

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 733 224**

51 Int. Cl.:

**C03B 5/235** (2006.01)

**F23L 7/00** (2006.01)

**F23L 15/00** (2006.01)

**F23L 15/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.04.2015 PCT/US2015/024433**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.10.2015 WO15164053**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.04.2015 E 15716962 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2019 EP 3134361**

54 Título: **Operación de horno regenerativo con un oxidante que comprende de 60 a 85 por ciento de oxígeno**

30 Prioridad:

**24.04.2014 US 201461983854 P**

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

**28.11.2019**

73 Titular/es:

**PRAXAIR TECHNOLOGY, INC. (100.0%)  
10 Riverview Drive  
Danbury, CT 06810 , US**

72 Inventor/es:

**IYOHA, OSEMWENGIE UYI**

74 Agente/Representante:

**DEL VALLE VALIENTE, Sonia**

ES 2 733 224 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**

Operación de horno regenerativo con un oxidante que comprende de 60 a 85 por ciento de oxígeno

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a una operación de un horno de alta temperatura en el que se proporciona calor a una carga, tal como materiales para la fabricación de vidrio, mediante la combustión de un combustible y una corriente que contiene oxígeno que tiene un contenido de oxígeno superior al del aire.

10

**Antecedentes de la invención**

En la patente US-4 725 299 se describe un método para operar un horno que contiene una carga para calentar la carga, que comprende:

15

(A) suministrar aire enriquecido con oxígeno como oxidante;

(B) hacer pasar el oxidante a través de un regenerador calentado para calentar el oxidante;

20

(C) suministrar gas natural como combustible a través de dos o más de puertos de combustible, y quemar el combustible en el horno con oxidante calentado que sale de dicho puerto de oxidante para producir productos gaseosos calientes de dicha combustión que calientan la carga; y

(D) hacer pasar los productos de combustión a través de un regenerador para calentar dicho regenerador.

25

En US-A 6 159 003 se describe un proceso de combustión que se lleva a cabo en un horno que tiene un piso sobre el que se coloca la carga a calentar, y un techo dispuesto por encima de la carga, en cuyo proceso, un primer y un segundo fluido se inyectan por separado entre la superficie de la carga y el techo, teniendo los fluidos la capacidad de producir una combustión entre ellos, y en donde el primer fluido es un fluido combustible y el segundo fluido es un fluido oxidante, o el primer fluido es un fluido oxidante y el segundo fluido es un fluido combustible; en donde el primer fluido se inyecta en el horno en un primer nivel y el segundo fluido se inyecta en el horno en un segundo nivel, en donde el primer nivel está por debajo del segundo nivel con respecto a la carga que se va a calentar, y en donde la fuerza de impulsión del fluido inyectado en el segundo nivel es inferior que o igual a aproximadamente 3 veces la fuerza de impulsión del fluido inyectado en el primer nivel.

35

Muchas operaciones industriales necesitan calentar los materiales a una temperatura elevada en un horno o equipo equivalente. El requisito de alta temperatura puede proporcionarse mediante la combustión de combustible con aire, a una velocidad suficiente para proporcionar calor de combustión que calienta los materiales. Más recientemente, en las operaciones denominadas "oxicombustible", el aire como fuente de oxígeno se sustituye por una alimentación gaseosa que contiene más del 90 % en volumen de oxígeno. La combustión con oxígeno que tiene una pureza tan alta proporciona numerosas ventajas, incluidas conseguir altas temperaturas, menos desviación de calor a los componentes no reactivos del aire de alimentación y una menor tendencia a formar óxidos de nitrógeno.

40

Uno de los inconvenientes de la fusión del oxicombustible es un coste de operación más alto. El uso de una corriente de alimentación gaseosa con menos de 90 % en volumen de oxígeno como oxidante, tal como por dilución de un oxígeno de alta pureza procedente de una corriente de suministro líquida con aire, puede reducir el coste unitario del oxígeno contenido. Sin embargo, el uso de oxígeno de baja pureza reduce la eficiencia energética del sistema de oxicombustible, aumenta el consumo de combustible y, a su vez, aumenta el consumo de oxígeno, respecto al caso base. Además, si no se maneja adecuadamente, el contenido de nitrógeno más alto resultante en el oxidante junto con la llama de alta temperatura puede afectar negativamente las emisiones de NOx del proceso.

50

Sin embargo, la presente invención reconoce que cuando se acopla con un dispositivo de recuperación de calor, tal como un regenerador, se pueden conseguir incluso más ventajas tales como eficiencia de energía mejorada, reducción de emisiones y mejora en la operación del horno mediante la operación que utiliza oxidante en la que el contenido de oxígeno es menor de lo que se usa en la combustión de oxicombustible.

