

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 691 709**

51 Int. Cl.:

**F23D 11/44** (2006.01)

**F23D 17/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.05.2008 PCT/US2008/064695**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.12.2008 WO08147987**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.05.2008 E 08769699 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.07.2018 EP 2153042**

54 Título: **Combustión de combustible**

30 Prioridad:

**25.05.2007 US 931919 P**

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

**28.11.2018**

73 Titular/es:

**TIAX LLC (100.0%)  
15 Acron Park  
Cambridge, MA 02140, US**

72 Inventor/es:

**TARGOFF, JASON A.**

74 Agente/Representante:

**RIZZO, Sergio**

ES 2 691 709 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

Combustión de combustible

**[0001]** La invención se refiere a sistemas y métodos de combustión de combustible.

## ANTECEDENTES

5 **[0002]** Los quemadores de combustible líquido pueden clasificarse en dos categorías: quemadores de pulverización y quemadores de vaporización. En un quemador de pulverización, se utilizan combinaciones de altas presiones y aire a alta velocidad para hacer fluir combustible líquido a través de un orificio y para dividir el combustible en pequeñas gotitas. Las pequeñas gotitas de combustible se mezclan con el aire, se vaporizan y se queman, normalmente con más facilidad que las gotas de combustible más grandes, debido a los efectos de la relación superficie-volumen. En un quemador de vaporización, el combustible se calienta y se vaporiza sin la ayuda de la atomización. El combustible vaporizado se mezcla entonces con el aire y se quema. En algunos casos, se utilizan calentadores eléctricos para ayudar a vaporizar el combustible; en otros casos, el calor del proceso de combustión es suficiente para vaporizar el combustible. El aire precalentado también puede ayudar a vaporizar el combustible a partir de una mecha.

10  
15 **[0003]** Los quemadores de combustible gaseoso no necesitan vaporizar el combustible, puesto que el combustible comienza en la fase de vapor. Muchos quemadores de combustible gaseoso premezclan o premezclan parcialmente combustible y aire antes de la combustión. Puede estabilizarse una llama utilizando la recirculación de productos de escape calientes, o mediante el uso de un cuerpo no fuselado, o mediante el uso de una espuma o un material fibroso para precalentar la mezcla de combustible-aire y a continuación estabilizar la llama sobre la espuma o fibra metálica, o mediante el uso de un campo de flujo turbulento que puede recircular productos de escape y estabilizar la llama con grandes variaciones en la velocidad de suministro.

20 **[0004]** EP1553653 y US 1,865,056 dan a conocer quemadores que pueden alternar entre diferentes combustibles y que comprenden una entrada de combustible, una cavidad de vaporizador, una salida de combustible en comunicación fluida con la cavidad de vaporizador, y orificios de entrada de aire.

## 25 SUMARIO

**[0005]** La invención se refiere a un sistema de combustible según se define en las reivindicaciones adjuntas al presente documento.

30 **[0006]** La invención proporciona sistemas y métodos para vaporizar combustibles líquidos y para quemarlos con emisiones muy bajas en un quemador que también puede quemar de forma limpia combustibles gaseosos. El quemador y un controlador para el quemador pueden utilizarse, por ejemplo, en motores de combustión externa, procesadores químicos, o calentadores. En algunos modos de realización, el quemador es un quemador estabilizado por *swirl* (turbulencia) que puede estabilizar la combustión en un amplio rango de tipos de combustible, incluyendo combustibles líquidos o gaseosos, velocidades de alimentación y relaciones aire/combustible. La flexibilidad en el uso de combustibles de un quemador o sistema de combustión externa puede resultar muy útil en situaciones de emergencia en las que las opciones de combustible pueden ser limitadas.

35 **[0007]** El quemador incorpora un mecanismo para vaporizar combustibles líquidos sin interrumpir la estabilización por *swirl* y con limitada tendencia a la formación de coque. Los combustibles gaseosos pueden funcionar en el mismo quemador y pasar por el mecanismo de vaporización antes de mezclarse con el aire y entrar en combustión. El controlador permite que un sistema funcione con combustibles líquidos o gaseosos sin realizar cambios en ninguna pieza; es decir, un único quemador puede funcionar con combustibles gaseosos, así como con combustibles líquidos.

