(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 660 307**

(51) Int. CI.:

F23L 7/00 (2006.01)
F23C 1/00 (2006.01)
F27B 7/10 (2006.01)
F27B 7/34 (2006.01)
F27B 7/36 (2006.01)
F27D 99/00 (2010.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.10.2015 E 15190748 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.12.2017 EP 3012567**

(54) Título: **Procedimiento y dispositivo para calentar una cámara de horno empleando un quemador de varios materiales**

(30) Prioridad:

23.10.2014 DE 102014015660

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.03.2018

(73) Titular/es:

MESSER AUSTRIA GMBH (100.0%)
Industriestrasse 5
2352 Gumpoldskirchen, AT

(72) Inventor/es:

DEMUTH, MARTIN y
POTESSER, MICHAEL

(74) Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

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 dispositivo para calentar una cámara de horno empleando un quemador de varios materiales.

La invención concierne a un procedimiento para calentar una cámara de horno, en el que se introducen en una cámara de horno por medio de un quemador de varios materiales un combustible primario y un oxidante primario, así como al menos un combustible secundario y un oxidante secundario. La invención concierne también a un quemador de varios materiales para realizar el procedimiento según la invención.

Los quemadores de varios materiales se utilizan especialmente en hornos tubulares rotativos, por ejemplo en hornos tubulares rotativos para la fabricación de cemento o para el aprovechamiento térmico de residuos, y hacen posible especialmente el empleo de combustibles de poder calorífico diferente durante la combustión. Éstos comprenden en general varias alimentaciones para un oxidante primario y un primer combustible ("primario"), así como al menos un tubo de transporte para al menos otro combustible ("combustible secundario"). Además, se introduce en la cámara de horno otro oxidante ("aire secundario") a través de unas alimentaciones independientes y/o integradas en el quemador. Las alimentaciones o los tubos de transporte están configurados aquí como canales anulares y/o discurren como tubos dispuestos paralelamente uno a otro a través del cuerpo del quemador. Un quemador de varios materiales de esta clase se describe, por ejemplo, en el documento DE 10 2010 061 496 A1.

Como oxidante primario se utiliza generalmente aire ("aire primario"). Como combustible primario se emplea casi siempre un combustible de alto nivel calórico (con un poder calorífico de más de 10 kWh/m^3 o 30 MJ/kg) o una mezcla de un combustible de alto nivel calórico, como carbón, petróleo o gas natural, con un combustible sustitutivo. No es raro que el combustible secundario consista en combustibles de bajo nivel calórico o combustibles sustitutivos.

Bajo el término de "combustibles de bajo nivel calórico" se entienden combustibles que poseen un poder calorífico inferior al del gas natural. Ejemplos de combustibles de bajo nivel calórico son los combustibles gaseosos con un poder calorífico de menos de 10 kWh/m^3, como, por ejemplo, biogás, gas ciudad o grisú, o los combustibles sólidos o líquidos con un poder calorífico inferior a 30 MJ/kg. Bajo el término de "combustibles sustitutivos" se deben entender aquí todos los combustibles no fósiles, especialmente los combustibles obtenidos de basura. El campo de los combustibles sustitutivos utilizados se extiende desde disolventes, recortes de neumáticos y madera vieja, fango de clarificación, materiales escupidos, material triturado procedente de la manipulación de plástico o harina animal hasta la basura preparada de los hogares y las explotaciones industriales y comerciales, así como las materias primas renovables.

Debido a consideraciones de economía de empresa la tendencia en la industria del cemento se orienta hacia una utilización cada vez mayor de tales combustibles o combustibles sustitutivos de bajo nivel calórico. Sin embargo, una elevada proporción de combustibles sustitutivos en el combustible primario, especialmente al utilizar combustibles sólidos, conduce a problemas con el funcionamiento del horno o la calidad del clínquer. Dado que los combustibles sustitutivos, como, por ejemplo, plásticos triturados, se preparan solamente, por motivos técnicos y de economía de empresa, hasta tamaños de grano de aproximadamente de 10 a 20 mm de diámetro, éstos poseen un comportamiento de vuelo y de combustión total netamente peor que, por ejemplo, el de un carbón finamente molido. Al mismo tiempo, estos materiales incluyen constituyentes y contenidos de humedad muy diferentes, y la distribución de tamaños de grano se extiende a lo largo de una amplia banda de granos. Esto conduce a que las partículas especialmente grandes, pesadas e irregularmente conformadas caigan sobre el lecho de clínquer antes de su transformación completa y desencadenen allí reacciones químicas con el material de carga. En particular, se produce en el lecho de clínquer una reducción de Fe_2O_3 a FeO que a su vez se traduce en la decoloración del clínquer y en una calidad aminorada del mismo. El mal comportamiento de combustión total desplaza también la distribución de temperatura de la llama hacia fuera de la boca del quemador y reduce las temperaturas punta así obtenibles que son necesarias para quemar el material.

Para mejorar la combustión de combustibles secundarios y al mismo tiempo reducir la expulsión de gases de escape nocivos, como, por ejemplo, óxidos de nitrógeno, se ha propuesto ya la introducción de oxígeno adicional en la cámara del horno. Así, en el objeto del documento DE 10 2008 029 512 B4 se descarga oxígeno gaseoso por medio de una lanza en dirección a una corriente de combustible secundario que atraviesa la cámara del horno.

Se conoce por el documento DE 10 2013 004 016 A1 el recurso de que, por medio de una lanza dispuesta dentro de una alimentación de combustible secundario, se atomice el combustible secundario descargado de la boquilla de combustible secundario con un chorro de oxígeno gaseoso y se le mezcle íntimamente con éste.

Se ha propuesto ya también utilizar oxígeno líquido (LOX) como oxidante en procesos de combustión. Así, el empleo de oxígeno líquido en un horno tubular rotativo es ya conocido por el documento EP 0 866 295 A1, pero esto no se menciona allí en relación con la mejora de la combustión de combustible secundario.