55

**Breve descripción de la invención**

La invención es un método para operar un horno como se define en la reivindicación 1.

60

Mediante el control de las velocidades de combustible de los puertos de combustible, mediante el uso de controladores de flujo ajustables independientes, la forma y las características de la llama pueden variarse y el perfil de liberación de energía puede controlarse en el interior del horno y cerca de las paredes laterales refractarias. Esta flexibilidad evita el sobrecalentamiento de las paredes refractarias del horno o del material de carga por la llama de alta temperatura.

65

**Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es una vista superior esquemática de una realización de un horno y de un equipo asociado con el que puede llevarse a la práctica la presente invención.

La Figura 2 es una vista superior esquemática de otra realización de un horno y de un equipo asociado con el que puede llevarse a la práctica la presente invención.

La Figura 3 es una vista en planta frontal de una pared interior del horno mostrado en la Figura 1.

**Descripción detallada de la invención**

Con referencia a las Figuras 1 y 2, el horno 1 es un horno de fusión de vidrio o cualquier otro horno en el que una carga se expone a temperaturas muy altas proporcionadas por la combustión dentro del horno. Los ejemplos de otros hornos en los que se puede llevar a la práctica la presente invención incluyen incineradores y hornos para fundir materiales no ferrosos, tales como cobre o aluminio y hornos para calentar o recalentar objetos de hierro y acero tales como barras, varillas y lingotes.

A un horno de fusión de vidrio se alimentan ingredientes de fabricación de vidrio tales como ceniza de sosa, nitro, sílice, silicato de sodio y/o trozos de vidrio roto ("chatarra de vidrio") al horno donde se funden entre sí para formar un baño 6 de vidrio fundido. El horno 1 incluye paredes laterales 2A y 2B, pared 3 de extremo, y pared frontal 4 que incluye la abertura 5 a través de la cual puede fluir el vidrio fundido al exterior del horno 1.

El horno 1 puede estar provisto de una pluralidad de regeneradores 11 en las paredes laterales 2A y 2B. La Figura 1 ilustra una realización de dicha disposición, con dos pares de regeneradores en las paredes laterales. El horno 1 puede estar provisto de una pluralidad de regeneradores en la pared 3 de extremo. La Figura 2 ilustra una realización de dicha disposición, con un par de regeneradores 12 en la pared 3 de extremo.

La corriente 15 oxidante gaseosa se alimenta a los regeneradores 11 y 12. La corriente oxidante 15 tiene un contenido de oxígeno de 60 % en volumen a 85 % en volumen, preferiblemente de 65 % en volumen a 80 % en volumen, y más preferiblemente de 65 % en volumen a 75 % en volumen.

La corriente oxidante 15 que tiene el contenido de oxígeno deseado puede proporcionarse de cualquiera de varias maneras. Se puede obtener de una fuente comercial separada ya con el contenido de oxígeno deseado. Se pueden obtener combinando una corriente de aire y una corriente de contenido superior cuyo contenido en oxígeno sea mayor que el contenido de oxígeno final deseado para la corriente 15; en este caso, la corriente de contenido más alto se puede obtener de una fuente comercial separada o se puede producir mediante una unidad de separación de aire comercial en la propia instalación, tal como las que se describen en la presente memoria, que producen una corriente de producto que tiene un contenido de oxígeno mayor de 60 % en volumen y, más preferiblemente, mayor de 85 % en volumen.

Con máxima preferencia, la corriente oxidante 15 que tiene el contenido en oxígeno deseado de 60 % en volumen a 85 % en volumen se produce a partir de una unidad 13 de separación de aire en la propia instalación.

