiene al menos 85 % en volumen de oxígeno (normalmente al menos 95 % en volumen de oxígeno) para reemplazar parte del aire de combustión. Este reemplazo tiene el efecto de aumentar la temperatura de llama ya que, a flujo de oxígeno total constante, se reduce el lastre de nitrógeno en los productos de combustión. Si no se alcanza la temperatura de cúpula admisible de la estufa, se puede aprovechar una temperatura de llama más alta para reducir la cantidad de gas de mayor poder calorífico que hay que añadir para generar la temperatura de llama deseada. Aunque la temperatura de llama deseada se puede mantener a un caudal reducido de gas de mayor poder calorífico en virtud del enriquecimiento con oxígeno, la entrada de energía a las estufas tiende a reducirse. En la práctica, esto se remedia aumentando el flujo de gas de alto horno al quemador de estufa. El mayor caudal másico de gas de alto horno compensa el flujo másico de aire reducido. Como resultado de ello, las condiciones de transferencia de calor por convección dentro de las estufas no se ven seriamente afectadas.

Sin embargo, hay un límite práctico para la cantidad de enriquecimiento con oxígeno que se puede usar en una estufa (que se basa en la tecnología actual) antes de que la temperatura de llama sea demasiado alta, normalmente exponiendo los ladrillos refractarios y la cúpula de la estufa a daños.

45 De acuerdo con la solicitud de patente internacional en trámite PCT/SE2010/051301, el uso del gas de mayor poder calorífico puede eliminarse por completo empleando un oxidante que comprenda al menos 85 % de oxígeno en lugar de aire y haciendo que recirculen gases de combustión a la región de combustión de la estufa. Los gases de combustión recirculados diluyen la mezcla de combustible y oxidante lo suficiente para que la combustión no cause daños a los materiales de las estufas. De hecho, la combustión puede ser, si se desea, sin llama. Normalmente, alrededor de un tercio de los gases de combustión generados en las estufas son recirculados de esta manera. Aunque el funcionamiento con gases de combustión recirculados y un oxidante que contiene al menos 85 % en volumen de oxígeno es bastante diferente del funcionamiento con el uso de aire para soportar la combustión y sin recirculación de gases de combustión, se requiere relativamente poca modificación de una estufa de alto horno convencional para adaptarla al cambio. Normalmente, el gas de combustión todavía fluirá a través de los orificios de gas de combustión existentes y los gases de combustión recirculados y el oxidante que contiene al menos 85 % en volumen de oxígeno se premezclarán para formar un "aire sintético" que se puede introducir a través de los orificios de aire existentes. En todos los casos, el flujo másico total a través de las estufas se mantiene en o muy cerca del flujo másico para el funcionamiento aire-combustible convencional. Aunque la cantidad de gas de alto horno aumente, hay una reducción correspondiente de flujo de otros gases en las estufas con el resultado de que el flujo másico global no se altera sustancialmente.

5 La formación de un "aire sintético" que comprende gases de combustión recirculados y un oxidante que contiene al menos un 85 % en volumen de oxígeno puede formar una mezcla de gases que, en comparación con el aire, tiene una concentración relativamente alta de oxígeno. Si se desea, aquellas partes de la tubería de gas necesarias para manipular tal mezcla de gases pueden estar formadas por materiales tales como cobre u otros materiales que son seguros para su uso con oxígeno. Alternativamente, si se desea evitar tener que formar la tubería de entrada en los orificios de "aire sintético" de tal material, parte del oxígeno puede introducirse en la cámara de combustión a través de una o más lanzas.

10 Los altos hornos normalmente funcionan de forma continua durante un período de varios años. Durante el período de tal vida útil, el costo y la disponibilidad de los diversos suministros al alto horno y a las estufas de alto horno pueden variar. En consecuencia, aunque creemos que el funcionamiento con recirculación de gases de combustión es generalmente deseable, un operario de un alto horno puede requerir una cierta flexibilidad en la forma en que funcionan las estufas de alto horno. La realización del aparato de calentamiento según la invención proporciona esta flexibilidad. Un ejemplo de este aparato se muestra en figura 3. Se omiten varias válvulas unidireccionales, válvulas de control de flujo y similares en la figura 3 a fin de facilitar la comprensión de la realización de la invención.

