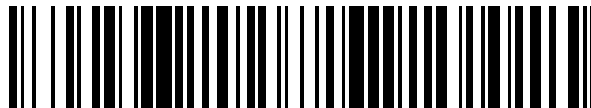


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 640 058**

51 Int. Cl.:

**F23D 1/04**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.03.2014** E 14157701 (5)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.06.2017** EP 2775203

54 Título: **Quemador multi-combustible y método de calentamiento de la cámara del horno**

30 Prioridad:

**08.03.2013 DE 102013004016**

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

**31.10.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**DEMUTH, MARTIN**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 640 058 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**

Quemador multi-combustible y método de calentamiento de la cámara del horno

La invención refiere a un quemador multi-combustible en el que un conducto para la aportación de un combustible primario y un conducto para la aportación de un oxidante primario así como al menos un conducto para la aportación de al menos un segundo combustible desembocan en una parte frontal de una cámara de horno. La invención se refiere además a un procedimiento para el funcionamiento de un quemador multi-combustible.

Estos quemadores multi-combustible se utilizan en hornos rotativos, por ejemplo en hornos rotativos para la producción de cemento o para el reciclado térmico de residuos y, en particular, permiten el uso de combustibles con diferentes valores caloríficos para la combustión.

Por el término "combustibles de bajo poder calorífico" se entienden combustibles con un valor calorífico inferior al del gas natural. Ejemplos de combustibles de bajo poder calorífico son los combustibles gaseosos con un valor calorífico inferior a 10 kWh/m<sup>3</sup>, como el biogás, el gas ciudad o el gas de mina, o los combustibles sólidos o líquidos con un valor calorífico inferior a 30 MJ/kg. El término "combustible sustitutivo" debe entenderse aquí como todos los combustibles no fósiles, especialmente los derivados de residuos. La gama de combustibles alternativos utilizados abarca desde disolventes, virutas de madera y de neumáticos, lodos de depuradora, residuos, material de trituración procedente del procesamiento de plásticos o harina animal hasta residuos procesados de hogares, empresas industriales y comerciales, así como materias primas que se renuevan. El primer o principal combustible utilizado suele ser un combustible de alto poder calorífico (con un valor calorífico superior a 10 kWh/m<sup>3</sup> o 30 MJ/kg) o una mezcla de un combustible de alto poder calorífico como el carbón, petróleo o gas natural con un combustible sustitutivo.

Los quemadores multi-combustible comprenden generalmente varios conductos de aportación para un oxidante primario, un primer combustible (o "primario") así como conductos para la aportación de al menos un combustible adicional ("combustibles secundarios"), en particular para combustibles de sustitución. Los conductos de aportación se diseñan como boquillas anulares y/o se extienden en forma de tubos dispuestos en paralelo a través del cabezal del quemador. Como oxidante primario se emplea generalmente aire ("aire primario"). Un oxidante secundario ("aire secundario") se introduce directamente en la cámara de horno a través de conductos de alimentación separados situados fuera del quemador. Para conseguir, en caso de empleo de una mezcla de un combustible de alto contenido calórico con un combustible sustitutivo como combustible primario, un perfil de temperatura comparable al de un combustible puro de alto contenido calórico, los quemadores pueden equiparse con toberas o canales regulables y altos impulsos de aire primario. Además, el remolino del aire primario permite que el aire secundario caliente se mezcle con el combustible primario en una fase temprana y que la forma de la llama se ajuste de manera específica.

Un quemador multi-combustible de este tipo se describe, a modo de ejemplo, en el documento DE 10 2010 061 496 A1. El mismo comprende un canal de alimentación anular para un combustible primario, uno o varios conductos tubulares de alimentación de combustible secundario dispuestos en paralelo entre sí en el centro de la boca del quemador y varios conductos de alimentación para el oxidante primario dispuestos concéntricamente respecto al canal de alimentación para el combustible primario a distancias angulares uniformes.