La unidad 13 de separación de aire es un aparato, preferiblemente un aparato de vacuum pressure swing adsorption (adsorción con cambio de presión de vacío - VPSA) o un aparato de pressure swing adsorption (adsorción con cambio de presión - PSA) o un aparato de temperature swing adsorption (adsorción por cambio de temperatura - TSA), que trata una corriente 14 de alimentación para producir una corriente oxidante 15. La corriente 14 de alimentación, que es preferiblemente, aire, tiene un contenido de oxígeno menor de 60 % en volumen. Los procesos de adsorción cíclicos son bien conocidos y se usan, típicamente, para separar un gas componente más absorbible de un gas componente menos absorbible. Los ejemplos incluyen procesos de pressure swing adsorption (adsorción por cambio de presión - PSA) o procesos de vacuum pressure swing adsorption (adsorción con cambio de presión de vacío - VPSA) que usan una baja presión o un vacío y un gas de purga para regenerar el sorbente, y procesos de temperature swing adsorption (adsorción por cambio de temperatura - TSA) que usan una fuerza impulsora térmica tal como un gas de purga calentado para desorber las impurezas. Dichos procesos se utilizan generalmente para separar el oxígeno o el nitrógeno del aire, otras impurezas como hidrocarburos y/o vapor de agua de los gases de alimentación de aire, hidrógeno de monóxido de carbono, óxidos de carbono de otras mezclas de gases, y similares. Estos procesos se utilizan también para eliminar impurezas tales como vapor de agua e hidrocarburos del aire antes de la separación criogénica del aire. Cualquier sistema cíclico de adsorción para separar o purificar componentes de un gas se puede utilizar en la unidad 13.

A título ilustrativo, se describe en la presente memoria un proceso VPSA típico para separar el oxígeno del aire, aunque la presente invención se puede emplear con otros procesos de adsorción cíclicos utilizando compresores centrífugos y no se pretende que esté limitada a este proceso. El proceso cíclico VPSA típico es uno en donde un lecho adsorbente experimenta las siguientes etapas:

(A) El lecho adsorbente, que comprende adsorbente que preferentemente absorbe el gas o gases a eliminar (tal como nitrógeno cuando el gas de alimentación es aire) se presuriza a una presión deseada, en donde el gas o gases a eliminar se adsorben fácilmente por el adsorbente cuando el aire de alimentación atraviesa el lecho;

5 (B) un producto de gas rico en oxígeno se produce y se recupera a medida que el nitrógeno del aire de la alimentación se adsorbe;

(C) el lecho que contiene el adsorbente se evacua a una baja presión (típicamente, bajo vacío), en donde el nitrógeno adsorbido se desorbe del adsorbente en el lecho del adsorbente; y, preferiblemente,

10

(D) se pasa un gas de purga a través del lecho para eliminar cualquier nitrógeno restante.

El experto en la materia entiende que el tiempo del ciclo significa la cantidad de tiempo necesario para completar un ciclo; por ejemplo, las etapas del proceso en orden y a continuación volver a la condición inicial.

15

Los adsorbentes adecuados son muy conocidos por los expertos en este campo técnico, y se pueden identificar en la bibliografía disponible.

Algunos procesos de adsorción tendrán más etapas o múltiples lechos y a menudo utilizan uno o más sopladores para cada una de las etapas de presurización y de despresurización. Si la planta VPSA contiene dos o más recipientes adsorbentes, cada recipiente experimenta las etapas anteriores; sin embargo, los dos recipientes funcionan desfasados, para que mientras un recipiente produce el producto, el otro esté en regeneración. También, en un proceso de dos lechos, se utilizan dos sopladores de forma típica en donde uno está dedicado a alimentar el gas a los recipientes adsorbentes mientras que el otro se dedica a evacuar los recipientes adsorbentes.

20

Independientemente de si se usa un solo recipiente, dos recipientes o incluso más recipientes, las presiones y los flujos del proceso cambian rápidamente a medida que los ciclos de proceso van desde la adsorción a desorción. Generalmente, la presión de un recipiente cambiará de una condición de baja presión a presión atmosférica o inferior, preferiblemente inferior a la atmosférica, tal como aproximadamente de 0,413685 a 0,551581 bares (6 a 8 psia), a una condición de alta presión por encima de la presión atmosférica, tal como de aproximadamente 1,31004 a 1,654742 bares (19 a 24 psia), en un tiempo de ciclo periódico rápido, tal como menos de un minuto. Algunos procesos de adsorción requerirán tramos de presiones y/o vacíos más amplios en tiempos de ciclo rápidos similares.

25

Existe una gran cantidad de bibliografía técnica publicada en el campo de los procesos de adsorción para producir corrientes oxidantes de la composición descrita en la presente memoria, incluidas patentes tales como la patente US-4.643.743 y las patentes que citan, o citadas en dicha patente.

30

El contenido de oxígeno deseado de la corriente oxidante 15 que se produce en la unidad 13 se consigue en la unidad 13 de operación en un modo de relación aumentada entre el producto de oxígeno y la alimentación de aire. Operando de ese modo aumenta la recuperación de oxígeno y la cantidad de oxígeno contenido producido por la unidad de separación de aire, mientras que la concentración de oxígeno en la corriente de producto oxidante y la necesidad de energía se reducen, con respecto a un modo de operación convencional en el que las unidades de separación de aire están diseñadas para producir un producto oxidante que tiene una pureza de oxígeno de 90 % o más.

