

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 621 080**

51 Int. Cl.:

**F23D 14/20** (2006.01)

**F23D 14/22** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.03.2015 E 15157231 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.01.2017 EP 2916074**

54 Título: **Aparato quemador de combustible flexible y método para calentadores de combustión**

30 Prioridad:

**05.03.2014 US 201414197333**

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

**30.06.2017**

73 Titular/es:

**ZEECO INC. (100.0%)  
22151 East 91st Street  
Broken Arrow, OK 74014, US**

72 Inventor/es:

**ZINK, DARTON J;  
ISAACS, REX K;  
JAMALUDDIN, A.S. (JAMAL);  
BENSON, CHARLES E;  
PELLIZZARI, ROBERTO O;  
LITTLE, CODY L;  
MARTY, SETH A;  
IMEL, K. PARKER;  
BARNES, JONATHON E y  
PARKER, CHRIS S**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 621 080 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Aparato quemador de combustible flexible y método para calentadores de combustión

5 Esta invención se realizó con apoyo gubernamental en virtud del contrato n.º DE-EE0000069 otorgado por el Departamento de Energía de Estados Unidos. El Gobierno tiene ciertos derechos en la invención.

Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a aparatos quemadores y a métodos utilizados en calentadores de proceso, calderas, incineradores, y otros sistemas de calentamiento de combustión.

Antecedentes de la invención

15 Existe una necesidad de un quemador de combustible flexible para refinerías, plantas químicas y otras instalaciones que permitan la operación de calentadores de combustión que utilizan combustibles que van desde gases convencionales a biogases y gases sintéticos. El quemador preferiblemente será eficaz para quemar de forma segura y eficiente de una amplia gama de combustibles gaseosos de una manera rentable, mientras que también minimice las emisiones de contaminantes. Además, el quemador preferiblemente proporcionará un mecanismo de estabilización de la llama que permitirá que el quemador y el sistema de calentamiento de combustión se adapten de forma rápida y segura a cambios repentinos y amplios en el valor de calentamiento del combustible suministrado al quemador.

20 En una refinería de petróleo, la composición del combustible gaseoso de refinería generado por las operaciones de refinería variará considerablemente, y puede cambiar de repente, dependiendo de la configuración de la refinería y del estado operativo y de las características de las numerosas unidades de procesamiento dentro de la refinería. Por ejemplo, gas de escape Flexicoker es un gas de bajo BTU que se produce y se utiliza en muchas refinerías y que puede reducir de manera significativa el valor de calentamiento del combustible suministrado al quemador si se utiliza por separado o en combinación con otros gases.

25 Hasta ahora, cuando el valor de calentamiento o el suministro del combustible gaseoso de refinería ha sido bajo, el gas natural ha sido típicamente mezclado con los gases generados por la refinería para abastecer el resto de las necesidades de energía de la planta. Alternativamente, gas natural puede servir como combustible para una unidad dedicada o una planta entera.

30 Combustibles gaseosos de interés adicionales para su uso en calentadores de combustión incluyen digestores de biogás a partir de materia orgánica, incluyendo residuos animales y agrícolas, plantas de aguas residuales y vertederos; así como gases de síntesis de la gasificación de la biomasa, residuos sólidos urbanos, residuos de construcción, o residuos de refinería, tales como alquitrán, brea y coque de petróleo. Desafortunadamente, sin embargo, estos gases tienen típicamente valores de calentamiento muy bajos y pueden variar significativamente en composición.

35 El grado de intercambiabilidad de combustibles gaseosos para su uso en aplicaciones de combustión se puede evaluar mediante la determinación y la comparación de los números de Wobbe de los combustibles en cuestión. El número de Wobbe de un combustible gaseoso se determina dividiendo el valor de calentamiento más alto del combustible por la raíz cuadrada de su peso específico. Para el flujo incompresible a través de un orificio de combustible fijo con la presión de suministro de combustible constante, la tasa de flujo de energía (es decir, la tasa de combustión) de un combustible gaseoso será proporcional a su número de Wobbe.

40 Típicamente, los valores de número de Wobbe para los diferentes tipos de combustibles gaseosos antes mencionados son los siguientes: de 120 a 150 de gas de síntesis; de 500 a 600 para el biogás; de 1300 a 1400 para el gas natural; y de 1100 a 1500 para el combustible gaseoso de refinería. En consecuencia, para poder usar todos estos diversos tipos de combustibles de forma intercambiable en un sistema de combustión, se requeriría que el sistema de combustión acomodara más de un orden de magnitud de variación en el valor del número de Wobbe del combustible suministrado al quemador.

45 Hasta ahora, los quemadores disponibles en la técnica no han sido capaces de responder y adaptarse al valor de calentamiento y cambios de valores del número de Wobbe se acercan a esta magnitud de manera adecuada y eficaz. De hecho, la mayoría de los quemadores comerciales actualmente en servicio no son capaces de gestionar combustibles de bajo poder calorífico como biogás y gas de síntesis en absoluto. Los mecanismos de estabilidad de los quemadores disponibles actualmente en el mercado están diseñados típicamente para combustibles que se queman mucho más fácilmente. Por otra parte, cambiar rápidamente de un combustible a otro tensa la estabilidad del quemador aún más.

50 Por consiguiente, biogases, gases de síntesis y otros de tales gases de bajo valor de calentamiento son comúnmente considerados como que son esencialmente inutilizables, y al ser tan difíciles de quemar de manera

estabilizada, simplemente se queman, desperdiciando así el contenido de energía de estos gases y dando lugar a un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero.

5 El documento US 2013/0122440 describe un aparato quemador para un sistema de horno que tiene una serie de estructuras de eyección de combustible que rodean al menos parcialmente la pared de quemador para eyectar el combustible en una región de combustión que se proyecta desde el extremo delantero de la pared de quemador. Las estructuras de eyección eyectan preferentemente el combustible al exterior de la pared de quemador con inclinaciones variadas. Además, el aparato quemador incluye preferentemente al menos una serie adicional de estructuras de eyección de combustible que está separada radialmente hacia fuera desde la primera serie de estructuras de eyección.

10 El documento DE 60016106 T2 describe un quemador de gas que tiene conductos centrales de gas y líquido combustible, rodeado de un conducto de aire y conductos de gas adicionales que se extienden a través del conducto de aire. Los conductos de gases de escape se fijan en la cara exterior del conducto de aire mediante un enlace, que tiene propiedades de transferencia de calor.

15 El documento US 6.499.990 describe un quemador y un método para reducir emisiones de NO<sub>x</sub> de calentadores de proceso, calderas y otros sistemas de calentamiento que tienen los gases de combustión presentes en los mismos. La técnica implica la combustión de una sola etapa de combustible gaseoso que se eyecta fuera de una pared de quemador en el flujo de chorro libre, de tal manera que al menos una porción del gas de combustión es arrastrada en el combustible gaseoso a medida que se desplaza a una zona de combustión en el extremo delantero de la pared de quemador. Aire u otro gas que contiene oxígeno se suministra preferentemente a la zona de combustión a través de un paso interior. Una pluralidad de eyectores pueden estar situados fuera de la pared de quemador y el quemador puede comprender también una o más estructuras de impacto exteriores colocadas para ayudar en la mezcla adicional de los gases de combustión con el combustible.

#### Sumario de la invención

20 Realizaciones particulares y preferidas de la presente invención se exponen en las reivindicaciones independientes y dependientes que se acompañan.

25 Las realizaciones de la presente invención proporcionan un aparato quemador de combustible flexible, y un método de operación del quemador, que alivia los problemas descritos anteriormente. El quemador y el método de una realización permiten el uso intercambiable de los combustibles que tienen valores de número de Wobbe que van desde 1800 o más (por ejemplo, combustibles gaseosos convencionales de alto valor de calentamiento) a 100 o menos (por ejemplo, biogases y gases sintéticos de bajo valor de calentamiento). Las características de estabilización de llamas únicas proporcionadas por el quemador y el método de una realización también permiten que el quemador acomode de forma segura cambios repentinos y amplios en el valor de calentamiento del combustible suministrado al quemador, sin exhibir cambios notables en la estabilidad de la llama del quemador.

30 Además, el quemador de combustible flexible y el método de una realización generan niveles muy bajos de emisiones de NO<sub>x</sub> y CO. Además, al permitir el uso beneficioso de biogases, gas de síntesis, y otros gases de efecto calorífico mínimo, que simplemente hasta ahora se han dispuestos para la quema, el quemador de combustible flexible y el método de una realización operan para: reducir las emisiones de gases de efecto invernadero; reducir los costes de energía de la planta; reducir las emisiones de NO<sub>x</sub> y mitigar, en cierta medida, los aumentos en el precio del gas natural.

35 En un aspecto, se proporciona un aparato quemador para un sistema de calentamiento de combustión, de acuerdo con la definición de la reivindicación 1.