En el documento DE 196 48 981 A1 se describe un conjunto de quemador en el que, a través de canales dispuestos en forma de anillo circular o boquillas, se cargan en la zona exterior de la boca de quemador elevadas cantidades de aire primario (5 a 15% de la cantidad de aire necesaria para la combustión estequiométrica) a altas velocidades de salida y, por lo tanto, altas corrientes de impulsos. Esta corriente de impulso provoca, según el principio de inyección, la aspiración del aire secundario caliente. El carbón finamente molido se aporta en el caso de estos quemadores igualmente de forma anular cerca del conducto de alimentación de aire primario, para permitir una mezcla temprana con el aire secundario.

En el objeto del documento DE 199 25 875 A1 se aporta, como combustible primario, carbón finamente molido a través de un canal en forma de anillo, que rodea un anillo de boquillas para el oxidante primario. Otros combustibles primarios como el petróleo, gas natural o combustibles sólidos finamente molidos se introducen a través de canales adicionales, generalmente anulares o dispuestos de forma anular en el centro de la parte frontal del quemador. Como combustibles secundarios se introducen combustibles sustitutivos grumosos a través de quemadores satélite adicionales en la cabeza de horno o a través de tubos, cuyas aberturas de salida se encuentran en el centro del cabezal de quemador o en el recubrimiento del quemador.

Debido a consideraciones económicas, la tendencia en la industria del cemento es hacia un uso cada vez mayor de combustibles bajos en calorías o combustibles sustitutos. Sin embargo, una mayor proporción de combustibles sustitutivos en el combustible primario, especialmente cuando se utilizan combustibles sólidos, ocasiona problemas en el funcionamiento de los hornos y en la calidad del clínker. Dado que los combustibles alternativos, por ejemplo los plásticos triturados, sólo se preparan, por razones técnicas y económicas, para tamaños de grano de hasta aprox. 10 a 20 mm de diámetro, tienen un comportamiento de vuelo y de quemado mucho peor que, por ejemplo, el carbón molido fino. Al mismo tiempo, estos materiales contienen los más diversos ingredientes y contenido de humedad, y la distribución del tamaño del grano se extiende sobre una amplia banda de granos. Esto hace que las partículas grandes, pesadas e irregulares caigan, antes de su transformación completa, sobre el lecho de clínker y

provoquen allí reacciones químicas con el material de carga. En el lecho de clínker se produce especialmente una reducción de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  a  $\text{FeO}$ , lo que a su vez da lugar a la decoloración del clínker y reduce la calidad del clínker. El mal comportamiento de quemado también desplaza la distribución de la temperatura de la llama lejos de la boca del quemador y reduce las temperaturas máximas alcanzables necesarias para quemar el material.

5 Existen diversos enfoques para mejorar la fase de vuelo y la transformación del combustible sustitutivo. Por ejemplo, la ventilación y el giro del combustible antes de que salga del propio canal de combustible representan una forma de mejorar las características de vuelo del combustible. El aumento de la cantidad de aire de transporte para el combustible sustitutivo también proporciona una fase de vuelo más larga del combustible entero, pero al mismo tiempo se encarga de que el combustible salga demasiado rápido de la zona caliente cerca del quemador. Además, 10 las altas velocidades en los canales de combustible sustitutivo provocan un mayor desgaste y un efecto de enfriamiento indeseable, ya que el aire de transporte está normalmente a la temperatura ambiente.

En el documento AT 411 928 B se describe un conjunto de quemador que comprende un canal anular para el aire primario y un canal radial interno del mismo, pero dispuesto excéntricamente para un combustible primario más reactivo. Entre los canales de alimentación del combustible primario y de aire de combustión se prevé un conducto 15 de alimentación en forma de hoz para un combustible secundario menos reactivo. Con este conjunto, el combustible menos reactivo se expone directamente al aire de combustión, proporcionando mucho oxígeno para una combustión lo más completa posible.