Se conoce por el documento DE 2011 015 317 A1 un procedimiento de funcionamiento de un horno tubular rotativo en el que se utiliza oxígeno líquido como oxidante secundario. El oxidante secundario se introduce en la cámara de combustión por medio de una lanza de oxígeno simultáneamente con la introducción de un combustible secundario de pequeño poder calorífico para formar con dicha cámara una zona de combustión secundaria. Sin embargo, en

esta actuación es desventajoso el hecho de que una parte no despreciable del oxígeno se evapora ya antes de alcanzar la cámara del horno en la tubería de alimentación a la lanza de oxígeno, en la propia lanza de oxígeno o inmediatamente después de la salida de la lanza de oxígeno. La enorme expansión en volumen durante la evaporación conduce a que se atomice el oxígeno líquido y éste posea así solamente una pequeña profundidad de penetración en la cámara del horno.

Por tanto, el cometido de la invención consiste en indicar una posibilidad para calentar una cámara de horno utilizando un combustible secundario, que haga posible una reacción de profunda penetración en la cámara del horno entre el combustible secundario y el oxidante secundario.

Este problema se resuelve mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1. En las reivindicaciones subordinadas se indican ejecuciones ventajosas de la invención que pueden emplearse individualmente o en combinación de unas con otras.

Por tanto, en el procedimiento según la invención se introducen un combustible primario y un oxidante primario – a través de, por ejemplo, canales anulares coaxialmente dispuestos entre ellos o de toberas individuales anularmente dispuestas de un quemador de varios materiales – en la cámara del horno, en la cual aquéllos forman una llama después de su encendido. A través de otra alimentación del quemador de varios materiales se introduce un combustible secundario, por ejemplo un combustible de bajo nivel calórico. Otra tubería de alimentación dispuesta dentro o fuera del quemador de varios materiales, por ejemplo una lanza de oxígeno, sirve para alimentar un oxidante secundario que se utiliza como el oxígeno líquido según la invención que, antes de su introducción, se pone en contacto térmico con un medio cuya temperatura es más baja que la temperatura del oxígeno líquido, se le sobreenfría de este modo y se le introduce en la cámara del horno como un chorro de líquido.

La invención parte de la consideración de que se puede favorecer la combustión del combustible secundario introduciendo el oxidante secundario a la mayor profundidad posible en la cámara del horno y haciendo de esta manera que dicho oxidante pueda reaccionar el mayor tiempo posible con el chorro del combustible secundario. El oxígeno líquido posee una densidad más alta y, por tanto, una superficie más pequeña por unidad de volumen que la del oxígeno gaseoso. Por este motivo, el oxígeno líquido posee también una mayor profundidad de penetración en un medio que la del oxígeno gaseoso y es desviado menos fuertemente que éste en la atmósfera turbulenta de una cámara de horno. Para garantizar que el oxígeno penetre en estado líquido en la cámara del horno, se realiza un sobreenfriamiento del oxígeno líquido a una temperatura que se ha elegido de modo que el oxígeno permanezca en estado líquido durante su transporte por la lanza de oxígeno y al menos parcialmente durante su vuelo a través de la cámara del horno. Por ejemplo, el oxígeno posee a la entrada en la cámara del horno una temperatura de 5ºC a 20ºC por debajo de su punto de ebullición. El oxígeno entra con esta temperatura en la cámara del horno como un chorro completamente líquido; se evitan fiablemente una formación de burbujas del oxígeno gaseoso en fase de evaporación en la lanza de oxígeno o a la salida hacia la cámara del horno, la cual podría perjudicar la dinámica del chorro de líquido en la cámara del horno.

Gracias al contacto con la atmósfera caliente de la cámara del horno el chorro de oxígeno líquido se calienta paulatinamente comenzando por la superficie del chorro. Únicamente al alcanzarse el punto de ebullición se evapora primeramente la capa exterior del chorro de oxígeno líquido y esto conduce a la formación de una capa de gas aislante que decelera el calentamiento y evaporación adicionales de las secciones interiores del chorro de oxígeno líquido. El oxígeno permanece de esta manera durante un largo periodo de tiempo al menos parcialmente en estado líquido y puede introducirse así profundamente en la cámara del horno y ser orientado entonces, por ejemplo deliberadamente, en dirección al chorro de combustible secundario. La invención facilita especialmente la combustión de combustibles o combustibles sustitutivos de bajo nivel calórico.

Para el sobreenfriamiento del oxígeno líquido existen diferentes posibilidades. Una ejecución conveniente de la invención prevé, por ejemplo, que el oxígeno líquido, antes de su alimentación al quemador de varios materiales o bien dentro del quemador de varios materiales, sea puesto en contacto térmico con un refrigerante a base de nitrógeno líquido u otro gas licuado a temperatura ultrabaja, por ejemplo argón licuado. El refrigerante puede presentarse a su vez en estado sobreenfriado para reducir aún más la temperatura a la que se enfría el oxígeno líquido. Por ejemplo, el gas licuado utilizado como refrigerante puede ponerse para ello, por medio de una bomba de vacío, a una temperatura más baja que la que corresponde al punto de ebullición a presión ambiente; el nitrógeno líquido puede enfriarse de esta manera a una temperatura de -205ºC y menos.