15 Con referencia a figura 3, se muestra una pluralidad de, por ejemplo, cuatro estufas de alto horno 302, 304, 306 y 308. Las estufas 302, 304, 306 y 308 están conectadas en paralelo entre sí. El aparato comprende una tubería de aire principal 310, una tubería de combustible principal de bajo poder calorífico (gas de alto horno) 320, una tubería de combustible principal de alto poder calorífico (gas de horno de coque) 330, una tubería de gas de combustión principal 340, una tubería de oxígeno principal 350 y una tubería de gas de reciclaje principal 360. Las tuberías están asociadas a colectores o distribuidores de gas (no mostrados) que proporcionan una comunicación adecuada entre las diferentes tuberías y las entradas a y salidas de las estufas, siendo estas entradas y salidas básicamente similares a las de la estufa mostrada en la figura 2. Por tanto, la tubería principal de entrada de aire 310 recibe aire de un compresor 309 y se comunica con los orificios de entrada respectivos de las estufas 302, 304, 306 y 308 a través de tubos de distribución 312, 314, 316 y 318, respectivamente. Se distribuye gas de alto horno desde la tubería de gas de alto horno principal 320 a las estufas 302, 304, 306 y 308 a través de tubos de distribución de gas de alto horno 322, 324, 326 y 328, respectivamente. De forma similar, puede distribuirse gas de horno de coque u otro combustible de alto poder calorífico a las estufas 302, 304, 306 y 308 a través de tubos de distribución de horno de coque 332, 334, 336 y 338, respectivamente. Los gases de combustión salen de las estufas 302, 304, 306 y 308 a través de tubos de distribución de gas de combustión 342, 344, 346 y 348, respectivamente, todos los cuales se comunican con la tubería de combustión principal 340.

20 La tubería 340 termina en un soplador de gas de reciclado 370 y se extiende a través de una unidad de recuperación de calor residual operativa 380. Entre medias de una unidad de recuperación de calor residual 380 y el soplador de gas de reciclado 370 hay una tubería de ventilación 390 que conduce gas residual a una chimenea (no mostrada) para su descarga a la atmósfera.

35 La salida del soplador 370 se comunica con la tubería de recirculación de gas de combustión 360. La tubería de gas de recirculación 360 está conectada a cada uno de los tubos de distribución de aire 312, 314, 316 y 318. La tubería de oxígeno principal 350 puede suministrar oxígeno producido en una planta de separación de aire 351 a cada uno de los tubos de distribución 312, 314, 316 y 318. De manera alternativa o adicionalmente, puede suministrar el oxígeno directamente a las estufas 302, 304, 306 y 308 a través de tubos de distribución de oxígeno 352, 354, 356, 358, respectivamente.

40 Si se desea, se puede usar un tubo de derivación que permita que los gases de combustión de la tubería 340 no pasen por la unidad de recuperación de calor residual 380. La unidad de recuperación de calor residual 380 está dispuesta normalmente para transferir calor desde el gas de combustión al aire gaseoso alimentado al alto horno.

45 El aparato mostrado en figura 3 puede funcionar en una pluralidad de modos diferentes que se han descrito anteriormente. Estos modos incluyen:

a) con gas de alto horno, gas de combustión de alto poder calorífico, por ejemplo, gas de horno de coque y aire suministrado a las estufas, pero sin suministro de oxígeno, sin reciclado de gas de combustión y sin recuperación de calor residual del gas de combustión;

b) como (a), pero con recuperación de calor residual con el gas de combustión;

50 c) como (b), pero con enriquecimiento con oxígeno del aire y sin suministro de gas de combustión de alto poder calorífico;

d) con suministro de alto horno, suministro de oxígeno y reciclado de gas de combustión, pero sin suministro de aire, sin suministro de gas de alto poder calorífico y sin recuperación de calor residual del gas de combustión;

e) como (d), pero con recuperación de calor residual del gas de combustión; y

55 f) como (e), pero con suministro de aire también.