El documento WO 2008/065554 A1 describe un quemador multi-combustible según el preámbulo de la primera reivindicación, que comprende, además de conducto para la aportación de un primer combustible y de un oxidante 20 primario, un quemador de aceite y un conducto para la aportación de un combustible sustitutivo sólido. Para mejorar la combustión del combustible sustitutivo, las partículas del combustible sustitutivo se desvían hacia arriba al salir del quemador, dando lugar a una larga trayectoria de vuelo dentro de la llama generada por la combustión del primer combustible con el oxidante primario.

El documento WO 2008/065554 A1 también revela un procedimiento para calentar una cámara de horno de acuerdo 25 con el preámbulo de la quinta reivindicación.

La invención se basa ahora en el objetivo de crear un quemador multi-combustible o de mejorar un procedimiento para el calentamiento de una cámara de horno en el sentido de que incluso con una mayor proporción de combustibles secundarios se produzca una transformación lo más completa posible de estos combustibles antes de que puedan entrar en contacto con el material de carga.

30 Esta tarea se resuelve mediante un quemador multi-combustible con las características de la reivindicación 1 o mediante un procedimiento para el calentamiento de una cámara de horno con las características de la reivindicación 4. Otras formas de realización ventajosas de la invención se indican en las reivindicaciones dependientes.

Por lo tanto, un quemador multi-combustible según la invención posee, además de los conductos para la aportación 35 del combustible primario y del oxidante primario configurados, por ejemplo, como boquillas anulares dispuestas coaxialmente o como boquillas individuales dispuestas en forma de anillo, al menos un conducto para la aportación de un segundo combustible y un conducto para la aportación de un segundo oxidante, que comprende a su vez medios para atomizar el segundo combustible. El conducto de alimentación para el segundo oxidante y/o el conducto de alimentación para el segundo combustible se disponen dentro del cabezal del quemador multi-combustible o forman un conjunto de lanza que se separa físicamente del propio cabezal del quemador. En el caso 40 del segundo combustible se trata del mismo que en el caso del combustible primario u otro combustible sólido, líquido o gaseoso; el segundo oxidante es preferentemente un gas rico en oxígeno con una concentración de oxígeno superior al 22% en volumen. Además, el quemador presenta al menos un conducto de alimentación para otro combustible secundario, por ejemplo, para un combustible sustitutivo sólido (en polvo o grumoso). El conducto de alimentación para el segundo oxidante comprende un tubo o una lanza dispuestos dentro del cabezal del quemador y físicamente tan cerca de la salida del conducto de alimentación para el segundo combustible que los flujos de material que salen del segundo oxidante y del segundo combustible se mezclan y a continuación se 45 queman. El conducto de alimentación para el segundo oxidante y el conducto de alimentación para el segundo combustible forman, por lo tanto, una boquilla de dos sustancias para atomizar el segundo combustible en una atmósfera, que está compuesta principalmente por el segundo oxidante. La combustión del segundo combustible con el segundo oxidante después y durante la atomización conduce a una llama ("segunda llama") dentro de la creada por la combustión del combustible primario y del oxidante primario ("primera llama"). La segunda llama, a través de la cual pasa al menos una parte de los demás combustibles secundarios aportados, por ejemplo por las partículas sólidas de combustible sustitutivo, garantiza que éstos se calienten y transformen en una fase temprana. 50 La probabilidad de que las partículas quemadas de forma incompleta del combustible sustitutivo entren en la cámara de horno en contacto con el material de carga, se reduce considerablemente. Al mismo tiempo, la proporción de combustibles sustitutivos en la combinación energética del quemador multi-combustible puede incrementarse significativamente y la proporción de combustibles primarios de alta calidad puede reducirse en consecuencia, con lo que se puede lograr un ahorro considerable de costes en comparación con el funcionamiento con quemadores multi-combustible de acuerdo con el estado actual de la técnica. 60