40 En otro aspecto, se proporciona un método de funcionamiento de un quemador que comprende las etapas como se define en la reivindicación 12.

#### Breve descripción de los dibujos

45 La presente invención se describirá adicionalmente, a modo de ejemplo solamente, con referencia a realizaciones de la misma como se ilustra en los dibujos adjuntos, en los que:

- 50 La figura 1 es una vista en sección en alzado de una realización 10 del conjunto de quemador de la invención.  
 55 La figura 2 es una vista en sección en alzado de una realización 20 de la pared de quemador del conjunto de quemador de la invención 10.  
 La figura 3 es una vista en planta de la pared de quemador 20 de la invención de una realización.  
 La figura 4 es una vista inferior de la pared de quemador 20.  
 60 La figura 5 es una vista en sección en alzado de una pieza terminal de cerámica delantera 47 de la pared de quemador 20.  
 65 La figura 6 es una vista en planta de la pieza terminal cerámica 47.

La figura 7 es una vista en sección en alzado esquemática de la pared de quemador 20.

La figura 8 es una vista en sección esquemática ampliada de la porción 59 de la pared de quemador 20 identificada en la figura. 7.

5 La figura 9 es una vista en perspectiva de una punta de eyección de combustible gaseoso 36 preferida para su uso en el conjunto de quemador 10.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

10 En el aparato quemador de la invención y el método de funcionamiento de una realización, se crea una zona inicial (primaria) de combustión y de estabilización de la llama mediante la combustión de una porción del combustible del quemador en una muesca exterior anular que se forma en y alrededor de, o por lo menos sustancialmente alrededor, del exterior de la pared cerámica del quemador. La muesca exterior anular está situada por detrás del extremo delantero del quemador y está preferiblemente configurada y dimensionada para recibir menos del 20 %, más preferiblemente de aproximadamente el 2 % a aproximadamente el 15 % y lo más preferiblemente de aproximadamente el 5 % a aproximadamente el 10 %, del total de combustible y aire en combustión en el quemador. 15 Los productos de combustión calientes producidos en esta zona primaria se canalizan hacia el extremo delantero de la pared de quemador donde se mezclan con y proporcionan una fuente de ignición para las principales corrientes de combustible y de aire en una zona secundaria de combustión y de estabilización, mejorando así adicionalmente el encendido y la estabilización de la llama principal del quemador en o cerca del extremo delantero de la pared de quemador. 20

A modo de ejemplo, una realización 10 del aparato quemador de la invención se ilustra en las figuras 1-8. El quemador 10 de la invención comprende una carcasa 12 y una pared de quemador 20. La pared de quemador 20 tiene: un eje longitudinal 21, una salida o extremo delantero 22, un extremo de base 23, y un paso central o cuello 26 que se extiende a través de la misma. La pared de quemador 20 se construye preferiblemente de un material cerámico de quemador refractario de alta temperatura. 25

El extremo de salida 22 del quemador 10 está en comunicación con el interior del calentador, caldera, incinerador, u otro recinto del sistema de calentamiento de combustión en el que tiene lugar la combustión y que, por lo tanto, contiene gases producto de la combustión (es decir, gases de combustión). El quemador 10 se muestra como instalado a través de un suelo del horno o de otra pared 32, típicamente formada de metal. El material aislante 30 típicamente se fija en el interior de la pared 32 del horno. 30

El aire de combustión u otro gas que contiene oxígeno 28 es recibido en la carcasa 12 y es dirigido por la misma en el extremo de entrada 23 del cuello 26 del quemador. El aire 28 sale del quemador en el extremo de salida 22 del mismo. Como se comprenderá, la cantidad de aire de combustión que entra en la carcasa 12 se puede regular, por ejemplo, mediante una válvula de mariposa de entrada de aire de combustión. El aire 28 se puede proporcionar a la carcasa 12 según sea necesario mediante circulación forzada, corriente inducida, corriente equilibrada, corriente natural, o de cualquier otra manera empleada en la técnica. 35

Un piloto quemador 72 preferiblemente se encontrará dentro del paso central 26 de la pared de quemador 20 para iniciar la combustión en el extremo exterior 22 del quemador. Como se entenderá por los expertos en la técnica, la unidad del quemador 10 también puede incluir una o una pluralidad de pilotos auxiliares 75. Alternativamente, o, además, la muesca exterior anular 35 (descrita más adelante) del quemador 10 según la invención se puede utilizar como un piloto mediante la alimentación de gas natural a la muesca 35 a través de uno o más de los canales de suministro de aire 40 (descritos a continuación) del quemador 10 según la invención y proporcionando un encendedor de chispa o de superficie caliente para encender un segmento de la muesca exterior anular 35. 40 45

La pared de quemador 20 del quemador 10 según la invención puede ser circular, cuadrada, rectangular, o en general cualquier otra geometría deseada. La pared de quemador 20 tendrá preferiblemente una forma de sección transversal circular o sustancialmente circular. 50

La pared de quemador 20 del aparato quemador 10 según la invención comprende preferiblemente: una muesca exterior anular 35 como se ha mencionado anteriormente, que está dispuesta en, y rodea o al menos rodea sustancialmente, el exterior 38 que se extiende longitudinalmente de la pared de quemador 20; una pluralidad de canales de suministro de aire primarios 40 que están formados dentro y se extienden longitudinalmente a través de la pared de quemador 20 desde el extremo 23 de la base de la pared de quemador 20 a la muesca exterior anular 35; y una pluralidad de canales de descarga de gas producto de la combustión primarios 41 que están formados dentro y se extienden longitudinalmente a través de la pared de quemador 20 de la muesca exterior anular 35 al extremo exterior (hacia delante) 22 de la pared de quemador 20. 55 60

En el aparato quemador 10 de la invención, una parte del combustible gaseoso (preferiblemente menos del 20 % del combustible total de gas) se quema en, y típicamente también en cierta medida fuera de, la muesca exterior anular 35 para proporcionar una zona inicial (primaria) de combustión y de estabilización de la llama 14. La zona principal de combustión 46 del quemador 10 de la invención, sin embargo, está situada por delante de la muesca exterior anular 35 y, preferiblemente, comienza en o cerca del extremo delantero 22 de la pared de quemador 20. 65

La pared de quemador 20 se puede formar tanto de una sola pieza cerámica refractaria o de una pluralidad de piezas montadas. La pared de quemador 20 está formada preferentemente de dos piezas que comprenden: (a) una pieza cerámica de base 43 que se extiende longitudinalmente que tiene una ranura 44 formada alrededor de su extremo distal 45 y (b) una pieza terminal cerámica delantera 47 que está unida al extremo distal 45 de la pieza cerámica de base 43 usando mortero o cualquier otro material o medios de fijación adecuados. La unión de la pieza terminal cerámica 47 al extremo distal 45 de la pieza cerámica de base 43 cierra el extremo delantero de la ranura distal 44 de la pieza cerámica de base 43, de manera que la ranura distal 44 de la pieza cerámica de base 43 forma la muesca exterior anular 35 en la estructura de la pared de quemador montada. Además, esta realización de dos piezas permite que los canales de descarga de gas producto de la combustión primarios 41 se formen convenientemente en la pieza terminal cerámica 47 antes del montaje, y también permite que los canales de suministro de aire primarios se formen por separado antes del montaje en la pieza de base 43.

Una serie 15 de las puntas de eyección primarias, boquillas, o de otras estructuras eyectoras de combustible gaseoso primarias 25 rodean preferiblemente, al menos sustancialmente, y lo más preferiblemente, rodean por completo, la pared de quemador 20. Los eyectores de combustible primarios 25 están colocados preferiblemente longitudinalmente por detrás de y lateralmente hacia fuera desde la muesca exterior anular 35.

En una realización 10 del quemador de la invención, cada eyector principal 25 se representa como que comprende una punta de eyección de combustible primaria 36 fijada sobre el extremo de un tubo de combustible 37. Cada tubo de combustible 37 está en comunicación con un colector de suministro de combustible primario 34 y puede, por ejemplo, o bien (a) extenderse a través de una porción de faldón exterior inferior de la pieza cerámica 20, (b) fijarse dentro del material aislante 30 unido a la pared del horno 32, o (c) extenderse a través de un material de aislamiento de relleno (por ejemplo, un material de manta 78 aislante de alta temperatura suave) instalado entre el extremo inferior de la pieza cerámica 20 del quemador y el material aislante de la pared del horno 30. Aunque los tubos de combustible 37 están conectados preferiblemente a un colector de suministro de combustible primario 34, se entenderá que cualquier otro tipo de sistema de suministro de combustible, alternativamente, se puede utilizar en la presente invención.