40 **[0008]** En un aspecto, la invención presenta un según la reivindicación 1. Los modos de realización pueden incluir una o más de las siguientes características. El sistema incluye además un controlador configurado para controlar el flujo de combustible de la primera fuente o la segunda fuente al quemador. El sistema incluye además un controlador configurado para controlar el flujo de combustible de la primera fuente o la segunda fuente al quemador en función de una medición de una salida del quemador. El sistema incluye además un sensor configurado para detectar una temperatura o una estequiometría de una mezcla de combustible/gas. La entrada de aire presenta al menos una dimensión superior a al menos una dimensión de la salida de combustible. El quemador incluye una pluralidad de entradas de aire situadas alrededor de una periferia del quemador, estando configuradas las entradas de aire para dirigir aire en un ángulo no perpendicular a la periferia. El quemador incluye un material poroso termoconductor configurado para vaporizar el combustible líquido. El quemador incluye un espacio que rodea el material poroso. El quemador incluye una entrada de aire y salientes aguas abajo de la entrada de aire, estando configurados los salientes para dirigir aire y combustible vaporizado en una dirección curvada. El quemador incluye una salida de quemador definida por una parte de un cono. El cono presenta un ángulo entre aproximadamente 0° y aproximadamente 120°. El quemador incluye una cavidad de vaporizador en comunicación fluida con una entrada de combustible, una salida de combustible en

comunicación fluida con la cavidad de vaporizador, una entrada de aire en comunicación fluida con la salida de combustible, y una salida de quemador en comunicación fluida con la entrada de aire. El quemador incluye además un material poroso termoconductor en la cavidad de vaporizador. El material poroso se encuentra en comunicación fluida con la salida de quemador únicamente a través de la salida de combustible. El quemador

5 incluye además un calentador configurado para calentar el material poroso. El quemador incluye además un espacio situado aguas abajo de la entrada de aire y que rodea la cavidad de vaporizador. El quemador incluye además salientes en el espacio y está configurado para dirigir aire y combustible gaseoso en una dirección curvada.

**[0009]** En otro aspecto, la invención presenta un método de combustión según la reivindicación 12, comprendiendo el método:

10

proporcionar un sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11; introducir un primer combustible en una primera fase a través de la entrada de combustible de un quemador de combustión del sistema; introducir un segundo combustible a través de la entrada de combustible, estando el segundo combustible en una segunda fase diferente de la primera fase, donde la introducción del segundo combustible en el quemador de combustión se lleva a cabo sin modificar el quemador ni el sistema.

15

**[0010]** Los modos de realización pueden incluir una o más de las siguientes características. El método incluye además controlar el flujo del primer o el segundo combustible al quemador en función de una medición de una salida del quemador. El método incluye además medir una temperatura o una indicación de estequiometría de la mezcla de combustible y aire de una salida del quemador. La entrada de aire presenta al menos una dimensión superior a al menos una dimensión de la salida de combustible. El método incluye además dirigir el aire en un ángulo no perpendicular a una periferia del quemador. El método incluye además vaporizar combustible líquido con un material poroso termoconductor. El método incluye además mezclar combustible y aire en un espacio que rodea un material poroso. El método incluye además dirigir el aire y el combustible en una dirección curvada. El quemador incluye una salida de quemador definida por una parte de un cono. El cono presenta un ángulo de aproximadamente 0° a aproximadamente 120°. El quemador incluye una cavidad de vaporizador en comunicación fluida con una entrada de combustible, una salida de combustible en comunicación fluida con la cavidad de vaporizador, una entrada de aire en comunicación fluida con la salida de combustible, y una salida de quemador en comunicación fluida con la entrada de aire. El quemador incluye además un material poroso termoconductor en la cavidad de vaporizador. El material poroso se encuentra en comunicación fluida con la salida de quemador únicamente a través de la salida de combustible. El quemador incluye además un calentador configurado para calentar el material poroso. El quemador incluye además un espacio situado aguas abajo de la entrada de aire y que rodea la cavidad de vaporizador. El quemador incluye además salientes en el espacio y está configurado para dirigir aire y combustible gaseoso en una dirección curvada. El quemador comprende una pluralidad de entradas de aire situadas alrededor de una periferia del quemador, estando configuradas las

20

25

30

35

entradas de aire para dirigir aire en un ángulo no perpendicular a la periferia. La salida de quemador está definida por una parte de un cono. El cono presenta un ángulo de aproximadamente 0° a aproximadamente 120°.

**[0011]** Un proceso de combustión que no es según la invención y que utiliza los quemadores descritos en el presente documento puede producir una llama estabilizada por *swirl* con un número de *swirl* de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 1,5 (tal como de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 0,7).