Para garantizar una mezcla lo más íntima posible del segundo combustible y del segundo oxidante, es ventajoso disponer el conducto de alimentación para el segundo oxidante dentro del conducto de alimentación para el segundo combustible o el conducto de alimentación para el segundo combustible dentro del conducto de alimentación para el oxidante. En particular, los dos conductos de alimentación se disponen coaxialmente el uno respecto al otro, sin embargo, en el contexto de la invención tampoco se excluyen disposiciones excéntricas. Alternativamente, ambos conductos de alimentación se pueden diseñar también como tuberías dispuestas en paralelo y tan cerca unas de otras que los flujos de material del segundo oxidante y del segundo combustible influyan mutuamente el uno en el otro; por ejemplo, la distancia entre los ejes centrales de los dos conductos de alimentación sólo corresponde, como máximo, a una vez y media la suma de los radios interiores de los dos conductos de alimentación. Los dos conductos de alimentación forman así una boquilla de pulverización de mezcla externa, cuya finalidad consiste en distribuir el segundo combustible tan finamente como sea posible en el segundo oxidante y en conseguir una mezcla especialmente íntima de los dos flujos de material. Para una mayor estabilización del respectivo flujo de material, los conductos de alimentación también pueden estar provistos de dispositivos de torsión.

Según la invención, el conducto de alimentación para el segundo combustible para el segundo oxidante y el conducto de alimentación para el segundo combustible se orientan en el quemador de manera que los flujos de material que salen del quemador durante su funcionamiento previsto se expulsan en dirección a una primera llama que se forma en la cámara de horno delante de la parte frontal del quemador durante la combustión del combustible primario con el oxidante primario y una zona dentro de dicha llama. De esta manera, la segunda llama producida al quemar el segundo combustible con el segundo oxidante se orienta hacia la primera llama y hacia una zona de temperatura relativamente baja dentro de esta primera llama.

Una variante ventajosamente perfeccionada de la invención prevé que el conducto de alimentación para el segundo combustible y el conducto de alimentación para el segundo oxidante se dispongan, visto geodésicamente, por debajo de la horizontal central de la parte frontal del quemador. En particular, los conductos de alimentación para el segundo combustible y los conductos de alimentación para el segundo oxidante también se pueden diseñar como un conjunto de lanza orientado hacia el área en la que se forma la primera llama en la cámara de horno durante el funcionamiento del quemador multi-combustible.

En una aplicación especialmente preferida del quemador según la invención, éste se monta en la pared de horno de un horno rotativo tubular, por ejemplo, un horno rotativo tubular que sirve para la producción de cal o cemento o para el reciclaje térmico de residuos.

La tarea de la invención también se resuelve por medio de un procedimiento para el calentamiento de una cámara de horno en el que un oxidante primario y un combustible primario, así como al menos un segundo combustible se introducen, a través de vías de flujo separadas, en una cámara de horno y se queman allí en una llama primaria, mezclándose según la invención al menos un segundo combustible, antes o durante su introducción en la cámara de horno, con un segundo oxidante e introduciéndose la mezcla de segundo combustible y segundo oxidante en una corriente dirigida al interior de la llama primaria. El oxidante se introduce a una velocidad elevada en la cámara de horno, que puede ser del orden de la gama subsónica, sónica o supersónica, se mezcla y reacciona con el combustible para formar la segunda llama.

El segundo combustible es atomizado por contacto con el segundo oxidante, formándose una mezcla fina de segundo combustible y oxidante, que posteriormente se quema en una segunda llama dentro de la primera llama. La atomización del segundo combustible es causada principalmente por la alta velocidad del oxidante anteriormente mencionada.

En principio, en el marco de la invención se puede emplear cualquier combustible gaseoso, líquido o sólido como segundo combustible. Sin embargo, se prefiere un combustible líquido, por ejemplo aceite o un combustible sustitutivo líquido, dado que éste se puede atomizar fácilmente por medio del segundo oxidante.

Como oxidante primario y/o como segundo oxidante se emplea preferiblemente un gas rico en oxígeno con un contenido de oxígeno superior al 22 % en volumen, preferiblemente con un contenido de oxígeno superior al 95 % en volumen, especialmente con un contenido de oxígeno superior al 99 % en volumen. El oxidante primario y el segundo oxidante se pueden aportar desde la misma fuente de oxidante o desde diferentes fuentes de oxidante, por ejemplo tanques o tuberías.