35

La corriente oxidante 15 que se produce en la unidad 13 está, típicamente, a una presión de 1,358267 a 4,460908 bar (19,7 a 64,7 psia) y se encuentra, típicamente, a una temperatura por debajo de la temperatura ambiente hasta 200 °C. La corriente oxidante 15 se transporta mediante tuberías adecuadas a cada regenerador.

40

Cada regenerador se configura de manera que el oxidante 15 se puede alimentar al regenerador externo al horno 1, y de esta forma, el oxidante puede atravesar el regenerador y salir por el puerto 20 de oxidante (visto en la Figura 3) como el oxidante calentado 16 en el horno 1. Cada regenerador también está configurado de manera que el gas de combustión, que comprende productos gaseosos de combustión en el horno 1, puede pasar a través del puerto 20 y a través del regenerador y puede salir del regenerador como corriente 19 de gas de combustión. Cada regenerador está hecho de un material tal como un material cerámico refractario, y puede contener objetos tales como esferas o daderos hechos de material cerámico refractario, en donde el material se puede calentar mediante gases de combustión calientes que atraviesan el regenerador, y el material puede calentar gas tal como el oxidante 15 que atraviesa el regenerador a una temperatura inferior a la temperatura del material del regenerador.

45

Cada regenerador incluye válvulas y controles de válvulas adecuados para permitir que el operador controle si el flujo de gas a través del regenerador es el oxidante 15 que fluye desde el exterior del horno 1 al interior del horno 1, o es el gas 19 de combustión que sale del horno 1 a través del regenerador hacia la atmósfera, hacia un colector, a otro intercambiador de calor donde se pueda recuperar el calor de los gases de combustible, o a otro proceso industrial.

50

Como se muestra en la Figura 1, al menos dos corrientes 17 y 18 están asociadas con cada corriente de oxidante calentado 16 que sale de un regenerador hacia el interior del horno 1. Las corrientes 17 y 18 comprenden combustible que se quema en el horno 1 con el oxidante calentado 16.

55

Con referencia a la Figura 3, el puerto 20 de oxidante es la abertura por la cual el oxidante calentado sale del regenerador hacia el interior del horno 1. Además, como se ha mencionado, el gas 19 de combustión deja el interior del horno 1 hacia el regenerador a través del puerto 20 de oxidante. Como también puede observarse en la Figura 3, los puertos 21 y 22 de combustible están situados en caras opuestas de una línea vertical imaginaria L que pasa por el centro del puerto 20 de oxidante. La distancia entre cada puerto de combustible y el centro del puerto 20 de oxidante asociado es de 10 a 60 veces el diámetro del puerto de combustible, preferiblemente de 30 a 50 veces el diámetro del puerto de combustible. La corriente 17 de combustible se alimenta al horno 1 a través del puerto 21 de combustible, y la corriente 18 de combustible se alimenta al horno 1 a través del puerto 22 de combustible. Las corrientes 17 y 18 de combustible se alimentan desde el exterior del horno 1 y no atraviesan un regenerador. Los combustibles adecuados incluyen cualquier hidrocarburo gaseoso, tal como gas natural, metano, propano, y similares.

Los puertos 21 y 22 de combustible están orientados de tal manera que sus ejes son horizontales o forman un ángulo que está hasta 10° por debajo de la horizontal, preferiblemente hasta 6 grados por debajo de la horizontal, y hasta 10 grados, preferiblemente hasta 6 grados, en dirección a la línea vertical imaginaria L que atraviesa el centro del puerto 20 del oxidante. Esta característica ayuda a proteger las paredes laterales refractarias y la corona del horno de un calor excesivo. Para la configuración de la pared de extremo, Figura 2, el puerto 20 de oxidante en la pared de extremo está orientado de manera que su eje forma un ángulo de hasta 10 grados hacia el centro del horno, preferiblemente de hasta 6 grados hacia el centro del horno. Esta característica ayuda a proteger las paredes laterales refractarias del horno de un calor excesivo.