Otra posibilidad ventajosa de sobreenfriamiento del oxígeno líquido consiste en que se ponga en contacto térmico el oxígeno líquido con oxígeno líquido o gaseoso cuya presión durante el contacto término se mantenga más baja que la del oxígeno líquido. En este caso, la temperatura del oxígeno utilizado como refrigerante y mantenido a una presión más baja es también inferior a la temperatura de ebullición del oxígeno líquido introducido en la cámara del horno. La ventaja de esta ejecución consiste especialmente en que el oxígeno utilizado como refrigerante y el oxígeno utilizado como oxidante secundario pueden tomarse de la misma fuente. No obstante, hay que cuidar entonces reotécnicamente de que ambos medios puedan mantenerse a presiones diferentes. Por ejemplo, se mantiene oxígeno líquido en un recipiente a una presión más baja que la del oxígeno utilizado como oxidante secundario. En el recipiente está dispuesto un intercambiador de calor, por ejemplo un serpentín de refrigeración, en el que el oxígeno líquido previsto como oxidante secundario es puesto en contacto térmico con el oxígeno líquido

contenido en el recipiente y es así sobreenfriado. La diferencia de presión de los dos medios se establece aquí especialmente poniendo el recipiente por medio de una bomba de vacío a una presión más baja y/o poniendo el oxígeno líquido previsto como oxidante secundario, antes de su alimentación al intercambiador de calor, a una presión más alta que la del oxígeno líquido contenido en el recipiente.

Una ejecución especialmente ventajosa de la invención prevé que el oxígeno líquido se introduzca en la cámara del horno como un chorro de líquido rodeado con una corriente envolvente de oxígeno gaseoso. La corriente envolvente de acción termoaislante se introduce en la cámara del horno, por ejemplo, desde una boquilla anular en dirección axialmente paralela al oxígeno líquido que rodea a una lanza de oxígeno utilizada como alimentación del chorro de oxígeno líquido sobreenfriado. La boquilla anular y la lanza de oxígeno pueden estar integradas en la carcasa del quemador de varios materiales, pero pueden estar previstas también como una unidad de introducción separada de la carcasa del quemador. En el caso del sobreenfriamiento anteriormente descrito del oxígeno líquido por oxígeno líquido que se presenta a una presión más baja, es conveniente que el oxígeno utilizado como refrigerante se emplee seguidamente para la alimentación de la boquilla anular.

Para la realización del procedimiento según la invención es adecuado especialmente un dispositivo con las características de la reivindicación 5. Este dispositivo comprende un quemador de varios materiales con una alimentación para un combustible primario y una alimentación para un oxidante primario, así como con al menos un tubo de transporte para un combustible secundario, los cuales desembocan conjuntamente en la cámara del horno por una boca del quemador de varios materiales. Asimismo, está prevista una lanza de oxígeno que está conectada a una tubería de alimentación para oxígeno líquido. En la tubería de alimentación para oxígeno líquido y/o en la propia lanza de oxígeno está dispuesto un intercambiador de calor que está unido para flujo con una fuente de un refrigerante que presenta una temperatura más baja que la del oxígeno líquido.

En el intercambiador de calor se efectúa el sobreenfriamiento del oxígeno líquido previsto como oxidante secundario por intercambio de calor con el refrigerante. Con el dispositivo según la invención se logra introducir el oxidante secundario en la cámara del horno como un chorro de oxígeno líquido que permanece también en estado líquido a lo largo de al menos una parte grande de su trayectoria de vuelo y, por tanto, puede introducirse profundamente en la cámara del horno. La lanza de oxígeno está prevista como una unidad separada del quemador de varios materiales para introducir oxígeno líquido en la cámara del horno o como una lanza de oxígeno integrada en el quemador de varios materiales que desemboca en la cámara del horno por la boca del quemador. Preferiblemente, la lanza de oxígeno está dispuesta de tal manera que el chorro de oxígeno líquido esté orientado en dirección a la corriente de combustible secundario que sale del tubo de transporte.

Para sobreenfriar el oxígeno líquido se puede utilizar un refrigerante cuya temperatura sea más baja que la temperatura de ebullición del combustible líquido, como, por ejemplo, nitrógeno líquido. Sin embargo, es posible también utilizar como refrigerante en el intercambiador de calor oxígeno que a su vez esté sobreenfriado, a cuyo fin el oxígeno líquido utilizado como oxidante secundario y el oxígeno líquido o gaseoso utilizado como refrigerante pueden tomarse de la misma fuente o de fuentes diferentes. Por ejemplo, se toma para esto oxígeno líquido de un depósito y se le alimenta a través de una válvula de descompresión a una zona de sobreenfriamiento que se pone por medio de una bomba de vacío a una baja presión de, por ejemplo, 100 mbar a 200 mbar. La zona de sobreenfriamiento está unida térmicamente con una superficie del intercambiador de calor. Al mismo tiempo, el oxígeno líquido utilizado como oxidante secundario se toma del mismo depósito o de otro depósito y se le pone en contacto térmico, en la superficie del intercambiador, con el oxígeno de la zona de sobreenfriamiento y así se le sobreenfría.

De manera ventajosa, un intercambiador de calor utilizado para sobreenfriar el oxígeno líquido está dispuesto directamente en la lanza de oxígeno. A este fin, el intercambiador de calor comprende un canal de refrigeración que rodea a la lanza de oxígeno y que está unido para flujo con una fuente de un refrigerante que presenta una temperatura más baja que la del oxígeno líquido. La lanza de oxígeno y el canal anular poseen una sección de pared común a base de un material buen conductor térmico en la que se efectúa la transmisión de calor del oxígeno líquido al refrigerante. La disposición del intercambiador de calor dentro del quemador de varios materiales tiene la ventaja de que la refrigeración se efectúa inmediatamente antes de que el oxígeno líquido salga del quemador de varios materiales.

Preferiblemente, el canal de refrigeración que conduce el refrigerante está construido con doble pared y subdividido en un canal anular interior y un canal anular exterior, estando el canal anular interior unido para flujo con el canal anular exterior en la zona de la boca del quemador. El refrigerante se conduce primeramente por el canal anular interior y está entonces en contacto térmico con el oxígeno líquido de la lanza de oxígeno. El refrigerante calentado por el intercambio de calor con el oxígeno líquido entra seguidamente en el canal anular exterior y es hecho retornar en el canal anular interior a contracorriente con el refrigerante. El refrigerante del canal anular exterior forma así un aislamiento térmico ventajoso del refrigerante en el canal anular interior frente a la penetración de calor de otras partes del quemador de varios materiales o de la cámara del horno.