Las boquillas de flujo de al menos algunos de los eyectores 25 de la serie primaria de eyectores 15 están orientadas para la descarga de al menos una porción del combustible gaseoso en un régimen de flujo en chorro hacia y dentro de la muesca exterior anular 35. Preferiblemente, un primer conjunto de los eyectores 25 en la serie primaria 15 están orientados para suministrar una parte del combustible gaseoso al interior de la muesca exterior anular 35 y un segundo conjunto (es decir, el resto) de los eyectores primarios 25 están orientados para ofrecer una porción del combustible gaseoso por delante de la muesca exterior anular 35.

Más preferiblemente, el primer conjunto de eyectores primarios 25 están orientados para ofrecer una porción del combustible gaseoso hacia el borde exterior 48 de la pared lateral trasera 49 de la muesca exterior 35 y el segundo conjunto de eyectores primarios están orientados para suministrar una porción del combustible gaseoso al borde exterior 51 del extremo delantero 22 de la pared de quemador 20. En este escenario, el borde exterior posterior 48 de la muesca exterior 35 y el borde exterior anterior 51 en el extremo 22 de la pared de quemador 20 funcionan como estructuras de impacto que disminuyen el impulso de flujo y/o aumentan la turbulencia de los flujos de combustible gaseoso suficientemente para promover la entrada de gas de combustión y la mezcla al tiempo que permite los flujos respectivos fluyan a las zonas de combustión primarias (iniciales) y secundarias (principales) 14 y 46. Las zonas calientes de baja presión creadas al ponerse en contacto con los bordes del material refractario 48 y 51 contribuyen aún más a la combustión mejorada y a la estabilidad de la llama proporcionada por el quemador 10 de la invención.

En una disposición preferida, el primer conjunto de eyectores 25 en la serie primaria 15 (es decir, los eyectores primarios que están dirigidos hacia la muesca exterior 35) están dispuestos en una relación de alternancia con el restante segundo conjunto de eyectores primarios 25, de modo que (a) un primer eyector principal 25 eyectará combustible gaseoso en la muesca exterior 35, (b) el eyector principal inmediatamente posterior 25 eyectará combustible gaseoso por delante de la muesca exterior 35, (c) el eyector principal inmediatamente posterior 25 eyectará combustible gaseoso en la muesca exterior 35, (d) etc. En otras palabras, en esta realización, cada otra punta 25 en la serie primaria 15 está orientada para eyectar combustible gaseoso en la muesca exterior anular 35.

Dado que preferiblemente menos del 20 % (más preferiblemente de aproximadamente el 2 % a aproximadamente el 15 % y lo más preferiblemente de aproximadamente el 5 % a aproximadamente el 10 %) del combustible gaseoso total utilizado en el quemador 10 es suministrado a la muesca exterior anular 35 del quemador 10, los orificios de flujo del primer conjunto de eyectores 25 en la serie primaria 15 están dimensionados para suministrar colectivamente esta cantidad de combustible gaseoso a la muesca 35 a una velocidad de chorro libre. Los orificios de todos los otros eyectores utilizados en el aparato quemador 10 de la invención, por otra parte, están dimensionados preferiblemente para suministrar colectivamente el resto del combustible gaseoso a una o más ubicaciones más allá de la muesca exterior anular 35.

Por consiguiente, a modo de ejemplo, pero no a modo de limitación, si la serie primaria 15 de eyectores 25 es la única serie de eyectores incluida en el quemador 10 de la invención y los eyectores primarios 25 están dispuestos

en una relación de alternancia, de modo que aproximadamente la mitad de los eyectores primarios se orienta para eyectar combustible gaseoso en la muesca exterior 35, a continuación, los orificios de flujo de la otra mitad de los eyectores primarios 25 serán de un tamaño para descargar al menos el 80 %, más preferiblemente de aproximadamente el 85 % a aproximadamente el 98 %, y más preferiblemente de aproximadamente el 90 % a aproximadamente el 95 %, del total de combustible gaseoso.

El número y el tamaño de los canales de suministro de aire primarios 40 que se extiende longitudinalmente dentro de la pared de quemador 20 a la muesca exterior anular 35 preferiblemente será suficiente para suministrar la cantidad de aire de combustión necesaria para obtener una relación de combustión de aire/combustible deseada en la zona de combustión primaria 14. Esta cantidad de aire normalmente será menor del 20 %, más preferiblemente de aproximadamente el 2 % a aproximadamente el 15 % y lo más preferiblemente de aproximadamente el 5 % a aproximadamente el 10 %, del aire de combustión total utilizado en el quemador 10.

Los canales de suministro de aire primarios 40 preferentemente se disponen en una serie continua dentro de la pared de quemador 20. Además, el número de canales de suministro de aire primarios 40 será preferiblemente el mismo que el número de eyectores 25 en la serie primaria 15 de eyectores que rodea la pared de quemador. Más preferiblemente, un canal de suministro de aire primario 40 estará colocado adyacente a cada uno de los eyectores primarios 25 que rodea la pared de quemador 20. Además, el diámetro o la anchura de los canales de suministro de aire primarios 40 serán preferiblemente menos del 50 %, más preferiblemente menos del 33 %, de la anchura lateral de la muesca externa anular 35.

De manera similar a los canales de suministro de aire 40, los canales de descarga de gas producto de la combustión primarios 41 también preferiblemente están dispuestos en una serie continua dentro de la parte exterior de la pared de quemador 20. Los canales de descarga de productos de combustión 41 preferiblemente se dimensionan para permitir que los gases producto de la combustión producida en la muesca exterior anular 35 fluyan a través de los canales de descarga de productos de combustión 41 hacia el extremo de salida 22 de la pared de quemador 20. Para proporcionar una mayor estabilización para la llama principal del quemador 10, la forma de sección transversal, la orientación y la ubicación de los canales de descarga de productos de combustión primarios 41 preferiblemente se seleccionan para aumentar el tamaño y la fuerza de las zonas de recirculación establecidas en las aberturas de descarga 52 de los canales 41 en el extremo de salida 22 de la pared de quemador 20.

Los canales de descarga del producto de combustión primarios 41 son preferiblemente rectangulares, pero podrían ser circulares u otras formas deseadas. Además, las aberturas de descarga 52 de los canales de descarga de productos de la combustión primarios 41, rodean preferiblemente, o sustancialmente están alrededor de, la abertura de descarga exterior del paso de aire central 26 de la pared de quemador 20 y también proporcionan preferiblemente una longitud abierta o longitud de arco combinada total que es de aproximadamente el 30 % a aproximadamente el 70 %, más preferiblemente de aproximadamente el 40 % a aproximadamente el 60 % y lo más preferiblemente de aproximadamente el 50 % de la distancia total alrededor (por ejemplo, la circunferencia de, en el caso de un quemador redondo) el extremo exterior 22 de la pared de quemador 20.

A pesar de que otras formas de sección transversal, alternativamente, se pueden utilizar, la muesca exterior anular 35 proporcionada alrededor de la pared de quemador 20 preferiblemente tiene una forma longitudinal rectangular cuadrada u otra sección transversal que está unida por tres superficies refractarias, es decir, la pared interna lateral posterior 49 de la de la muesca exterior 35, una pared lateral interna anterior 53, y la pared longitudinal interior 64. A excepción de los canales de suministro de aire y de descarga de productos de combustión 40 y 41, la única área abierta de la muesca exterior anular 35 es su cara exterior que se extiende longitudinalmente 54, la cual recibe la radiación desde la cámara del horno. En consecuencia, la pérdida neta de calor de la zona de combustión primaria 14 es muy baja, lo que aumenta aún más la estabilidad de la zona de combustión primaria 14. Además, una porción del producto gaseoso de combustión caliente producido en la muesca exterior 35 puede salir de la muesca 35 a través de su cara exterior abierta 54 para proporcionar una fuente de ignición adicional al borde exterior anterior 51 de la pared de quemador 20.

Además, la geometría de la muesca exterior anular 35, la forma de suministro de la corriente de combustible a través de la cara externa abierta 54 de la muesca 35, la ubicación interna de las aberturas de descarga 55 de los canales de suministro de aire primarios 40, y la ubicación interna de las aberturas de entrada 56 de los canales de descarga de gas de combustión primarios 41 funcionan juntos para crear y accionar una zona de circulación toroidal dentro de la muesca exterior anular 35. La circulación y mezcla del combustible, aire, y productos de combustión calientes resultante dentro del toroide sirven para encender el combustible entrante y para proporcionar suficiente tiempo de residencia para que se produzca la combustión, por lo tanto, aumentando aún más la estabilidad de la zona de combustión primaria y de estabilización 14.