El ejemplo (f) anterior es básicamente similar al ejemplo (e) aunque sin el reemplazo total del aire de combustión por oxígeno y gas de combustión recirculado, siendo el aire de combustión solo reemplazado parcialmente por estos gases.

5 La fuente de oxígeno es de preferencia una planta de separación de aire que produce oxígeno de al menos 95 % de pureza y normalmente de al menos 99,9 % de pureza.

10 Para permitir que el aparato funcione en cualquiera de los modos mencionados anteriormente, se proporciona una serie de válvulas de apertura. Con referencia de nuevo a la figura 3, se proporcionan válvulas de suministro de aire 313, 315, 317 y 319 en las tuberías 312, 314, 316 y 318, respectivamente; válvulas de distribución de gas de combustión (gas de coque) de alto poder calorífico 333, 335, 337 y 339 en los tubos de gas de combustión 332, 334, 336 y 338 de alto poder calorífico, respectivamente; una válvula de cierre de gas de reciclado 342; válvulas principales de suministro de oxígeno 353, 355, 357 y 359 en los tubos de suministro de oxígeno 352, 354, 356 y 358, respectivamente; válvulas de enriquecimiento con oxígeno 393, 395, 387 y 399 que se pueden utilizar para enriquecer con oxígeno el aire que fluye a través de los tubos 312, 314, 316 y 318, respectivamente; válvulas de gas recirculado 363, 365, 367 y 369 que se comunican con los tubos 312, 314, 316 y 318, respectivamente; una válvula de recuperación de calor residual 382 y una válvula de derivación de unidad de recuperación de calor residual 384.

Las válvulas mencionadas anteriormente se pueden abrir y cerrar para hacer funcionar el aparato ilustrado en cualquiera de los modos de acuerdo con los ejemplos (a) - (f) anteriores para calentar las estufas. Las posiciones de válvula necesarias se proporcionan en la Tabla 1 a continuación. Normalmente, solo una (o posiblemente dos) de las estufas se calienta en cualquier momento.

20 En el ejemplo (c) de la Tabla 1, además de enriquecer el aire con oxígeno a través de las válvulas 393, 395, 397 y 399 según cuál de las estufas se esté calentando, opcionalmente se puede soplar oxígeno directamente en las estufas 302, 304, 306, 308, en cuyo caso se abren las válvulas 353, 355, 357 y 359.

Debe apreciarse que el aparato puede funcionar en modos diferentes a (a) - (f) descritos anteriormente. Por ejemplo, la recuperación de calor residual puede emplearse en todos los modos, no solo en (b) y (c).

25 Se dan algunos parámetros de funcionamiento ilustrativos para los modos de funcionamiento (a) - (e) en la Tabla 2.

Se puede ver que no es necesario complementar el gas de alto horno con gas de horno de coque en el ejemplo (c) - (e). Se prefieren los ejemplos (d) y (e) al ejemplo (c) debido al contenido más alto de dióxido de carbono del gas de chimenea si el dióxido de carbono se va a capturar o recuperar.

30 Una ventaja particular de funcionamiento en el modo (d) es que la velocidad a la que las moléculas de nitrógeno entran en las estufas es menor que en otros modos, lo que da como resultado una formación reducida de óxidos de nitrógeno. Incluso aunque el aparato que se muestra en figura 3 funcione con reciclaje, no debería haber necesidad de someter el gas de combustión a un tratamiento químico para eliminar óxidos de nitrógeno.

Tabla 1

Ejemplo	Válvulas se abren			
	Estufa 302 en proceso de calentamiento	Estufa 304 en proceso de calentamiento	Estufa 306 en proceso de calentamiento	Estufa 308 en proceso de calentamiento
a)	313	315	317	319
	323	325	327	329
	333	335	337	339
	384	384	384	384
b)	313	315	317	319
	323	325	327	329
	333	335	337	339
	382	382	382	382
c)	313	315	317	319
	323	325	327	329
	(353)	(355)	(357)	(359)
	393	395	397	399
	382	382	382	382