Asimismo, es ventajoso rodear el chorro de oxígeno líquido con una corriente envolvente aislante de oxígeno gaseoso que no tiene que presentarse necesariamente a una baja temperatura. A este fin, está prevista radialmente en el lado exterior de la lanza de oxígeno y/o del canal de refrigeración que conduce el refrigerante una alimentación

configurada como un canal anular para oxígeno gaseoso que sale por una boquilla preferiblemente anular en la boca del quemador de varios materiales y genera una corriente de oxígeno gaseoso axialmente paralela al chorro de líquido.

Una ejecución especialmente ventajosa de la invención se caracteriza por que la tubería de alimentación para oxígeno líquido comprende una superficie de intercambiador dispuesta en una vasija de un sobreenfriador, cuyo vasija puede unirse para flujo con una fuente de oxígeno líquido y está equipada con una bomba de vacío para establecer una depresión en la vasija del sobreenfriador. Gracias a la depresión reinante en la vasija del sobreenfriador se presenta allí oxígeno líquido a una temperatura por debajo de la temperatura del oxígeno líquido conducido por la tubería de alimentación, el cual es así sobreenfriado en la superficie de intercambiador de calor dispuesta en la vasija del sobreenfriador, por ejemplo a una temperatura de menos 190ºC e inferior. De esta manera, se puede emplear especialmente la misma fuente de oxígeno líquido tanto para el oxidante secundario como para el refrigerante.

Se explicarán ejemplos de realización de la invención con más detalle con ayuda de los dibujos. Muestran en vistas esquemáticas:

La figura 1, un horno tubular rotativo con un quemador de varios materiales según la invención, en corte longitudinal, y

Las figuras 2a y 2b, quemadores de varios combustibles según la invención representados de manera fragmentaria con sistemas de introducción diferentes para oxígeno líquido sobreenfriado, en corte longitudinal.

El ejemplo de realización según la figura 1 muestra un quemador 1 de varios materiales por cuya boca 2 desembocan en una cámara de horno 5 radialmente por el lado exterior un canal anular 3 para la alimentación de oxidante primario y radialmente por el lado interior un canal anular 4 para la alimentación de un combustible primario. El oxidante primario consiste generalmente en aire o en un gas enriquecido con oxígeno con una proporción de oxígeno de un 22% en volumen y más. El combustible primario consiste generalmente en un combustible de alto nivel calórico, tal como gas natural o petróleo, o bien un combustible sólido pulverizado de carbón o coque de petróleo, pero entran en consideración también otras sustancias como combustibles primarios, por ejemplo mezclas de un combustible de alto nivel calórico y un combustible de bajo nivel calórico. Además, el quemador 1 de varios materiales puede presentar aquí unas alimentaciones no mostradas que estén dispuestas por debajo del plano medio horizontal 6 del quemador 1 de varios materiales y sirvan para la alimentación de otros combustibles secundarios gaseosos, líquidos o sólidos, como, por ejemplo, harina animal, disolventes, aceite viejo, etc.

Por encima del plano medio horizontal 6 del quemador 1 de varios componentes está dispuesto preferiblemente un tubo de transporte 7 para un combustible secundario, en particular para un combustible sólido secundario, como, por ejemplo, material triturado de plástico, recortes de neumáticos, madera vieja u otros materiales de desecho en forma de partículas o bien otros combustibles sólidos generalmente de bajo nivel calórico. Por debajo del tubo de transporte 7 está dispuesta una lanza de oxígeno 8 para la alimentación de oxígeno líquido a la cámara de horno 5. Por lo demás, los canales anulares 3, 4 y 8, así como el tubo de transporte 7 están dispuestos dentro del quemador 1 de varios materiales en posiciones paralelas a su eje longitudinal.

El oxígeno líquido alimentado por la lanza de oxígeno 8 se aporta desde de un depósito 9 a través de una tubería de alimentación 10 dotada de buen aislamiento térmico para oxígeno líquido. En la tubería de alimentación 10 está dispuesto, en el ejemplo de realización según la figura 1, un intercambiador de calor indirecto 12, dentro del cual el oxígeno líquido es puesto en contacto en una superficie del intercambiador de calor con un refrigerante cuya temperatura es más baja que la temperatura de ebullición del oxígeno líquido del depósito 9. Por tanto, el oxígeno líquido se sobreenfría al contacto térmico con el refrigerante. El refrigerante consiste, por ejemplo, en nitrógeno líquido.

La figura 1 muestra el quemador 1 de varios materiales en su estado de montaje en un horno tubular rotativo 13, por ejemplo un horno tubular rotativo para fabricar cemento. La cámara 5 del horno tubular rotativo 13 representado tan solo de manera fragmentaria comprende un tambor 14 montado de manera giratoria en cuyo lado interior 15 está montado el quemador 1 de varios materiales. Durante el funcionamiento del horno tubular rotativo 13 se alimenta el tambor 14 con material de carga 16. A continuación del tratamiento térmico en el horno tubular rotativo 13 se evacua el material de carga a través de una abertura de descarga 17. A través del canal anular 3 del quemador 1 de varios materiales se alimenta el oxidante primario a la cámara 5 del horno y a través del canal anular 4 se alimenta el combustible primario a dicha cámara y éste forma allí, después de su encendido, una llama 18. A través de unas alimentaciones no mostradas aquí situadas fuera del quemador 1 de varios materiales se introduce en la cámara 5 del horno otro oxidante que se denomina generalmente “aire secundario” y que, por ejemplo en la producción de clínquer, constituye la mayor parte del oxidante total utilizado. Simultáneamente con la inyección del oxidante primario y del combustible primario se introduce neumáticamente en la cámara 5 del horno, a través del tubo de transporte 7, un combustible sólido secundario, por ejemplo material triturado de plástico; eventualmente, se introducen otros combustibles secundarios a través de alimentaciones no mostradas aquí. En la figura 1 se representa una trayectoria de vuelo típica 20 de una partícula del combustible secundario. A través de la lanza de