El puerto 20 de oxidante se eleva desde la superficie 6 del material fundido de manera que la zona de combustión y la llama no inciden directamente sobre la superficie del material fundido, y el oxidante calentado circula dentro del horno para evitar la acumulación de especies alcalinas volátiles muy cerca de la corona del horno (es decir, la superficie interior de la parte superior del horno). Al reducir la cantidad de volatilización de álcalis en el horno y la concentración cerca de la corona, esta característica permite que los materiales refractarios convencionales tales como los utilizados en hornos de aire-combustible se utilicen en la totalidad del horno de la presente invención, reduciendo el coste de construcción del horno. Preferiblemente, el puerto 20 de oxidante está colocado de manera que la parte inferior de la abertura de puerto está en el intervalo de 0,76 a 1,52 m (de 30 a 60 pulgadas) por encima del material de vidrio fundido. Más preferiblemente el puerto 20 de oxidante está colocado de manera que la parte inferior de la abertura de puerto está en el intervalo de 0,89 a 1,27 m (de 35 a 50 pulgadas) por encima del material de vidrio fundido. Hacer esto reduce la velocidad de volatilización de álcalis procedentes de la volatilización del vidrio fundido y la concentración de especies volátiles cerca de la corona del horno.

Los puertos 21 y 22 de combustible se elevan desde la superficie 6 del material fundido para arrastrar los gases del horno y para reducir la temperatura máxima de la llama de alta temperatura oxidante del combustible. Además, la elevación asegura que la zona de combustión y la llama no inciden directamente sobre la superficie del material fundido y se reduce la magnitud de velocidad resultante de la llama sobre la superficie del material de vidrio. Los puertos 21 y 22 de combustible están colocados al menos 0,7 m (27,6 pulgadas) por encima del material de vidrio fundido. Más preferiblemente, los puertos 21 y 22 de combustible están colocados al menos 0,9 m (35,5 pulgadas) por encima del material de vidrio fundido. Hacer esto reduce la magnitud de velocidad resultante de la llama sobre la superficie del material de vidrio, reduce la velocidad de volatilización de álcalis desde la superficie del vidrio fundido, y la concentración de especies volátiles cerca de la corona del horno.

Durante el funcionamiento, cada regenerador alterna entre una etapa de combustión en la que el oxidante atraviesa el regenerador y se quema en el horno 1 con combustible, y una etapa de salida en la que los productos de combustión gaseosos calientes atraviesan el horno 1 hasta el regenerador y salen como la corriente 19.

En la etapa de combustión, el oxidante 15 se alimenta al interior y a través de un regenerador que ya se ha calentado como se describe en la presente memoria. El oxidante sale del puerto 20 de oxidante al interior del horno 1 como oxidante calentado 16. La temperatura de la corriente 16 de oxidante caliente es de 500 °C a 1400 °C, preferiblemente de 800 °C a 1350 °C, y más preferiblemente de 1100 °C a 1350 °C. La temperatura del oxidante calentado se puede conseguir mediante el ajuste adecuado de la temperatura a la que se calienta el regenerador, el caudal del oxidante 15 que entra y atraviesa el regenerador, y el periodo de tiempo durante el cual que el oxidante 15 está expuesto al calor dentro del regenerador. La velocidad del oxidante que sale del puerto 20 de oxidante es de 2 a 20 metros por segundo (m/s).

El combustible se alimenta desde los puertos 21 y 22 de combustible al interior del horno 1, y se quema con el oxidante calentado 16. Se pueden usar puertos de combustible adicionales en el horno de esta invención para inyectar gas natural en puntos estratégicos dentro del horno para adaptar el perfil de temperatura del horno. La relación estequiométrica de combustible a oxidante está preferiblemente en el intervalo para favorecer la combustión completa del combustible y preferiblemente está en un exceso de 1 % a 2,5 % de oxígeno en los gases de combustión. El combustible de puertos 21 y 22 de combustible se alimenta a una velocidad de 40 a 350 m/s, preferiblemente de 60 a 250 m/s. Los puertos 21 y 22 pueden funcionar a velocidades diferentes. El diferencial de velocidades entre los dos puertos de combustible controla el perfil de liberación de calor de la llama en el horno. Se pueden usar velocidades de combustible altas para los puertos de combustible retirados de las paredes laterales del horno y ayuda a arrastrar la atmósfera del horno al combustible antes de que se queme con la corriente de oxidante precalentada, bajando la temperatura máxima de llama en el horno, la cantidad de óxidos

de nitrógeno que se forman, y evita el sobrecalentamiento de las paredes refractarias debido a las altas temperaturas de llama formadas por la mezcla de combustible-oxidante precalentada. Se pueden usar velocidades de combustible bajas para puertos de combustible cercanos a las paredes laterales del horno, reducir la velocidad de mezclado del combustible y la elevada temperatura de la corriente oxidante, reducir la velocidad de liberación de calor y la temperatura máxima de la llama cerca de las paredes laterales del horno.