ES 2 657 244 T3

Ejemplo	Válvulas se abren			
	Estufa 302 en proceso de calentamiento	Estufa 304 en proceso de calentamiento	Estufa 306 en proceso de calentamiento	Estufa 308 en proceso de calentamiento
d)	323	325	327	329
	353	355	357	359
	363	365	367	369
	393	395	397	399
	342	342	342	342
	384	384	384	384
e)	323	325	327	329
	353	355	357	359
	363	365	367	369
	393	395	397	399
	342	342	342	342
	384	384	384	384
f)	313	315	317	319
	323	325	327	329
	353	355	357	359
	363	365	367	369
	393	395	397	399
	342	342	342	342
	384	384	384	384

Tabla 2

	a)	b)	c)	d)	e)
Gas de alto horno Nm ³ /h	44370	54461	64000	64000	64000
Temperatura de gas de alto horno. °C	120	215	215	120	120
Gas de horno de coque Nm ³ /h	3100	1457	0	0	0
Temperatura de gas de horno de coque. °C	5	5	-	-	-
Flujo de aire Nm ³ /h	43000	39095	28000	0	14000
Temperatura del aire °C	120	215	215	-	120
Flujo de oxígeno Nm ³ /h	0	0	1900	8000	5250
Temperatura del oxígeno °C	-	-	20	20	20
Reciclaje de gas de combustión	0	0	0	12987	4000
Temperatura del gas de combustión °C	-	-	-	300	300

ES 2 657 244 T3

	a)	b)	c)	d)	e)
Temperatura de llama °C	1444	1453	1456	1460	1448
Calor de combustión GJ'h	184	182	181	181	182
Contenido de oxígeno de gas de chimenea %	1	0.5	0.5	1	1
Contenido de CO2 de gas de chimenea %	23.5	28	32	43.5	37

REIVINDICACIONES

1. Aparato para calentar una estufa de alto horno que tiene una región de combustión (101) y una salida de gas de combustión (106) asociada a la región de combustión (101), comprendiendo el aparato:
- a) una fuente de combustible de menor poder calorífico;
- 5 b) una primera tubería (320) que se puede utilizar para distribuir el combustible de menor poder calorífico desde la fuente del mismo a la región de combustión;
- c) una fuente de aire;
 - d) una segunda tubería (310) que se puede utilizar para distribuir el aire desde la fuente del mismo a la región de combustión;
- 10 e) una fuente de oxidante (351) que comprende al menos 85 % en volumen de oxígeno;
- f) una tercera tubería (350) que se puede utilizar para distribuir el oxidante desde la fuente del mismo a la región de combustión;
 - g) una cuarta tubería (340) que se puede utilizar para conducir gas de combustión desde la salida de gas de combustión en dirección opuesta a la estufa; y
- 15 h) una quinta tubería (360) que se puede utilizar para devolver una parte del gas de combustión a la región de combustión,
- comprendiendo además el aparato un medio (393) para introducir de manera selectiva el oxidante procedente de la tercera tubería (350) en la segunda tubería (310).
- 20 2. Aparato según la reivindicación 1, que comprende además un tubo de ventilación (390) en comunicación con la cuarta tubería (340).
3. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la fuente de combustible de menor poder calorífico es un alto horno con el que está asociada dicha estufa de alto horno.
4. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la fuente de aire es al menos un compresor (309).
- 25 5. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una fuente de combustible de mayor poder calorífico y una sexta tubería (330) que se puede utilizar para colocar la fuente de combustible de mayor poder calorífico en comunicación con la región de combustión.
- 30 6. Aparato según la reivindicación 5, en el que cada una de las tuberías primera a sexta comprende una válvula que se puede utilizar para proporcionar de manera selectiva una comunicación deseada o impedir la comunicación del combustible de mayor poder calorífico.