El procedimiento según la invención se explica en detalle a la vista de los dibujos.

Las vistas esquemáticas muestran en la

Figura 1 un quemador según la invención en una vista frontal;

Figura 2 un horno rotativo tubular con un quemador según la invención en un corte longitudinal.

El ejemplo de realización según la figura 1 muestra un quemador multi-combustible 1 en cuya parte frontal de quemador 2 desemboca, por la parte radialmente exterior, un canal anular 3 para la aportación de oxidante primario, en la cámara de horno. En el caso del oxidante primario se trata generalmente de aire o de un gas enriquecido con oxígeno con una proporción de oxígeno del 22 % en volumen y más. Radialmente por el lado interior respecto al canal anular 3 se dispone un canal anular 4 que sirve para la aportación de un combustible primario. En el caso del combustible primario se trata generalmente de un combustible de alto valor calorífico como gas natural, aceite o de

un combustible sólido pulverizado de carbón o coque de petróleo, pero también se pueden empelar otros combustibles como combustibles primarios, por ejemplo, mezclas de un combustible de alto valor calorífico y de un combustible de bajo valor calorífico. Excéntricamente respecto al eje central y, visto geodésicamente, por encima del plano central horizontal 5 del quemador multi-combustible 1 se dispone un tubo 7 para un combustible secundario, especialmente para un combustible sólido secundario, por ejemplo material de trituración procedente del procesamiento de plásticos, virutas de neumáticos, maderas viejas u otros desechos en forma de partículas y otros combustibles sólidos, por regla general de bajo valor calorífico. El quemador multi-combustible 1 comprende además tubos 8, 9 dispuestos por debajo del plano central horizontal 5 del quemador multi-combustible 1, que sirven para la aportación de otros combustibles secundarios gaseosos, líquidos o sólidos, por ejemplo harina animal, disolventes, aceite usado, etc.. Por lo demás, los canales anulares 3, 4 y los tubos 7, 8 y 9 se disponen paralelos entre sí dentro del cabezal del quemador.

El quemador multi-combustible 1 presenta además otro tubo 10 que sirve para la aportación de un combustible secundario líquido y que se dispone coaxialmente en el interior de una lanza de oxígeno 12. El tubo 10 y la lanza de oxígeno 12 se guían igualmente de forma fundamentalmente paralela a los tubos 7, 8, 9 por el cabezal del quemador y se disponen en el plano central vertical 11, así como por debajo del plano central horizontal 5 del quemador multi-combustible 1. El tubo 10 y la lanza de oxígeno 12 forman juntos una boquilla de atomización que, en la forma descrita más adelante en detalle, sirve para atomizar y quemar el combustible líquido que sale del tubo 10.

En la figura 2 se muestra un quemador multi-combustible 1 en su estado de montaje en un horno rotativo tubular 15, por ejemplo un horno rotativo tubular para la fabricación de cemento. El horno rotativo tubular 15 representado sólo en parte comprende una cámara de horno 17 dotada de un tambor 16 alojado de forma giratoria, en cuya cara frontal 18 se ha montado el cabezal del quemador del quemador multi-combustible 1.