En lo que respecta a la geometría de la sección transversal interna de la muesca exterior anular 35, las aberturas de descarga internas 55 de los canales de suministro de aire primarios 40 están situadas preferiblemente de modo que las líneas centrales que se extienden longitudinalmente de los canales de suministro de aire 40 están lateralmente fuera de la línea central que se extiende longitudinalmente 58 de la muesca de combustión exterior anular 35. Este posicionamiento permite que la corriente de aire conduzca la circulación toroidal en la dirección deseada. Además,

para impulsar aún más la circulación y para evitar que las corrientes de aire primarias pasen directamente a través de la muesca de combustión anular 35, la serie de aberturas de entrada internas 56 de los canales de descarga de gas producto de la combustión primarios 41 se desplaza preferiblemente lateralmente hacia dentro a partir de la serie de aberturas de suministro de aire internas 55. Además, las líneas centrales que se extienden longitudinalmente desde los canales de descarga de gas de combustión primarios 41 están posicionadas preferentemente lateralmente en el interior de la línea central que se extiende longitudinalmente 58 de la muesca exterior anular 35. Además, para promover también una fuerte circulación dentro de la muesca exterior anular 35, la muesca 35 tendrá preferiblemente una relación de aspecto de la sección transversal (anchura longitudinal/profundidad lateral) de aproximadamente 0,9 a aproximadamente 1,5.

Para proporcionar mayor flexibilidad para la quema de combustible de bajo poder calorífico y para responder a cambios bruscos repentinos en el valor del número de Wobbe del combustible entrante, el quemador 10 de la invención preferiblemente también incluye una serie 15' de puntas de eyección, boquillas secundarias, u otro eyectores de combustible 25' que rodean preferiblemente, al menos sustancialmente, y más preferiblemente rodea completamente, y está separada radialmente hacia fuera desde, la serie 15 de eyectores primarios 25. Los eyectores de combustible secundarios 25' se colocan preferentemente longitudinalmente hacia atrás y lateralmente hacia fuera de desde el extremo delantero 22 de la pared de quemador 20.

Cada eyector secundario 25' comprende preferiblemente una punta de eyección de combustible secundaria 36' fijada sobre el extremo de un tubo de suministro de combustible que está conectado a un colector de suministro de combustible secundario 34'. Aunque los tubos de combustible secundarios para las puntas de eyección secundarias 36' están conectados preferiblemente a un colector de suministro de combustible secundario 34', se entenderá que cualquier otro tipo de sistema de suministro de combustible, alternativamente, podría ser utilizado para los eyectores secundarios 25'.

La serie 15' de las puntas secundarias de eyección, boquillas, u otras estructuras secundarias de eyección de combustible 25' están preferiblemente separadas radialmente hacia fuera de la serie 15 de las estructuras de eyección de combustible gaseoso primarias 25 una distancia de al menos aproximadamente 0,5 pulgadas (13 mm). Aunque mayores separaciones se pueden utilizar para los quemadores más grandes, típicamente se prefiere que la serie 15' de eyectores de combustible secundarios 25' esté espaciada radialmente hacia fuera de la serie 15 de eyectores de combustible primarios 25 por una distancia en el intervalo de aproximadamente 1,5 a aproximadamente 7,5 pulgadas (38-191 mm), lo más preferiblemente de aproximadamente 2 a aproximadamente 4,5 pulgadas (51-114 mm).

El quemador 10 de la invención ilustrado en la figura 1 también incluye, además, una tercera serie 15" opcional de puntas de eyección, boquillas, o de otras estructuras de eyección de combustible 25", que preferiblemente rodea sustancialmente, y más preferiblemente rodea completamente, y está separada radialmente hacia fuera desde, la serie 15' de eyectores secundarios 25'. Los eyectores 25" están colocados preferiblemente longitudinalmente por detrás de y lateralmente hacia fuera desde el extremo delantero 22 de la pared de quemador 20.

Cada eyector 25" comprende preferiblemente una punta de eyección de combustible 36" fijada sobre el extremo de un tubo de suministro de combustible que está conectado a un tercer colector de suministro de combustible 34". Aunque los tubos de combustible para las puntas de eyección 36" están conectados preferiblemente a un tercer colector de suministro de combustible 34", se entenderá que cualquier otro tipo de sistema de suministro de combustible, alternativamente, podría ser utilizado para los eyectores 25".

Aunque las tres series 15, 15' y 15" de puntas de eyección, boquillas, u otras estructuras de eyección de combustible gaseoso se ilustran en la figura 1, también se entenderá que se podrían utilizar alternativamente cuatro o más series de eyectores circundantes. Cada serie sucesiva de eyectores de combustible estará preferiblemente separada radialmente hacia fuera de la serie anterior de eyectores de combustible en al menos 0,5 pulgadas (13 mm), más preferiblemente de aproximadamente 1,5 a aproximadamente 7,5 pulgadas (38-191 mm), y lo más preferiblemente de aproximadamente 2 a aproximadamente 4,5 pulgadas (51-114 mm).

La incorporación de una, dos o más series adicionales 15', 15" de puntas de eyección de combustible gaseoso en el aparato quemador 10 según la invención aumenta el área de puerto disponible para combustibles de bajo número de Wobbe. Además, el mayor número de chorros de combustible aumenta la velocidad de mezcla de gases de combustión con el combustible, produciendo emisiones inferiores de NO<sub>x</sub>. Por otra parte, mediante la apertura secuencial de colectores de combustible exteriores adicionales al disminuir el valor del número de Wobbe del combustible gaseoso, la presión del colector de gas se puede mantener dentro de un intervalo necesario para características efectivas de mezcla de chorro. Por lo tanto, una mayor variedad de combustibles puede quemarse mientras se logra una fuerte estabilización de la llama, buena forma de la llama, y bajas emisiones de NO<sub>x</sub>.

Además, a medida que el número de Wobbe disminuye y se activa cada serie exterior adicional de eyectores, se quema proporcionalmente menos combustible desde la serie de colectores de inyección primarios 15. En consecuencia, la relación de equivalencia de la mezcla de gas y aire dentro de la zona de combustión primaria 14 proporcionada por la muesca 35 se vuelve más delgada con la disminución del número de Wobbe. En otras

palabras, aunque una mezcla rica, todavía inflamable, se crea de manera deseable en la muesca exterior anular 35 cuando se queman combustibles con altos números de Wobbe, la mezcla deseable se convierte en más delgada (es decir, tiene una proporción de combustible a aire) inferior al quemar combustibles de bajo número de Wobbe. Además, las emisiones totales de  $\text{NO}_x$  del quemador se reducen al mínimo mediante la quema de solo una pequeña cantidad de combustible en la región de la muesca.

En el método de una realización de la presente invención, la activación o desactivación secuencial de los colectores de combustible exteriores adicionales preferiblemente se controla automáticamente mediante (a) la monitorización de al menos un parámetro que es eficaz para indicar una reducción o aumento en el valor del número de Wobbe del combustible gaseoso y (b) la activación o desactivación de una serie secundaria de las estructuras de eyección de combustible (por ejemplo, un colector de eyección secundaria) cuando el parámetro alcanza un valor predeterminado. En consecuencia, por ejemplo, si el quemador 10 de la invención se opera usando solo su serie primaria 15 de eyectores 25, la serie secundaria 15' de eyectores 25' se activa automáticamente si el(los) parámetro(s) monitorizado(s) alcanza(n) un valor predeterminado que indica una disminución suficiente en el valor del número de Wobbe del combustible. Posteriormente, si el valor del número de Wobbe del combustible continuó disminuyendo de tal manera que el(los) parámetro(s) monitorizado(s) volvió a alcanzar un valor predeterminado, la tercera serie 15" de eyectores 25" también se activa automáticamente.

A modo de ejemplo, pero no a modo de limitación, el parámetro monitorizado puede incluir o consistir en la presión del combustible gaseoso del anillo(s) de eyección interior, de tal manera que un anillo exterior adicional de eyectores podría ser activado automáticamente cuando se alcanza el máximo de la presión disponible para el(los) anillo(s) interior(es). Alternativamente, los ejemplos de otros parámetros que pueden ser monitorizados y utilizados con fines de control incluyen, pero no se limitan a, la composición y/o el número de Wobbe del combustible.

Cada una de las puntas de eyección de combustible gaseoso 36, 36' y 36" en las series primaria, secundaria y terciaria de las puntas de eyección puede tener cualquier número deseado de puertos de eyección previstos en las mismas. Estos puertos también pueden ser de cualquier forma deseada y pueden ser dispuestos para proporcionar, en general, cualquier patrón deseado o el régimen del flujo de combustible gaseoso fuera de la pared de quemador 20. Ejemplos de formas de puerto de eyección adecuadas incluyen, pero no se limitan a los círculos, elipses, cuadrados, rectángulos, y orificios de eyección de tipo supersónico.

Cada una de las puntas de eyección 36, 36' y 36" empleadas en el quemador 10 tendrá más preferiblemente solamente un único puerto de eyección proporcionado en la misma. El puerto de eyección individual proporcionado en cada punta de eyección 36, 36' y 36" puede ser de cualquier forma capaz de proporcionar el flujo de chorro libre y el grado de arrastre y de mezcla deseado. Además, los orificios de eyección individuales de todas las puntas de eyección 36, 36', y 36" pueden ser de la misma forma o pueden ser de cualquier combinación deseada de diferentes formas aceptables. Típicamente, los puertos de eyección de las puntas 36, 36' y 36" serán, o tendrán un tamaño equivalente a, un puerto circular que tiene un diámetro en el intervalo de aproximadamente 0,062 a aproximadamente 0,50 pulgadas (1,57-13 mm).