El oxidante y el combustible se introducen bajo presión a través del puerto del regenerador y las boquillas de combustible, respectivamente, y se dirigen hacia la zona de combustión. La velocidad del oxidante y las velocidades de las corrientes de combustible se proporcionan mediante las dimensiones de las boquillas de combustible y los puertos del regenerador, y las velocidades de alimentación de las corrientes de combustible y oxidante, que pueden variar dependiendo del tipo de proceso, la cantidad de material en procesamiento, y el tipo de combustible que se utilice. Los puertos 21 y 22 de combustible tendrán preferiblemente un área interna en el intervalo de 0,0005 a 0,0127 m<sup>2</sup> (1 a 5 pulgadas de diámetro interior) y el puerto 20 de oxidante tendrá preferiblemente un área interna en el intervalo de 0,5 a 4 m<sup>2</sup>.

El flujo de oxidante a través del regenerador, que enfría el regenerador debido a la transmisión de calor al oxidante, continúa hasta que los ladrillos de los regeneradores se enfrían lo suficiente, después de lo cual se invierte el funcionamiento del horno.

El punto en el que los flujos se invierten se determina de acuerdo con factores con los que están familiarizados los expertos en este campo; entre los factores se incluyen el deseo de optimizar la recuperación de calor residual del gas de combustión del horno y la temperatura de precalentamiento de la corriente oxidante que entra en el horno.

A continuación, el flujo de oxidante a través del regenerador se apaga, y comienza el flujo de gas de combustión procedente del interior del horno 1 dirigido al puerto 20 de oxidante y a través del regenerador y sale del regenerador como corriente 19. El gas de combustión calienta el regenerador, para proporcionar calor que eventualmente calienta el siguiente flujo de oxidante que atraviesa el regenerador. En la realización de la Figura 1, el oxidante y el combustible han estado fluyendo al interior del horno 1 desde los regeneradores en la parte superior de la figura donde el gas de combustión sale a través (y calentando) de los regeneradores de la parte inferior de la figura.

La temperatura del gas de combustión (es decir, los productos de combustión gaseosos calientes) que sale del horno 1 es de forma típica al menos 1400 °C y de forma típica está en el intervalo de 1100 °C a 1550 °C. Preferiblemente, la temperatura del gas de combustión que sale del regenerador se reduce en al menos 300 °C y es al menos 500 °C. La alta temperatura del gas de combustión que sale del regenerador contribuye a reducir o evitar la formación de depósitos sobre las superficies internas del regenerador. Estos depósitos podrían incluir componentes volatilizados desde la carga fundida dentro del horno 1, o productos formados por la interacción entre dichos componentes volatilizados y los productos de combustión del combustible y el oxidante. La alta temperatura del gas de combustión garantiza que los subproductos volatilizados sigan siendo volátiles durante todo el tiempo y a la salida del regenerador. Esta característica reduce la velocidad de ensuciamiento y obstrucción del dispositivo de recuperación de calor y prolonga la vida útil de los regeneradores del horno y la operación del horno. Preferiblemente todos los productos de combustión gaseosos producidos en la combustión del combustible y el oxidante dejan el interior del horno 1 a través de uno o más de los regeneradores.

La invención proporciona numerosas ventajas.

Una ventaja es que el calentamiento de la carga se logra con una eficiencia de energía total mejorada, aunque el oxidante utilizado en la presente invención contenga más nitrógeno del que estaría presente en una corriente de oxígeno de mayor pureza de forma típica utilizada en la combustión de oxicomcombustible, reduciendo la cantidad de combustible y oxidante requeridos para el proceso.

La invención reduce, además, la formación de NO<sub>x</sub> en el horno, aunque el oxidante utilizado en la presente invención contiene más nitrógeno del que estaría presente en una corriente de oxígeno de mayor pureza de forma típica utilizada en la combustión de oxicomcombustible.

La invención también reduce la volatilización de álcalis, y concentración en la cercanía de la corona del horno, en comparación con la operación de hornos de oxicomcombustibles convencionales.

La invención también reduce el ensuciamiento y obstrucción del dispositivo de recuperación de calor, ampliando la vida útil de los regeneradores.