oxígeno 8 se introduce en la cámara 5 del horno oxígeno líquido sobreenfriado que se presenta como un chorro 21 de oxígeno líquido dentro de la cámara 5 del horno y que puede introducirse bastante dentro de la cámara del horno. El oxígeno líquido se evapora paulatinamente desde la superficie del chorro 21 de oxígeno líquido, se mezcla a fondo con la corriente del combustible secundario y proporciona una combustión eficiente de las partículas del combustible secundario.

Las figuras 2a y 2b muestran vistas parciales de diferente ejecuciones adicionales de un quemador de varios materiales según la invención.

El quemador 24 de varios materiales mostrado en la figura 2a comprende una lanza 25 para oxígeno líquido que sale hacia una cámara de horno 27 en la zona de una boca 26 del quemador 24 de varios materiales. Unas tuberías de alimentación para combustible primario, oxidante primario y uno o varios combustibles secundarios están presentes en el quemador 24 de varios materiales de la misma manera que en el quemador 1 de varios materiales, pero éstas no se han representado aquí por motivos de una mayor claridad. Radialmente por el lado exterior de la lanza de oxígeno 25 se encuentra un canal anular 28 que está separado de la lanza de oxígeno 25 por una pared térmicamente aislante 29 y que penetra igualmente en la cámara del horno por la boca 26 del quemador.

Durante el funcionamiento del quemador 24 de varios materiales se conduce por la lanza 25 oxígeno líquido (LOX) que se ha sobreenfriado previamente de la manera descrita con detalle más abajo, es decir que ha sido puesto a una temperatura por debajo de su punto de ebullición. El oxígeno líquido forma en la cámara 27 del horno un chorro 30 de oxígeno líquido. A través del canal anular 28 se introduce al mismo tiempo oxígeno gaseoso (GOX) en la cámara 27 del horno y éste forma allí, coaxialmente alrededor del chorro 30 de oxígeno líquido, una corriente envolvente aislante y estabilizante 31.

En el ejemplo de realización según la figura 2a el oxígeno gaseoso y el oxígeno líquido provienen de la misma fuente, concretamente un depósito 32 de oxígeno líquido. El oxígeno líquido previsto como oxidante secundario es tomado del depósito 32 y alimentado a la lanza de oxígeno 25 por una tubería 33. Este oxígeno, para ser sobreenfriado, recorre un intercambiador de calor en forma de un serpentín de refrigeración 34 que está alojado dentro de un recipiente 35 dotado de buen aislamiento térmico. En el recipiente 35 se encuentra un baño 36 de oxígeno líquido que está en unión de flujo con el oxígeno líquido del tanque 32 a través de una tubería 37 en la que está dispuesto un grifo de descompresión 38. Una tubería de succión 39 está en unión de flujo con una fase gaseosa 40 presente por encima del baño 36 en el recipiente 35 y desemboca en el canal anular 28. En la tubería de succión 39 está dispuesta una bomba de vacío 41.

Para la operación de sobreenfriamiento se llena el recipiente 35 con nitrógeno líquido y se genera seguidamente una depresión en el recipiente 35 por medio de la bomba de vacío 41. La temperatura del baño 36 desciende así hasta, por ejemplo, -200ºC. El oxígeno líquido aportado por la tubería 33 a una temperatura de, por ejemplo -180ºC es puesto, durante el contacto térmico con el baño 36 en el serpentín de refrigeración 34, a una temperatura inferior a su temperatura de ebullición, por ejemplo a -190ºC, y es alimentado a la lanza de oxígeno 25 como oxígeno sobreenfriado. La fase gaseosa 40 aspirada del recipiente 35 por la bomba de vacío 41 es alimentada al canal anular 28 por una tubería 39 y utilizada para formar la corriente envolvente 31. El baño 36 se complementa con oxígeno líquido del depósito 32 aportado por la tubería 33. La válvula de descompresión 38 cuida entonces de que la presión del oxígeno líquido en el baño 36 se mantenga más baja que la presión en el depósito 32. En lugar de una válvula de descompresión se puede bloquear también completamente la unión de flujo por medio de una válvula de bloqueo durante la generación de la baja presión por la bomba de vacío 41 y, en caso necesario, se puede abrir nuevamente dicha unión.

En la construcción mostrada en el ejemplo de realización según la figura 2a se puede prescindir también de la bomba de vacío 41, siempre que el oxígeno líquido se presente en el depósito 32 a una presión suficientemente alta de, por ejemplo, 5 a 10 bares. Con esta presión se alimenta al serpentín de refrigeración 34 el oxígeno líquido pensado como oxidante secundario, mientras que una parte del oxígeno líquido del depósito 32 se descomprime en el grifo de descompresión 38 hasta una presión de, por ejemplo, 1,5 bares y se le carga en el recipiente 35. En este caso, el oxígeno líquido del baño 36 se presenta a una temperatura netamente más baja que la del oxígeno líquido conducido por el serpentín de refrigeración 34. El oxígeno que se evapora desde el baño 36 a consecuencia del intercambio de calor entra por la tubería 39 en el canal anular 28 sin que se requiera para ello un transporte por medio de una bomba.