Durante el funcionamiento del horno rotativo tubular 15 se carga en el tambor 16 el material de carga 19. A continuación del tratamiento térmico en el horno rotativo tubular 15 el material de carga 19 se evacua por un orificio de salida 20. A través del canal anular 3 del quemador multi-combustible 1 se introduce el oxidante primario y a través del canal anular 4 el combustible primario en la cámara de horno 17. A través de conductos de alimentación, aquí no representados, situados fuera del quemador multi-combustible se introduce otro oxidante, definido en la mayoría de los casos como "aire secundario" y que en la fabricación de clínker supone la mayor parte del oxidante total empleado, en la cámara de horno 17. Simultáneamente con la introducción del primer oxidante y del primer combustible se aporta al horno, a través del tubo 7, un combustible sólido secundario, por ejemplo material procedente de la trituración de plásticos; en caso dado se introducen, a través de los tubos 8, 9, otros combustibles secundarios. En la cámara de horno 17 los combustibles primarios y secundarios se queman en una llama primaria 21. Debido al tamaño de las partículas y a la humedad existente de los combustibles sustitutivos en forma de partículas aportados a través del tubo 7, la llama 21 posee, en una zona situada justo por delante del centro de la parte frontal del quemador 2, una zona en comparación fría 22, dentro de la cual las partículas expulsadas por el tubo 7 sólo se secan o pirolizan, pero no se queman o sólo se queman en la superficie. Como se puede ver por una trayectoria típica 23 de una partícula expulsada por el tubo 7, el camino de esta partícula pasa en una parte importante por la zona fría 22. La propia combustión de las partículas sólo empieza después del paso por la zona 22; a causa del tamaño de las partículas y de la corta distancia del recorrido de las partículas a través de la llama, existe sin embargo el riesgo de que al menos una parte de las partículas pueda entrar en contacto con el material de carga 19 sin haberse quemado por completo. Allí ejercen un efecto reductor sobre el material de carga con la consecuencia de que la concentración de óxido de hierro (FeO) aumente en el material de carga, con lo que disminuye la calidad del clínker.

Para mejorar las condiciones de combustión en la cámara de horno, se introduce un combustible líquido a través del tubo 10 y al mismo tiempo un gas rico en oxígeno a través de la lanza de oxígeno 12 en la cámara de horno. En el caso del combustible líquido se puede tratar de un combustible de alto o bajo valor calorífico, por ejemplo de un residuo líquido como disolvente o aceite usado. En el caso del gas rico en oxígeno se trata especialmente de oxígeno puro con una concertación de al menos un 95 % en volumen. El gas introducido a una velocidad de salida elevada de, por ejemplo, 50 m/s y 350 m/s, atomiza el combustible líquido que sale por la cara radialmente interior del tubo 10, transformándolo en un aerosol de partículas finas, se mezcla con el mismo y se quema en una llama 24 de temperatura elevada, que se forma dentro de la llama primaria 21, más o menos en el área de la zona fría 22. Por la llama 24 pasan también las partículas expulsadas por el tubo 7 en su trayectoria 23, con lo que éstas se calientan fuertemente y se queman prácticamente al momento. De esta manera se reduce considerablemente la probabilidad de que partes de las partículas puedan entrar en contacto con el material de carga y provoquen un incremento del contenido de FeO en el material de carga. Al mismo tiempo se puede aumentar notablemente el porcentaje de combustibles sustitutivos en el proceso general y reducir, de manera correspondiente, el porcentaje de combustible primario, con lo que se puede conseguir un claro ahorro en el coste de energía.

La lanza de oxígeno 12 y/o el tubo 10 puede/pueden estar provistos además de elementos para apoyar la atomización y mezcla, por ejemplo de elementos que generen torsión o similar.