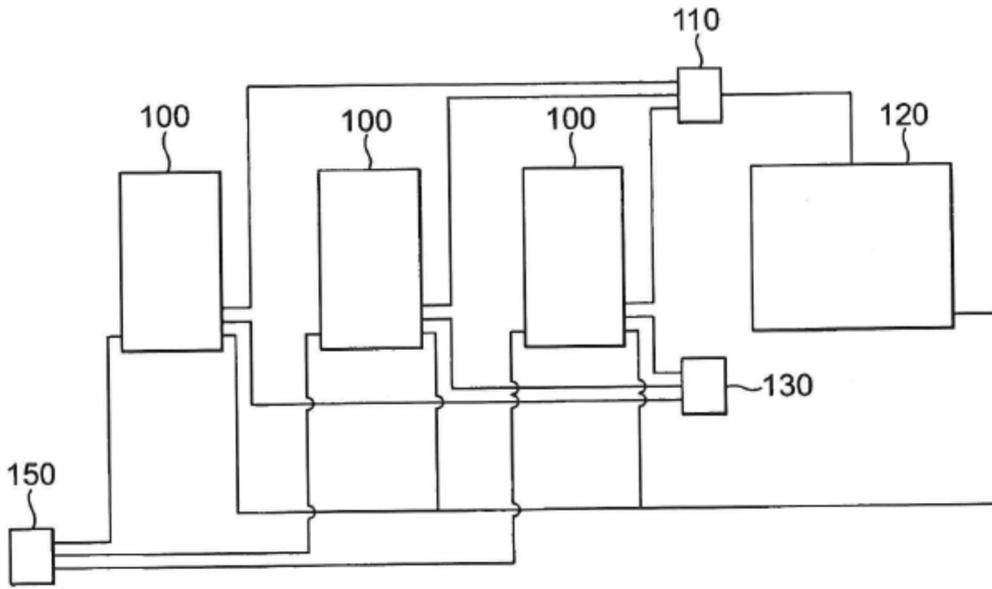


FIG. 1

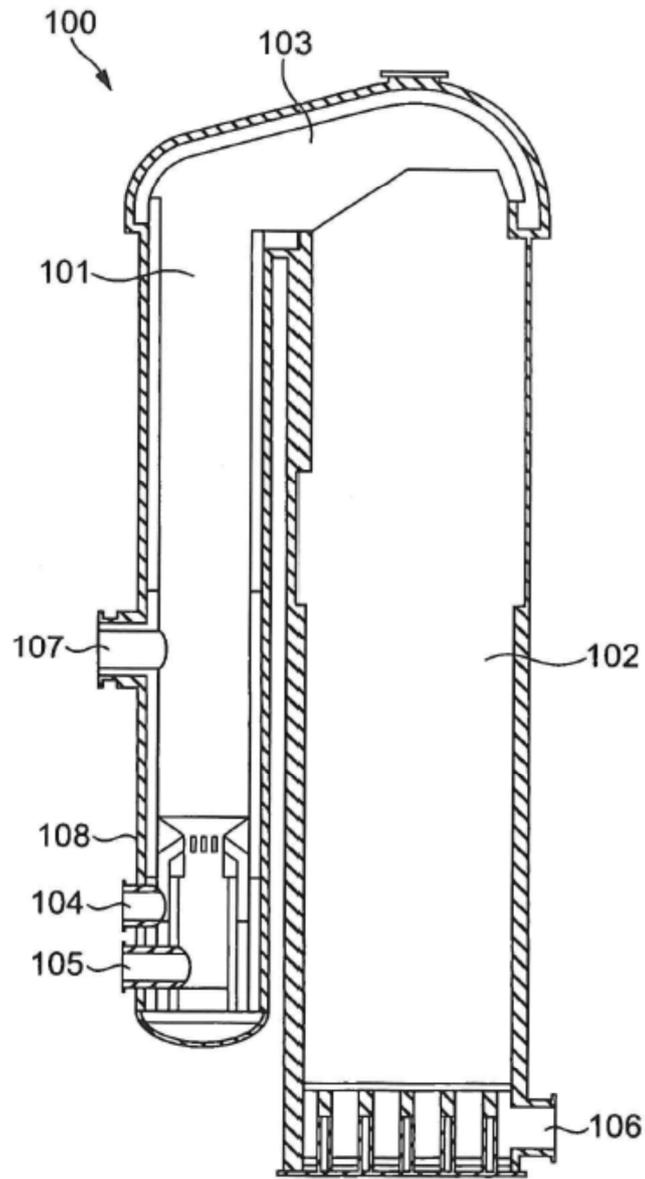