El quemador 44 de varios materiales mostrado en la figura 2b comprende igualmente una lanza 45 para oxígeno líquido que desemboca en una cavidad de horno 47 en la zona de la boca 46 del quemador 44 de varios combustibles. Unas tuberías de alimentación para combustible primario, oxidante primario y uno o varios combustibles secundarios están presentes en el quemador 24 de varios materiales de la misma manera que en el quemador 1 de varios materiales, pero éstas no están representadas aquí por motivos de una mayor claridad. La lanza de oxígeno 45 rodea a una canal de refrigeración anular 48 que está separado de la lanza de oxígeno 45 por una superficie 49 de intercambiador de calor dotada de buena conducción que abarca la mayor parte de la pared exterior de la lanza de oxígeno 45. El canal de refrigeración 48 está configurado como un canal de doble pared y posee dos canales anulares 50, 51 que discurren concéntricamente uno a otro y que en la zona de la boca 46 del quemador están unidos para flujo uno con otro por medio de una o varias aberturas de flujo 52.

Durante el funcionamiento del quemador 44 de varios combustibles se conduce oxígeno líquido (LOX) por la lanza de oxígeno 45. El oxígeno líquido forma en la cámara 47 del horno un chorro 53 de oxígeno líquido. Al mismo tiempo, se conduce un refrigerante, por ejemplo nitrógeno líquido (LIN), a través del canal anular interior 50 del canal de refrigeración 48. El nitrógeno líquido del canal anular 50 posee una temperatura más baja que la del oxígeno líquido de la lanza de oxígeno 45 y enfría a este último hasta una temperatura inferior a su punto de ebullición. El nitrógeno calentado por el contacto térmico en la superficie 49 del intercambiador de calor con el oxígeno líquido y así al menos parcialmente evaporado es hecho retornar como nitrógeno gaseoso (GAN) por el canal anular 51 a contracorriente con el nitrógeno líquido del canal anular 50 y es alimentado a otro lugar de utilización.

Por lo demás, la forma de realización mostrada en la figura 2b con una superficie 49 de intercambiador de calor integrada en el quemador 44 de varios materiales puede complementarse con otro intercambiador de calor aguas arriba de la lanza de oxígeno 45, por ejemplo correspondiente al intercambiador de calor 12 de la figura 1. En lugar de nitrógeno líquido pueden utilizarse también otros refrigerantes, por ejemplo oxígeno líquido que se haya puesto previamente a una baja presión de, por ejemplo, 100 a 150 mbar y que, por tanto, se presente a una temperatura que esté por debajo de la temperatura de ebullición del oxígeno conducido en la lanza de oxígeno 45. En el quemador 44 de varios materiales puede estar previsto también (aquí no mostrado), análogamente al quemador 24 de varios materiales, un canal anular para la introducción de oxígeno gaseoso con el fin de formar una corriente envolvente de oxígeno gaseoso alrededor del chorro 53 de oxígeno líquido.

Lista de símbolos de referencia

1	Quemador de varios materiales
2	Boca del quemador
3	Canal anular
4	Canal anular
5	Cámara de horno
6	Plano medio horizontal
7	Tubo de transporte
8	Lanza de oxígeno (para oxígeno líquido)
9	Depósito (para oxígeno líquido)
10	Tubería de alimentación (para oxígeno líquido)
11	-
12	Intercambiador de calor
13	Horno tubular rotativo
14	Tambor
15	Lado frontal
16	Material de carga
17	Abertura de descarga
18	Llama
19	-
20	Trayectoria de vuelo
21	Chorro de oxígeno líquido
22	-
23	-
24	Quemador de varios materiales
25	Lanza de oxígeno
26	Boca del quemador
27	Cámara de horno
28	Canal anular
29	Pared

30	Chorro de oxígeno líquido
31	Corriente envolvente
32	Depósito de oxígeno líquido
33	Tubería
34	Serpentín de refrigeración
35	Recipiente
36	Baño
37	Tubería
38	Grifo de descompresión
39	Tubería de aspiración
40	Fase gaseosa
41	Bomba de vacío
42	-
43	-
44	Quemador de varios materiales
45	Lanza de oxígeno
46	Boca del quemador
47	Cámara de horno
48	Canal de refrigeración
49	Superficie de intercambiador de calor
50	Canal anular
51	Canal anular
52	Abertura de flujo
53	Chorro de oxígeno líquido

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para calentar una cámara de horno en el que se introducen en una cámara de horno (5, 27, 47) por medio de un quemador (1, 24, 44) de varios materiales un combustible primario y un oxidante primario, así como al menos un combustible secundario y un oxidante secundario, **caracterizado** por que se utiliza como oxidante primario un oxígeno líquido conducido por una lámpara de oxígeno (8, 25, 45), el cual, antes de su introducción, es puesto en contacto térmico con un medio cuya temperatura es más baja que la temperatura del oxígeno líquido, es así sofreenfriado y es introducido como un chorro de líquido (21, 30, 53) en la cámara (5, 27, 47) del horno, sobreenfriándose el oxígeno a una temperatura que se ha elegido de modo que el oxígeno permanezca en estado líquido durante su transporte por la lanza de oxígeno (8, 25, 45) y al menos parcialmente durante su vuelo a través de la cámara (5, 27, 47) del horno.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** por que el sobreenfriamiento del oxígeno líquido se realiza antes de su introducción en la cámara (5, 27, 47) del horno por contacto térmico del oxígeno líquido con un gas licuado a temperatura ultrabaja, por ejemplo nitrógeno líquido.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** por que el sobreenfriamiento del oxígeno líquido se realiza antes de su introducción en la cámara (5, 27, 47) del horno por contacto térmico del oxígeno líquido con oxígeno líquido o gaseoso cuya presión durante el contacto térmico se mantiene más baja que la presión del oxígeno líquido previsto como oxidante secundario.

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que se introduce el oxígeno líquido en la cámara (5, 27, 47) del horno como un chorro de líquido (21, 30, 53) rodeado con una corriente envolvente (31) de oxígeno gaseoso.