## 60 Lista de referencias

1 Quemador multi-combustible

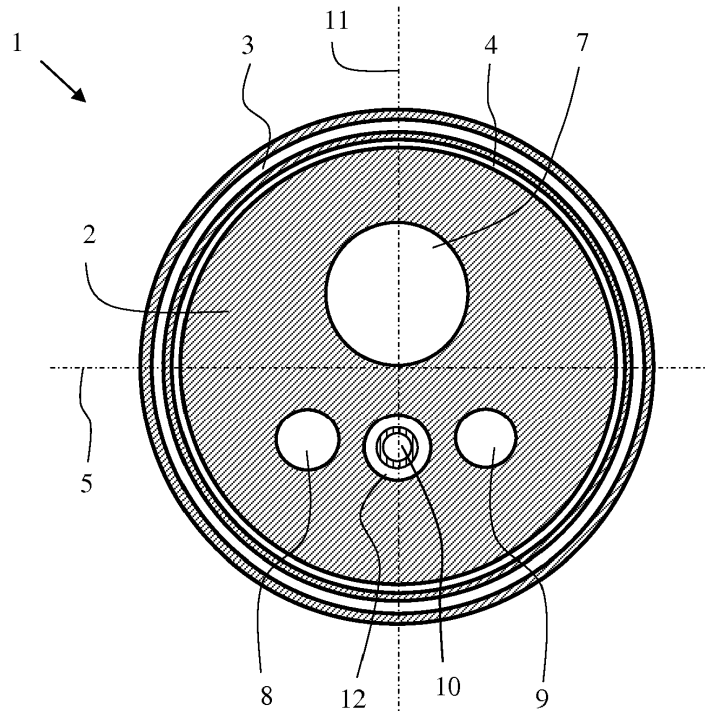
## ES 2 640 058 T3

	2	Parte frontal del quemador
	3	Canal anular
	4	Canal anular
	5	Plano central horizontal
5	6	-
	7	Tubo
	8	Tubo
	9	Tubo
	10	Tubo
10	11	Plano central vertical
	12	Lanza de oxígeno
	13	-
	14	-
	15	Horno rotativo tubular
15	16	Tambor
	17	Cámara de horno
	18	Cara frontal
	19	Material de carga
	20	Orificio de carga
20	21	Llama
	22	Zona fría
	23	Trayectoria
	24	Llama

25

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Quemador multi-combustible para el calentamiento de una cámara de horno, en el que un conducto (4) para la aportación de un combustible primario y un conducto para la aportación de un oxidante primario (3), un conducto de alimentación (7) para un combustible sustitutivo sólido, así como al menos un conducto de alimentación (8, 9, 10) para un segundo combustible líquido, desembocan por una cara frontal el quemador (2) en la cámara de horno (17), caracterizado por que en la zona del conducto de alimentación (10) para el segundo combustible se prevé un conducto de alimentación (12) para un segundo oxidante que comprende elementos para la atomización del segundo combustible, orientándose el conducto de alimentación (12) para el segundo oxidante y el conducto de alimentación (10) para el segundo combustible de manera que las corrientes de sustancias que salen de los conductos de alimentación (10, 12) durante el funcionamiento del quemador (1) se orienten hacia una zona de temperatura relativamente baja de la llama (21) que se forma con la combustión del combustible primario con el oxidante primario en la cámara de horno (17) delante de la parte frontal del quemador (2).
- 15 2. Quemador multi-combustible según la reivindicación 1, caracterizado por que el conducto de alimentación (10) para el segundo combustible se dispone por la cara radialmente interior del conducto de alimentación (12) para el segundo oxidante o por que el conducto de alimentación (12) para el segundo oxidante se dispone por la cara radialmente interior del conducto de alimentación (10) para el segundo combustible.
- 20 3. Quemador multi-combustible según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el conducto de alimentación (10) para el segundo combustible y el conducto de alimentación (12) para el segundo oxidante se disponen, visto geodésicamente, por debajo de la horizontal central de la parte frontal del quemador.
- 25 4. Procedimiento para el calentamiento de una cámara de horno, en el que un oxidante primario y un combustible primario, así como al menos un combustible sustitutivo sólido y un segundo combustible líquido, se introducen a través de vías de flujo separadas (3, 4, 7, 8, 9, 10) desde un quemador multi-combustible (1) en una cámara de horno (17), en la que se queman en una llama primaria (21), caracterizado por que el segundo combustible se mezcla antes o durante su introducción en la cámara de horno (17) con un segundo oxidante y por que la mezcla de segundo combustible y segundo oxidante se introduce como flujo orientado hacia el interior de la llama primaria (21), atomizándose el segundo combustible como consecuencia del contacto con el segundo oxidante y quemándose el mismo a continuación en una segunda llama (24), orientándose la segunda llama (24) generada por la combustión del segundo combustible con el segundo oxidante hacia una zona de temperatura relativamente baja situada dentro de la llama primaria (21).
- 35 5. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado por que como oxidante primario y/o como segundo oxidante se emplea un gas rico en oxígeno con un contenido de oxígeno superior al 22 % en volumen, preferiblemente con un contenido de oxígeno superior al 95 % en volumen, con especial preferencia con un contenido de oxígeno superior al 99 % en volumen.