FIG. 2

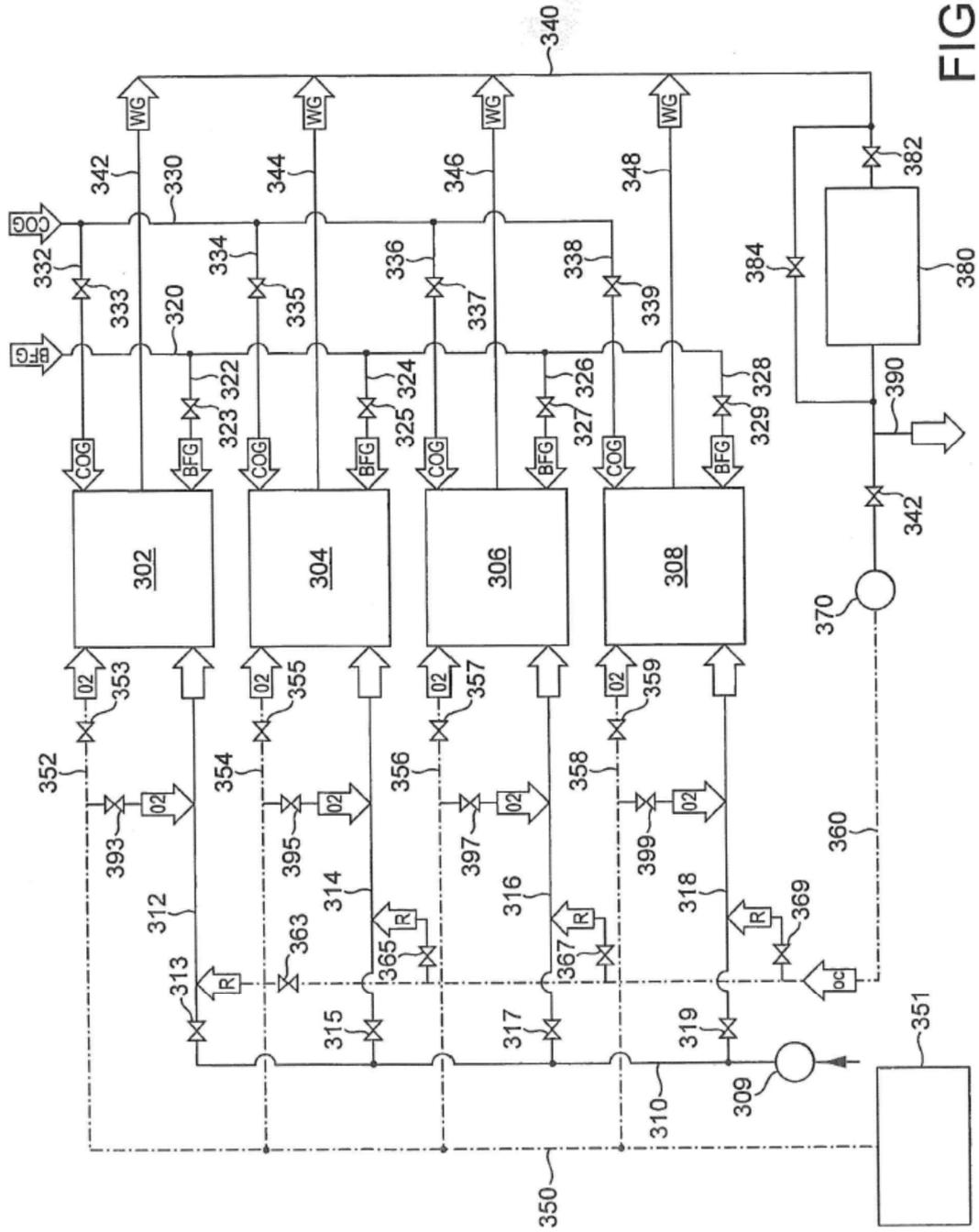


FIG. 3