Dependiendo principalmente del tamaño del quemador y de las necesidades de capacidad de la aplicación particular en cuestión, en general, se puede utilizar cualquier número y separación de los eyectores 25, 25', y 25" en la serie primaria, secundaria, o terciaria 15, 15', o 15". La separación entre pares adyacentes de eyectores típicamente será la misma, pero puede ser diferente. Pares de eyectores 25', 25', o 25' adyacentes estarán preferentemente separados a una distancia suficiente, de tal manera que, eyectores vecinos no interferirán entre sí en lo que respecta al arrastre de chorro libre de gas de combustión en las corrientes eyectadas. Cada par adyacente de eyectores estará típicamente separado al menos 0,25 pulgadas (6,4 mm) (más típicamente al menos 1,5 pulgadas (38 mm)). Cada par de eyectores primarios 25 adyacentes estará más preferiblemente separado alrededor de 1,5 pulgadas a aproximadamente 2,2 pulgadas de distancia (38-56 mm).

Cada una de las puntas de eyección de combustible primarias, secundarias y terciarias 36, 36' y 36" que se utiliza en el quemador 10 de la invención preferiblemente será de un tipo como se muestra y se describe en la patente US n.º 6.626.661. Una estructura de punta de eyección 36, 36', 36" particularmente preferida se muestra en la figura 9.

Estas configuraciones de punta reducen la obturación y la coquización generalmente asociadas con la mayoría de los problemas de estabilidad del quemador. También tienen menos masa y la zona menos expuesta reduce el aumento de la temperatura y, por lo tanto, reduce la coquización. Además, la probabilidad de obturación se reduce aún más, ya que tiene, preferiblemente, un solo puerto perforado en la punta. Además, las formas aerodinámicas de estas puntas mejoran adicionalmente la mezcla de gases inertes con el combustible gaseoso eyectado desde la punta. La forma de tipo "lámina de aire" aumenta el flujo de productos inertes de combustión en torno a la punta para una mayor mezcla que a su vez reduce las emisiones de  $\text{NO}_x$ .

Además, el uso preferente de solo un (1) puerto perforado en la punta contribuye a la relación de rechazo significativamente mejorada proporcionada por la unidad del quemador 10 según la invención. Además, dado que estas puntas no requieren puertos de encendido y, por lo tanto, permiten el uso de puertos de combustible más pequeños, más puntas pueden colocarse de manera uniforme alrededor de la pieza cerámica del quemador, lo que



permite que el quemador mezcle de manera más uniforme el combustible gaseoso y el aire de combustión juntos, lo que permite el quemador funcione con menor exceso de aire.

El siguiente ejemplo está destinado a ilustrar, pero de ninguna manera limitar, la invención reivindicada.

5 Ejemplo

Las pruebas se realizaron utilizando un conjunto de quemador 10 de la invención como se ilustran en las figuras 1 a 9. El conjunto de quemador 10 tenía: una tasa de combustión de diseño de 5 MMBTU/Hr (1,47 MW); un quemador de pared circular 20; un diámetro exterior en el extremo delantero 22 de la pared de quemador 20 de 18,5 pulgadas (470 mm); un diámetro interior en el extremo de descarga del cuello del quemador de 11,75 pulgadas (298,5 mm); una muesca de combustión exterior anular circular 35 formada en la pared de quemador y que tiene una profundidad radial de 1,75 pulgadas (44,5 mm) y una anchura longitudinal de 1,5 pulgadas (38 mm); un total de 34 canales de suministro de aire primarios 40 cónicos que tiene un diámetro de entrada de 0,75 pulgadas (19,1 mm) en el extremo de base de la pared de quemador y un diámetro extremo de salida de 0,625 pulgadas (15,9 mm) en la muesca anular 35; un anillo primario 15 de eyectores que tienen un total de 34 puntas de eyección primarias 25; dos anillos exteriores adicionales 15' y 15" de puntas de eyección circundantes y un total de 17 ranuras de descarga de productos de la combustión primarias 41 rectangulares, que tienen cada uno una longitud de arco de 10,59° y una anchura radial de 0,75 pulgadas (19,1 mm). En la muesca exterior anular 35, las aberturas de entrada de las ranuras de productos de combustión 41 se desplazaron radialmente hacia el interior desde las aberturas de descarga de los canales de suministro de aire primarios 40 en 0,75 pulgadas (19,1 mm).

En las simulaciones del conjunto de quemador 10 realizadas utilizando Modelado de Dinámica de Fluidos Computacional, el quemador funciona con éxito con los combustibles que van desde el gas de síntesis que tiene un número de Wobbe de solamente 117 a gas natural que tiene un número de Wobbe de 1346.

En las pruebas reales, la unidad de quemador 10 de la invención se montó verticalmente en un horno de paso único que tiene unas dimensiones de 7 pies de largo por 5 pies de ancho por 45 pies de altura (213 x 152 x 1372 cm). El horno tenía seis tubos de paso único, de agua que van desde la parte superior a la parte inferior del calentador para eliminar el calor. Los tubos se cubrieron con aislamiento de fibra de cerámica de 1 pulgada (2,54 cm) de espesor desde el suelo hasta seis pies (182,88 cm) por encima del suelo. Las porciones restantes de los tubos se dejaron al descubierto.

La unidad del quemador se quemó con éxito utilizando cada uno de los combustibles gaseosos identificados en la Tabla 1 siguiente. Los combustibles gaseosos tuvieron valores de número de Wobbe que van desde 116,5 hasta 1339,5. Muestras de emisión fueron extraídas en la base de la pila de horno por debajo de la compuerta de la pila. La temperatura de la cámara de combustión se mide con un termopar de velocidad situado a unos 14 pies (427 cm) por encima del suelo del horno. La temperatura del suelo se midió a través de la puerta del horno con un termopar de velocidad situado alrededor de 1,5 pies (46 cm) por encima del suelo del horno.

40 La corriente del horno se midió en el suelo del horno.

Tabla 1

Composición	Carbón % en volumen	Gas Natural % en volumen	Biogás % en volumen	Tierra de relleno % en volumen	Biomasa % en volumen	Madera % en volumen
CH4 (metano)	1,00 %	94,00 %	56,00 %	52,00 %		3,00 %
C2H6 (etano)		2,00 %				
C3H8 (propano)		2,00 %				
CO2	2,00 %		36,00 %	47,00 %	8,00 %	9,00 %
H2O					9,00 %	
O2						
N2	65,00 %	2,00 %	8,00 %	1,00 %	45,00 %	50,00 %
SO2						
H2S						
CO	28,00 %				20,00 %	20,00 %
NH3						
H2	4,00 %				18,00 %	18,00 %
AR						
Total (% en volumen)	100,00 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Exceso de O2 (% en volumen)	1,53 %	3,00 %	2,79 %	2,75 %	1,80 %	1,93 %
TEMP (°F)	70	70	70	70	70	70

## ES 2 621 080 T3

Composición	Carbón % en volumen	Gas Natural % en volumen	Biogás % en volumen	Tierra de relleno % en volumen	Biomasa % en volumen	Madera % en volumen
LHV (Btu/scf)	109,9	933,1	509,0	472,7	113,5	140,8
HHV (Btu/scf)	112,9	1035,1	565,6	525,2	122,5	152,8
S.G.	0,94	0,60	0,94	1,02	0,82	0,84
M.W.	27,20	17,29	27,16	29,40	23,73	24,44
Índice de Wobbe	116,5	1339,5	584,0	521,3	135,4	166,4

Después de que se hubieran realizado las pruebas suficientes para asegurar y confirmar la correcta ejecución en el intervalo anteriormente identificado de los combustibles, el quemador se trasladó a, y se montó horizontalmente en, un segundo horno para realizar más ensayos de combustibles de origen biológico. El segundo horno era un horno de tipo cabina de un solo paso que era de aproximadamente 37 pies de largo por 12 pies de alto por 6,8 pies de ancho (1128 x 366 x 207 cm) (dentro de los tubos al interior de los tubos). El horno tenía dos conjuntos de bancos de tubos a lo largo de las paredes del horno. El conjunto oeste (el más cercano al quemador) tenía nueve tubos horizontales de un solo paso, de agua (cuatro en el lado sur y cinco en el lado norte) que va desde alrededor de 2 a 25 pies (61-762 cm) desde el extremo del quemador del calentador. Los tubos se dejaron al descubierto para maximizar la transferencia de calor. El banco este constaba de 24 tubos horizontales de un solo paso de agua (12 en cada lado) que va desde aproximadamente 26 a 36 pies (792-1097 cm) desde el extremo oeste del calentador. Estos tubos también se dejaron al descubierto para maximizar la transferencia de calor.