**Fig. 1**



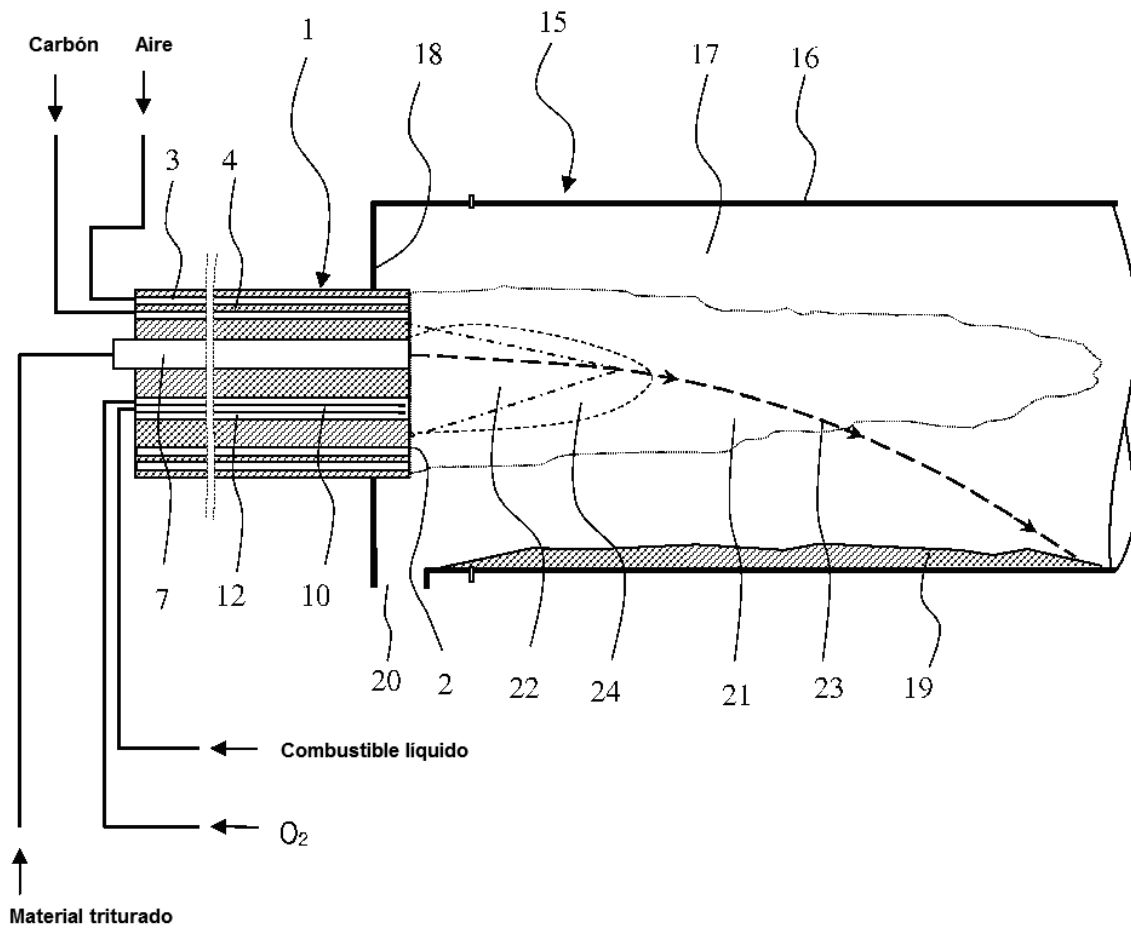


Fig. 2