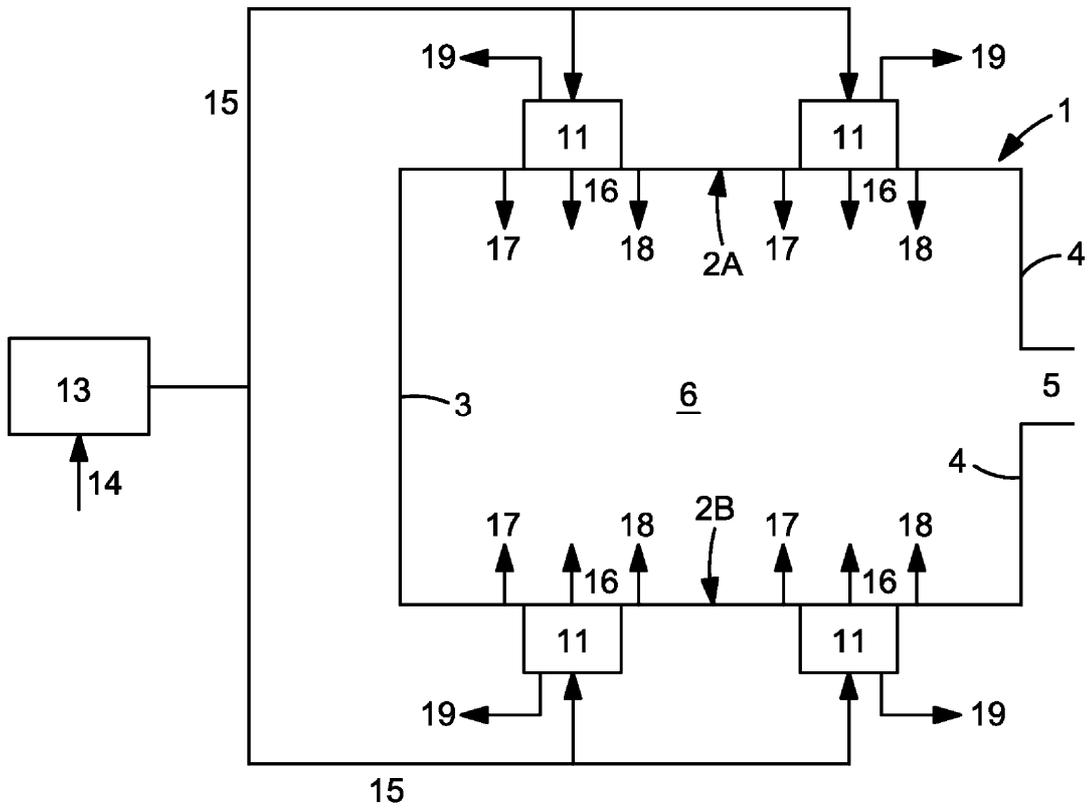
**REIVINDICACIONES**

1. Un método para operar un horno que contiene una carga para calentar la carga, que comprende:
  - 5 (A) proporcionar un oxidante gaseoso que comprende de 60 % en volumen a 85 % en volumen de oxígeno;
  - (B) hacer pasar el oxidante gaseoso a través de un regenerador calentado con salida por un puerto de oxidante al interior de un horno, calentar el oxidante en el regenerador de forma que salga por el puerto de oxidante a una temperatura de 500 °C a 1400 °C, y enfriar de esta forma dicho regenerador; y alimentar combustible gaseoso al interior de dicho horno a través de dos o más de puertos de combustible y quemar el combustible en el horno con oxidante calentado que sale de dicho puerto de oxidante para producir productos gaseosos calientes de dicha combustión que calientan la carga;
  - 10 (C) interrumpir el flujo de oxidante a través del regenerador hacia el horno, y hacer pasar dichos productos de combustión al interior de dicho puerto de oxidante, atravesar y salir de dicho regenerador enfriado para calentar dicho regenerador, en donde la temperatura de los productos de combustión que salen de dicho regenerador es de al menos 500 °C; y
  - 15 (D) alternar las etapas (B) y (C),

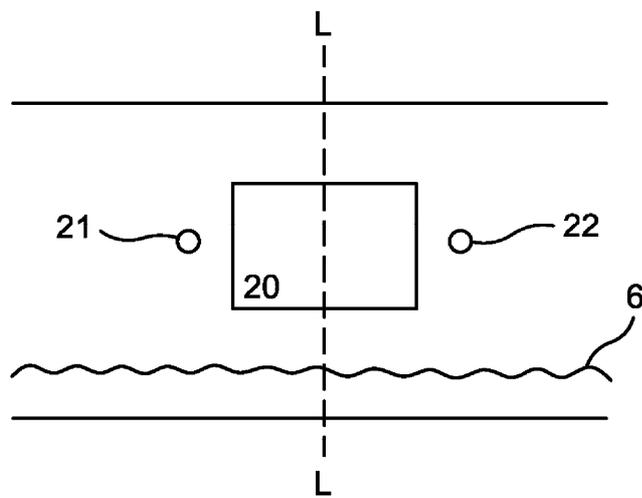
20 en donde dicho puerto de oxidante y dichos puertos de salida de combustible están situados por encima de la superficie superior de dicha carga en dicho horno, estando dichos puertos de combustible colocados al menos 0,7 m por encima de la superficie superior de dicha carga en dicho horno; en donde al menos uno de dichos puertos de combustible está situado a cada lado de una línea vertical que pasa por el centro de dicho puerto de oxidante y dichos puertos de combustible están situados a una