Las muestras de gases para las emisiones fueron extraídas de la base de la pila del horno por debajo de la compuerta de la pila. La temperatura de la cámara de combustión se midió con un termopar de velocidad situado a 16 pies (488 cm) del quemador. La temperatura de la pila se midió en la base de la pila debajo de la compuerta de pila. La corriente del horno se midió en la pared de quemador montado.

Los resultados del ensayo para el montaje del quemador 10 según la invención que funcione con gas natural y el combustible de origen biológico simulado se proporcionan en la siguiente Tabla 2. El biocombustible representaba una de las composiciones más difíciles con respecto a la estabilización de la llama, dado que la especie reactiva primaria fue el metano y el nivel de dilución con dióxido de carbono fue alto.

Tabla 2

	1	2
COMBUSTIBLE GASEOSO	Gas natural	Bioderivados
Gas natural %	100,0	52,0
Dióxido de carbono %	-	48,0
DATOS DE COMBUSTIBLE GASEOSO		
Liberación de calor MMBTU/HR.	5,000	5,000
Presión interior del colector PSIG	4,6	2,6
Temperatura interior del colector F.	39	37
Presión del colector central PSIG	0,1	4,4
Temperatura del colector central F.	52	50
AIRE DE COMBUSTIÓN		
Temperatura del aire ambiente F.	42	40
Humedad relativa %	88	89
Presión barométrica en Hg.	30,29	30,30
Corriente del horno en W.C.	0,31	0,31
Ajuste de la puerta de aire	3,75	4,50
T.V. Ajuste de la puerta de aire (en abierto)	F/O	F/O
DATOS DE EMISIONES		
Oxígeno % (Base Drv)	2,9	3,1
CO VMDP	0,0	0,0
NO <sub>x</sub> PPMV	19,8	9,9
Temperatura de la cámara de combustión F.	1593	1607
Temperatura del suelo F.	1470	1485
Longitud de la llama visible Ft.	8-9	8-9
Ancho de la llama visible Ft.	3-4	3-4

Para el funcionamiento con gas natural, se inyectó esencialmente todo el combustible a través del anillo interior 15 de las puntas 25 del conjunto de quemador 10. Debido al menor número de Wobbe del biocombustible, se utilizaron tanto el anillo interior 15 como el anillo central 15' de puntas. Para cada combustible, las llamas se establecieron dentro de la muesca exterior anular 35. Los productos calientes que salen de la muesca 35 soportan la estabilización

de la llama principal en la superficie de extremo exterior de la pieza cerámica 22.

Los niveles de emisión de contaminantes a la atmósfera cuando se opera con un 15 por ciento de exceso de aire fueron bajos para cada combustible. Las concentraciones de monóxido de carbono estaban por debajo de 1 ppm. La concentración de NO<sub>x</sub> para el funcionamiento con gas natural fue de alrededor de 20 ppm. Para el biogás simulado este nivel se redujo a aproximadamente 10 ppm.

Las contenciones de llama visible para estos combustibles fueron similares. Con la tasa de combustión de diseño de 5 MMBTU/hr (1,47 MW), la longitud de la llama era de unos 8,5 pies (259 cm) y el diámetro era de unos 3,5 pies (107 cm).

Estas pruebas demostraron que el quemador de combustible flexible según la invención es capaz de utilizar combustibles que tienen más de una variación de orden de magnitud en el número de Wobbe, manteniendo llamas estables y la generación de niveles muy bajos de emisiones de NO<sub>x</sub> y CO. Cambios bruscos y amplios en el valor calorífico del combustible se alojan sin cambios notables en la estabilidad de la llama.

Por lo tanto, las realizaciones de la presente invención están bien adaptadas para llevar a cabo los objetivos y alcanzar los fines y las ventajas mencionados anteriormente, así como aquellos inherentes a la misma. Por otra parte, la invención no está limitada en su aplicación a los detalles de las realizaciones preferidas y las etapas descritas en este documento. Aunque las realizaciones actualmente preferidas se han descrito para los propósitos de esta descripción, numerosos cambios y modificaciones serán evidentes para los expertos normales en la técnica. Tales cambios y modificaciones están comprendidos dentro de esta invención como se define por las reivindicaciones. Además, la fraseología y terminología empleadas en el presente documento son para el propósito de descripción y no de limitación.

También se comprenderá por los expertos en la técnica que, a menos que se especifique lo contrario, las características inventivas, estructuras y etapas discutidas en el presente documento se pueden emplear ventajosamente usando cualquier número de boquillas de eyección de combustible exteriores, cada una teniendo una o cualquier otra serie de puertos de eyección de flujo previstos en el mismo. Además, el quemador de la invención descrito en el presente documento puede ser orientado hacia arriba, hacia abajo, horizontalmente, o en general en cualquier otro ángulo de funcionamiento deseado.

Aunque las realizaciones particulares se han descrito en el presente documento, se apreciará que la invención no está limitada a ello y que muchas modificaciones y añadidos a los mismos se pueden hacer dentro del alcance de la invención. Por ejemplo, varias combinaciones de las características de las reivindicaciones dependientes siguientes se pueden hacer con las características de las reivindicaciones independientes, sin apartarse del alcance de la presente invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato quemador (10) para un sistema de calentamiento de combustión, que comprende:

5 una pared de quemador (20) que se extiende longitudinalmente, teniendo dicha pared de quemador un extremo delantero (22), un exterior (38) que se extiende longitudinalmente, un paso de aire (26) que se extiende longitudinalmente, que se extiende a través de, y está rodeado sustancialmente por, dicha pared de quemador, y una abertura de descarga de dicho paso de aire en dicho extremo delantero de dicha pared de quemador; una muesca exterior (35) que se proporciona en y se extiende sustancialmente alrededor de dicho exterior que se extiende longitudinalmente de dicha pared de quemador, en el que dicha muesca exterior está situada por detrás de dicho extremo delantero de dicha pared de quemador; una pluralidad de canales de suministro de aire primarios (40) que están formados en dicha pared de quemador y se extienden hasta dicha muesca exterior; una pluralidad de canales de descarga de gas producto de la combustión primarios (41) que se extienden en dicha pared de quemador desde dicha muesca exterior hasta dicho extremo delantero de dicha pared de quemador; y una pluralidad de estructuras de eyección de combustible (25) situadas fuera de dicha pared de quemador, en el que dichas estructuras de eyección de combustible tienen puertos de eyección de combustible y estando al menos algunos de dichos puertos de eyección de combustible orientados para el suministro de al menos una porción de un combustible gaseoso al interior de dicha muesca exterior.

2. El aparato quemador de la reivindicación 1, en el que:

25 dichos puertos de eyección de combustible de un primer conjunto de dichas estructuras de eyección de combustible (25) están orientados para eyectar dicho combustible gaseoso fuera de dicha pared de quemador (20) en un primer ángulo, de tal manera que al menos una porción de dicho combustible gaseoso eyectado desde los mismos será suministrada al interior de dicha muesca exterior (35) y dichos puertos de eyección de combustible de un segundo conjunto de dichas estructuras de eyección de combustible (25) están orientados para eyectar dicho combustible gaseoso fuera de dicha pared de quemador en un segundo ángulo que es diferente de dicho primer ángulo, de manera que dicho combustible gaseoso eyectado desde los mismos será suministrado a una ubicación que está longitudinalmente por delante de dicha muesca exterior.

3. El aparato quemador de la reivindicación 2, en el que dichas estructuras de eyección de combustible (25) de dicho primer conjunto están situadas en una relación de alternancia con dichas estructuras de eyección de combustible (25) de dicho segundo conjunto en serie alrededor de dicha pared de quemador.

4. El aparato quemador de cualquier reivindicación anterior, en el que cada una de dichas estructuras de eyección de combustible (25) tiene solo un puerto de eyección de combustible.

5. El aparato quemador de cualquier reivindicación anterior, en el que:

45 dichos canales de suministro de aire primarios (40) tienen aberturas de descarga (55) que están situadas en una serie en dicha muesca exterior (35); dichos canales de descarga de gas producto de la combustión primarios (41) tienen aberturas de entrada (56) que están situadas en una serie en dicha muesca exterior; y dicha serie de dichas aberturas de entrada de dichos canales de descarga de gas producto de la combustión primarios está situada longitudinalmente por delante de, y radialmente hacia dentro desde, dicha serie de dichas aberturas de descarga de dichos canales de suministro de aire primarios.

6. El aparato quemador de la reivindicación 5, en el que:

55 dicha pared de quemador (20) comprende una primera pieza cerámica (43) que se extiende longitudinalmente, que tiene un extremo distal (45); dicha pared de quemador comprende además una pieza cerámica delantera (47) que está unida a dicho extremo distal de dicha primera pieza cerámica y que define dicho extremo delantero (22) de dicha pared de quemador; dichos canales de suministro de aire primarios (40) se extienden longitudinalmente a través de dicha primera pieza cerámica hasta dicha muesca exterior (35); y dichos canales de descarga de gas producto de la combustión primarios (41) se extienden a través de dicha pieza cerámica delantera desde dicha muesca exterior hasta dicho extremo delantero de dicha pared de quemador.