5. Dispositivo para realizar el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un quemador (1, 24, 44) de varios materiales que está equipado con una alimentación (4) para un combustible primario y una alimentación para un oxidante primario (3), así como con al menos un tubo de transporte (7) para un combustible secundario, los cuales desembocan en una cámara de horno (5, 27, 47) por una boca de quemador (2, 26, 46), y que comprende también una lanza de oxígeno (8, 25, 45) – conectada a una tubería de alimentación (10, 33) para oxígeno líquido – para la introducción de oxígeno líquido en la cámara (2, 27, 47) del horno, **caracterizado** por que en la tubería de alimentación (10, 33) para oxígeno líquido y/o en la lanza de oxígeno (8, 25, 45) está dispuesto un intercambiador de calor (12, 34, 49) para sobreenfriar el oxígeno líquido, el cual está unido para flujo con una fuente (9, 32) de un refrigerante que presenta una temperatura más baja que la del oxígeno líquido en la tubería de alimentación (10, 33).

6. Dispositivo según la reivindicación 5, **caracterizado** por que el intercambiador de calor (49) para sobreenfriar el oxígeno líquido comprende un canal de refrigeración (48) que rodea a la lanza de oxígeno (45).

7. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado** por que el canal de refrigeración (88) está construido con doble pared y subdividido en un canal interior (50) y un canal anular exterior (51), estando el canal anular interior (50) unido para flujo con el canal anular exterior (51) en la zona de la boca (46) del quemador.

8. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, **caracterizado** por que radialmente por el lado exterior de la lanza de oxígeno (8, 25, 45) y/o del canal de refrigeración (48) está prevista una alimentación para oxígeno gaseoso configurada como un canal anular (28).

9. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, **caracterizado** por que la tubería de alimentación (10, 33) para oxígeno líquido comprende una superficie (34) de intercambiador de calor dispuesta en una vasija (35) de sobreenfriador, cuyo vasija (35) está unida para flujo con una fuente (33) de oxígeno líquido y está equipada con una bomba de vacío (41) para establecer una depresión en la vasija (35) del sobreenfriador.

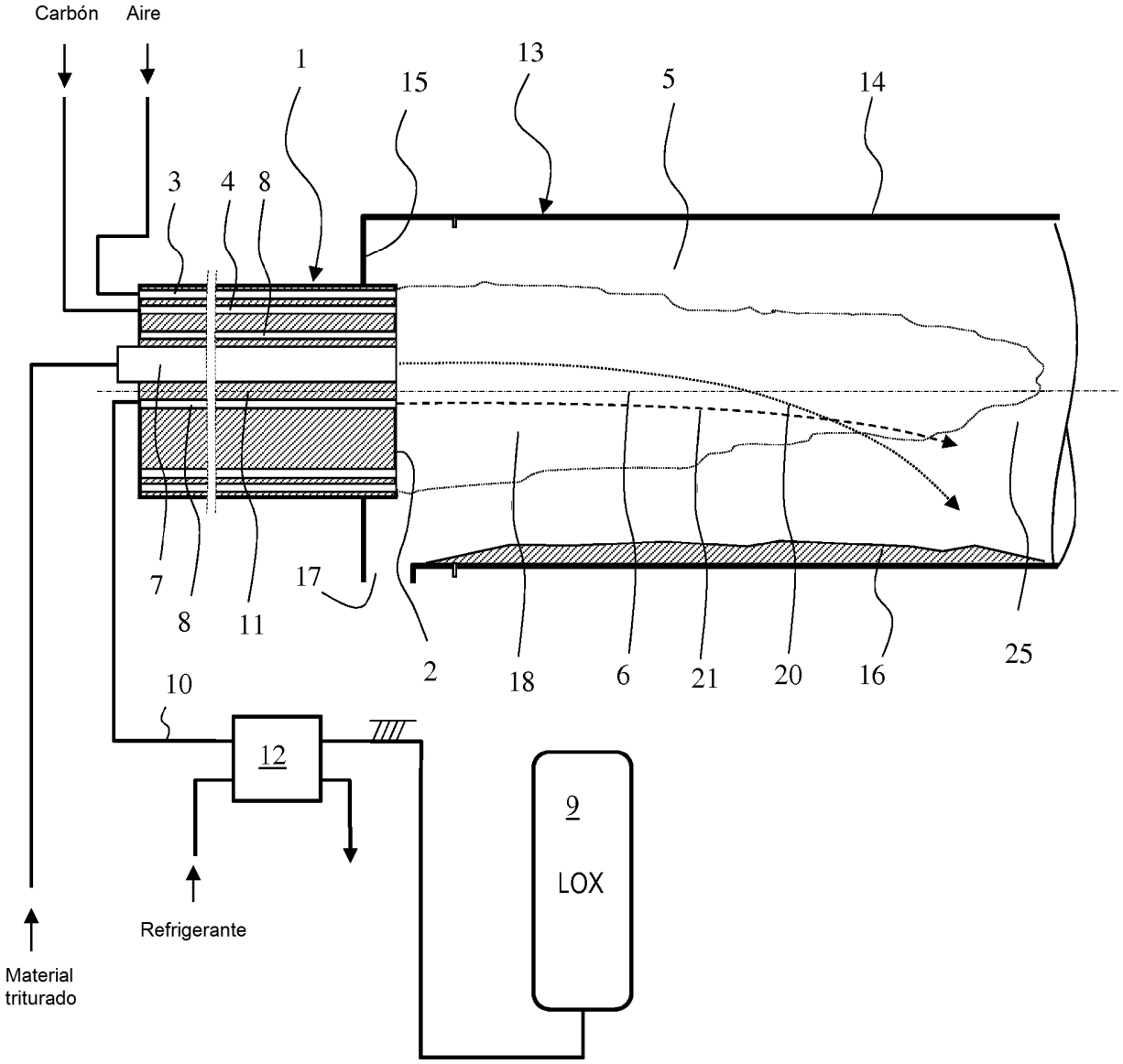
Carbón
Aire
1
15
13
5
14
3
4
8
7
8
11
17
2
18
6
21
20
16
25
10
12
9
LOX
Refrigerante
Material triturado