25 distancia de 10 a 60 diámetros de puerto de combustible desde el centro de dicho puerto de oxidante; y en donde el combustible que se quema con el oxidante procedente de un puerto de oxidante dado se alimenta al horno desde dos o más puertos de combustible a velocidades de 40 a 350 m/s, y el oxidante se alimenta al horno desde el puerto de oxidante a una velocidad de 2 a 20 m/s, en donde el combustible alimentado desde dichos puertos de combustible arrastra productos de combustión gaseosos en dicho

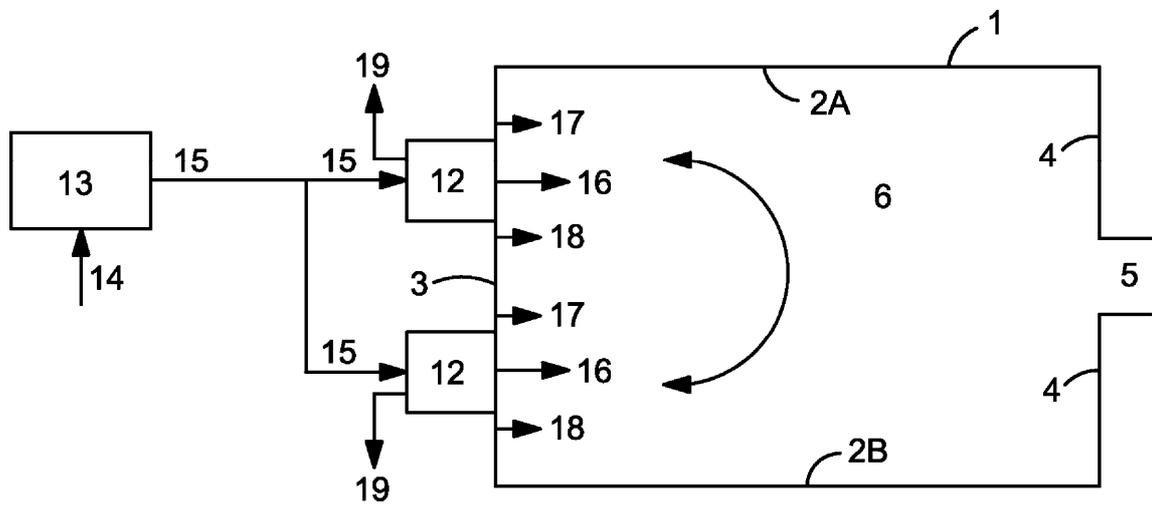
30 horno antes de quemarlos con la corriente oxidante de alta temperatura.
2. El método según la reivindicación 1 en donde la parte inferior de la abertura del puerto de oxidante está de 0,76 a 1,52 m (30 a 60 pulgadas) por encima de la carga del horno.
- 35 3. El método según la reivindicación 1 en donde el oxidante gaseoso procedente de cada puerto de oxidante se quema con el combustible que se alimenta desde al menos 2 puertos de combustible.
4. El método según la reivindicación 3 en donde el combustible que se alimenta desde al menos 2 puertos de combustible y que se quema con el oxidante procedente de un puerto de oxidante se alimenta a diferentes velocidades.
- 40 5. El método según la reivindicación 3 en donde un puerto de combustible está orientado para dirigir la llama hacia el centro de la línea central del puerto de oxidante.
- 45 6. El método según la reivindicación 1 en donde dicho combustible gaseoso procedente del puerto de combustible cerca de la pared refractaria del horno se alimenta a una velocidad inferior para conseguir un arrastre reducido del oxidante gaseoso para disminuir la liberación de energía cerca de las paredes del horno, mientras que dicho combustible gaseoso procedentes de los puertos de combustible alejados de las paredes laterales del horno se alimenta a velocidades más altas para mejorar el arrastre de los gases de combustión del horno antes de quemarlos con la corriente de oxidante.
- 50



**FIG. 1**



**FIG. 3**



**FIG. 2**