7. El aparato quemador de la reivindicación 5 o la reivindicación 6, en el que dicha pared de quemador (20) tiene una forma de sección transversal sustancialmente circular.

8. El aparato quemador de cualquier reivindicación anterior, en el que dicha muesca exterior (35) es sustancialmente

circular y tiene una forma de sección transversal longitudinal sustancialmente rectangular.

9. El aparato quemador de cualquier reivindicación anterior, en el que:

5       dichas estructuras de eyección de combustible (25) forman una serie de estructuras de eyección de combustible primarias que sustancialmente rodean dicha pared de quemador (20) y dicho aparato quemador comprende además una serie de estructuras de eyección de combustible secundarias (25') que sustancialmente rodean dicha pared de quemador, estando dicha serie de dichas estructuras de eyección de combustible secundarias separadas radialmente hacia fuera desde dicha serie de dichas estructuras de eyección de combustible primarias, teniendo cada una de dichas estructuras de eyección de combustible secundarias un puerto de eyección de combustible, y estando situados dichos puertos de eyección de combustible de dichas estructuras de eyección de combustible secundarias longitudinalmente por detrás de y lateralmente hacia fuera desde dicho extremo delantero (22) de dicha pared de quemador.

15   10. El aparato quemador de la reivindicación 9, en el que dichas estructuras de eyección de combustible secundarias (25') tienen puertos de eyección de combustible que están orientados para eyectar dicho combustible gaseoso de tal manera que al menos la mayor parte de dicho combustible gaseoso eyectado desde los mismos se suministre a una ubicación que está al menos tan alejada longitudinalmente hacia delante como un borde exterior de dicho extremo delantero (22) de dicha pared de quemador (20).

20   11. El aparato quemador de la reivindicación 9 o la reivindicación 10, que comprende además una tercera serie de estructuras de eyección de combustible (25'') que sustancialmente rodean dicha pared de quemador (20), estando dicha tercera serie de estructuras de eyección de combustible separadas radialmente hacia fuera desde dicha serie de dichas estructuras de eyección de combustible secundarias, y teniendo dicha tercera serie de estructuras de eyección de combustible puertos de eyección de combustible que están situados longitudinalmente por detrás de y lateralmente hacia fuera desde dicho extremo delantero (22) de dicha pared de quemador.

12. Un método de funcionamiento de un quemador (10) que comprende las etapas de:

30       (a) eyectar un combustible gaseoso a partir de una pluralidad de estructuras de eyección (25) situadas fuera de una pared de quemador (20) que se extiende longitudinalmente, de tal manera que una primera porción de dicho combustible gaseoso se recibe en una muesca exterior (35) que se proporciona en y se extiende alrededor de un exterior (38) que se extiende longitudinalmente de dicha pared exterior del quemador, estando dicha muesca exterior situada por detrás de un extremo delantero (22) de dicha pared de quemador;

35       (b) suministrar una primera cantidad de aire al interior de dicha muesca exterior anular y quemar al menos parte de dicha primera porción de dicho combustible gaseoso en dicha muesca exterior para producir un gas producto de la combustión primario;

40       (c) suministrar al menos una porción de dicho gas producto de la combustión primario a dicho extremo delantero de dicha pared de quemador a través de una pluralidad de canales de descarga de producto de la combustión primarios (41) que se extienden en dicha pared de quemador desde dicha muesca exterior hasta dicho extremo delantero de dicha pared de quemador; y

45       (d) quemar una segunda porción de dicho combustible gaseoso por delante de dicha muesca exterior con el aire suministrado a través de un paso de aire (26) que se extiende longitudinalmente a través de y está rodeado por dicha pared de quemador.

13. El método de la reivindicación 12, en el que dicha primera cantidad de aire se suministra a dicha muesca exterior (35) a través de una pluralidad de canales de suministro de aire primarios (40) que se extienden longitudinalmente en dicha pared de quemador (20) hasta dicha muesca exterior.

50   14. El método de la reivindicación 13, en el que:

dichos canales de suministro de aire primarios (40) tienen aberturas de descarga (55) que están situadas en una serie en dicha muesca exterior (35);  
dichos canales de descarga de gas producto de la combustión primarios (41) tienen aberturas de entrada (56) que están situadas en una serie en dicha muesca exterior; y  
dicha serie de dichas aberturas de entrada de dichos canales de descarga de gas producto de la combustión primarios está situada longitudinalmente por delante de y radialmente hacia dentro desde dicha serie de dichas aberturas de descarga de dichos canales de suministro de aire primarios.

60   15. El método de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, en el que:

dicha primera porción de dicho combustible gaseoso es eyectada desde un primer conjunto de estructuras de eyección de combustible (25) que tienen puertos de eyección de combustible que están orientados para eyectar dicha primera porción de dicho combustible gaseoso fuera de dicha pared de quemador en un primer ángulo, de modo que dicha primera porción de dicho combustible gaseoso se suministra al interior de dicha muesca exterior (35) y

dicha segunda porción de dicho combustible gaseoso es eyectada desde un segundo conjunto de estructuras de eyección de combustible (25) que tienen puertos de eyección de combustible que están orientados para eyectar dicha segunda porción de dicho combustible gaseoso fuera de dicha pared de quemador en un segundo ángulo que es diferente de dicho primer ángulo, de modo que dicha segunda porción de dicho combustible gaseoso se quema por delante de dicha muesca exterior.

16. El método de la reivindicación 15, en el que dichas estructuras de eyección de combustible (25) de dicho primer conjunto están situadas en una relación de alternancia con dichas estructuras de eyección de combustible (25) de dicho segundo conjunto en una serie alrededor dicha pared de quemador (20).

17. El método de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 16, en el que:

dichas estructuras de eyección de combustible (25) forman una serie de estructuras de eyección de combustible primarias que rodean sustancialmente dicha pared de quemador (20) y dicho método comprende además las etapas de (i) monitorizar al menos un parámetro eficaz para indicar una reducción en un valor de número de Wobbe de dicho combustible gaseoso y (ii) iniciar la eyección de una cantidad adicional de combustible gaseoso desde una serie de estructuras de eyección de combustible secundarias (25') que rodean sustancialmente dicha pared de quemador cuando dicho parámetro alcanza un valor predeterminado, estando dicha serie de dichas estructuras de eyección de combustible secundarias separadas radialmente hacia fuera desde dicha serie de dichas estructuras eyectoras de combustible primarias, teniendo dichas estructuras de eyección de combustible secundarias puertos de eyección de combustible, y estando situados dichos puertos de eyección de combustible de dichas estructuras de eyección de combustible secundarias longitudinalmente por detrás de y lateralmente hacia fuera desde dicho extremo delantero (22) de dicha pared de quemador.

18. El método de la reivindicación 17, en el que dichos puertos de eyección de combustible de dichas estructuras de eyección de combustible secundarias (25') están orientados de manera que dicha cantidad adicional de combustible gaseoso se suministra y se quema en una ubicación que está al menos tan alejada longitudinalmente hacia delante como un borde exterior de dicho extremo delantero (22) de dicha pared de quemador (20).

19. El método de la reivindicación 18, en el que dicho método comprende además la etapa, cuando dichas estructuras de eyección de combustible secundarias (25') eyectan dicha cantidad adicional de combustible gaseoso de acuerdo con la etapa (ii), de iniciar la eyección de una cantidad adicional de combustible gaseoso desde una tercera serie de estructuras de eyección de combustible (25'') que rodean sustancialmente dicha pared de quemador (20) cuando dicho parámetro alcanza un valor predeterminado, estando dicha tercera serie de estructuras de eyección de combustible separadas radialmente hacia fuera desde dicha serie de dichas estructuras de eyección de combustible secundarias, y teniendo dicha tercera serie de estructuras de eyección de combustible puertos de eyección de combustible que están situados longitudinalmente por detrás de y lateralmente hacia fuera desde dicho extremo delantero (22) de dicha pared de quemador.

20. El método de cualquiera de las reivindicaciones 17 a 19, en el que dicho parámetro es una presión de dicho combustible gaseoso.