Fig. 1

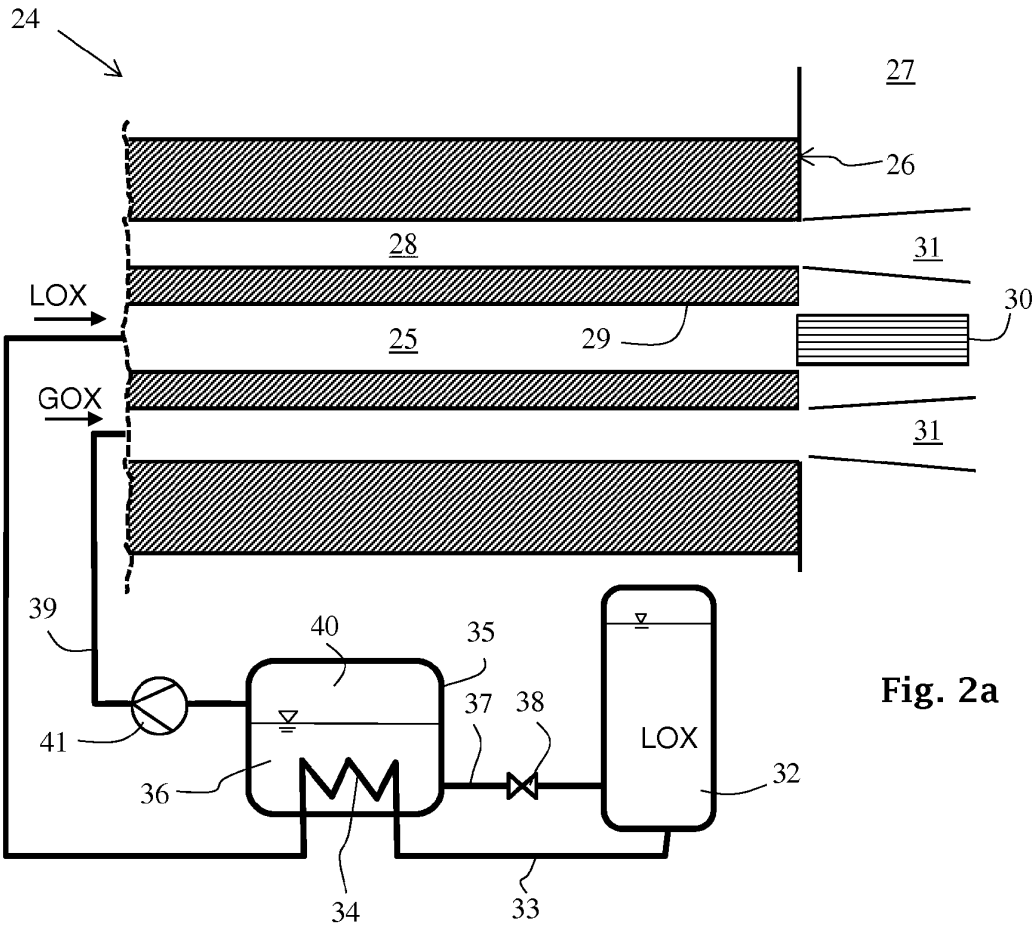
24
27
26
28
31
LOX
30
25
29
GOX
31
39
40
35
37
38
41
LOX
36
32
34
33

Fig. 2a

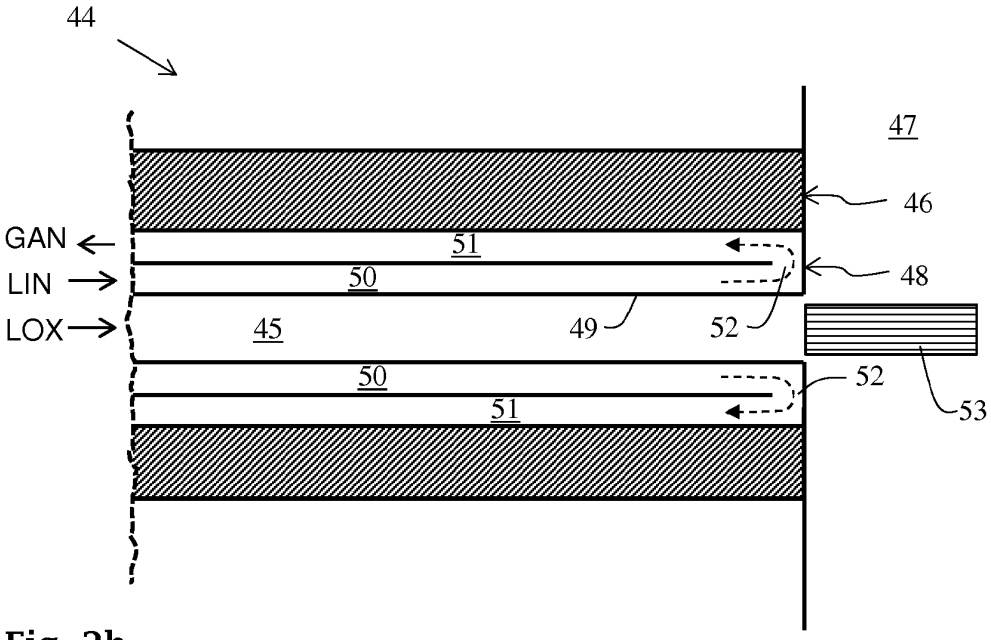
44
47
46
GAN
51
LIN
50
48
LOX
45
49
52
50
52
51
53

Fig. 2b