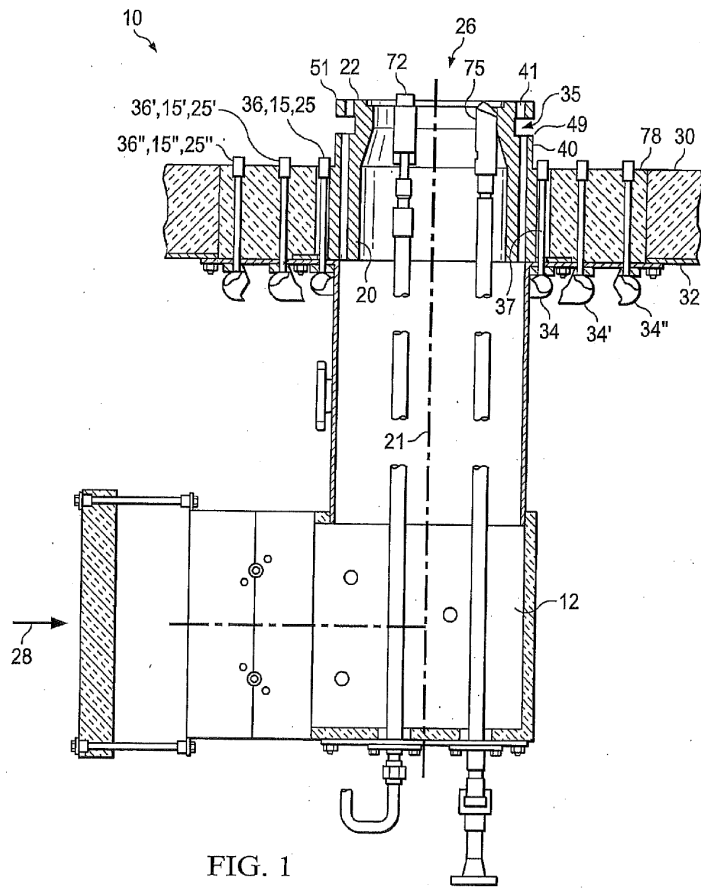
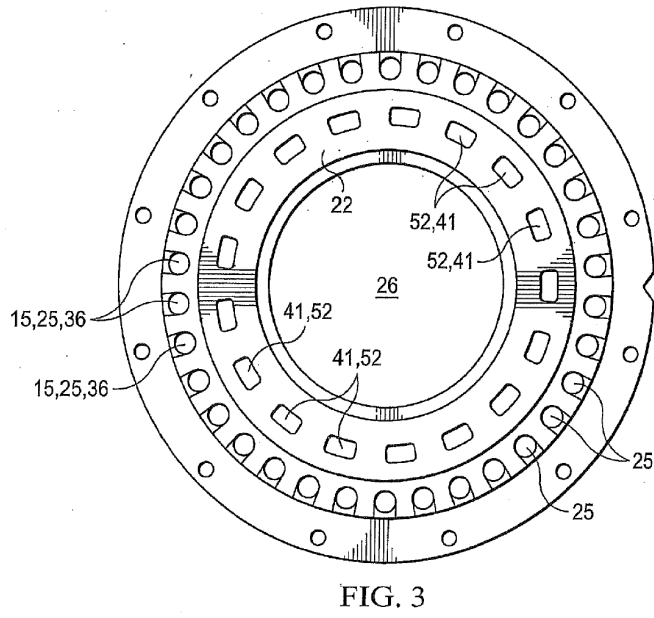
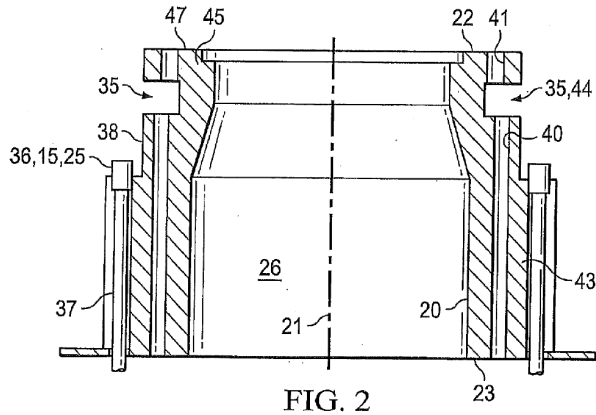


FIG. 1





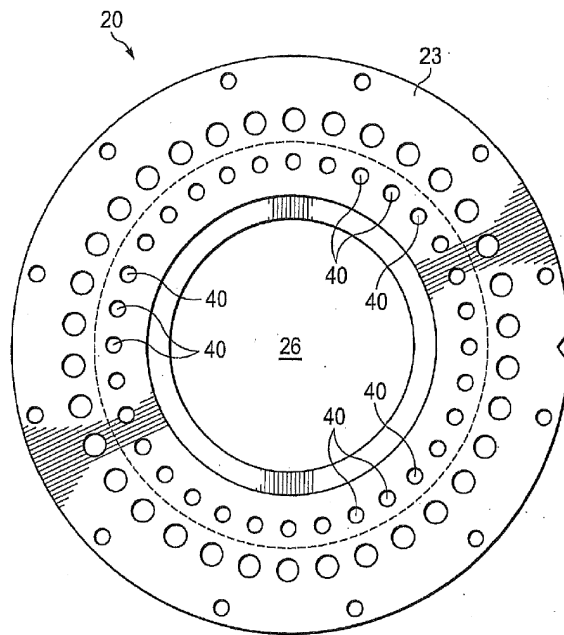


FIG. 4

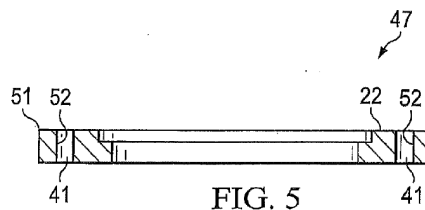


FIG. 5

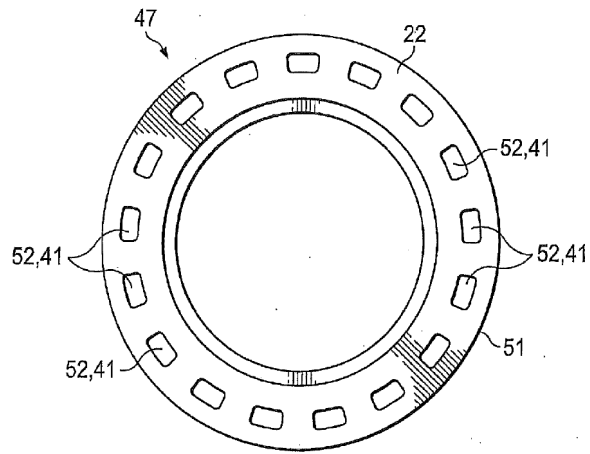


FIG. 6

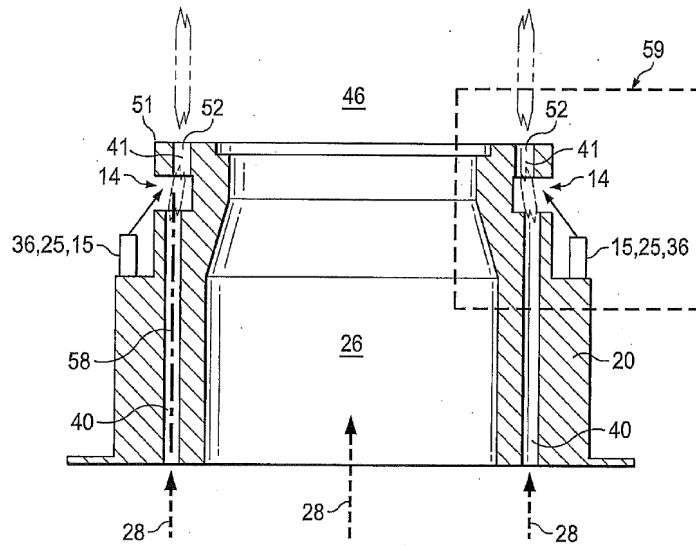


FIG. 7

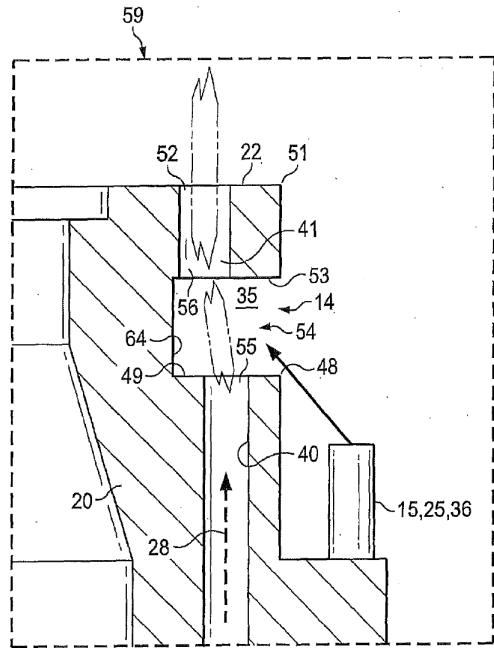


FIG. 8

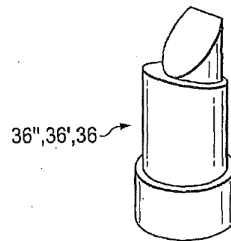


FIG. 9