**[0012]** Tener una llama turbulenta alrededor de un vaporizador puede permitir la estabilización de una llama para múltiples combustibles. En algunas aplicaciones, los combustibles líquidos y gaseosos no se pueden utilizar en el mismo quemador puesto que sus longitudes y velocidades de llama son considerablemente diferentes. Tener una llama turbulenta intensa puede compensar las diferentes características de la llama. La llama turbulenta también permite colocar una superficie de vaporización en el centro de la llama con un efecto mínimo en el campo de flujo de la llama.

40

45

**[0013]** Utilizar aire a alta velocidad alrededor de los orificios de vapor puede extraer vapor de combustible y favorecer la premezcla de combustible y aire, independientemente del tipo de combustible. Los modos de realización funcionan utilizando combustibles líquidos o gaseosos sin modificar el quemador.

**[0014]** La vaporización con una espuma permite la transferencia de calor para alimentar el combustible incluso si se ha formado coque dentro de la espuma. Cuando se produce coque, si es que se produce, puede no resultar catastrófico, puesto que la espuma puede distribuir el calor lejos de su sección más caliente de manera que el coque no evite una mayor vaporización mediante sus cualidades aislantes.

50

**[0015]** La estructura de la espuma puede estar formada principalmente por huecos, lo que puede proporcionar grandes superficies de vaporización. Presentar principalmente huecos y ningún orificio pequeño puede reducir la incidencia de obstrucción. Los quemadores pueden no contaminarse fácilmente mediante azufre y/o no se descomponen fácilmente a altas temperaturas, lo que puede suceder con otros quemadores multicomcombustible tales como los quemadores catalíticos.

55

**[0016]** El sistema de control puede funcionar con varios combustibles sin realizar cambios en las piezas.

**[0017]** Como se utiliza en el presente documento, «sin modificar un quemador» significa que no se quita ni se añade ningún componente físico al quemador. Sin embargo, los parámetros operativos del quemador, tales como los índices de flujo de combustible, los índices de flujo de aire y las temperaturas, pueden cambiar.

5 **[0018]** Como se utiliza en el presente documento, «sin modificar un sistema» significa que no se quita ni se añade ningún componente físico al sistema. Sin embargo, los parámetros operativos del sistema, tales como los índices de flujo, las temperaturas y el estado de los conmutadores, pueden cambiar.

**[0019]** En la descripción adjunta que aparece a continuación se establecen los detalles de uno o más modos de realización. Otros aspectos, características y ventajas de la invención resultarán evidentes a partir de los siguientes dibujos, la descripción detallada de los modos de realización y las reivindicaciones adjuntas.

## 10 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

### **[0020]**

La figura 1 es una vista en perspectiva de un modo de realización de un quemador multicombustible con una pieza de extremo de forma cónica separada.

15 La figura 2 es una vista transversal del quemador mostrado en la figura 1, con la pieza de extremo de forma cónica unida.

La figura 3 es una vista lateral del quemador mostrado en la figura 1, con la pieza de extremo de forma cónica retirada.

La figura 4 es una vista transversal del quemador mostrado en la figura 3, tomada a lo largo de la línea 4-4.

La figura 5 es una vista en despiece y en perspectiva del quemador mostrado en la figura 3.

20 La figura 6 es un diagrama de bloques de un modo de realización de un sistema de control que incluye un quemador multicombustible.

La figura 7 es un diagrama esquemático de un modo de realización de un sistema de control que incluye un quemador multicombustible.

## **DESCRIPCIÓN DETALLADA**

25 **[0021]** Las figuras 1 y 2 muestran un quemador de combustión 20 que puede utilizarse para quemar un combustible líquido, así como un combustible gaseoso. El quemador 20 puede utilizarse en sistemas tales como motores de combustión externa, procesadores químicos y calentadores. Como se describe en el presente documento, el cambio entre la combustión de un combustible líquido y la combustión de un combustible gaseoso puede realizarse sin modificar el quemador 20 ni el sistema que incluye el quemador (p. ej., añadiendo o quitando piezas). Además, el quemador 20 puede quemar una amplia gama de combustibles con bajas emisiones. Por ejemplo, la combustión de queroseno puede presentar emisiones de menos de aproximadamente 500 ppm de CO, incluso con un exceso de oxígeno por debajo del 4% ( $\phi$  de aproximadamente 0,8) en los gases de escape. Son posibles emisiones más bajas, por debajo de 100 ppm de CO, con mayores cantidades de exceso de aire (p. ej.,  $\phi$  de 0,7-0,75) en la llama.

30 **[0022]** Haciendo referencia también a las figuras 3, 4 y 5, el quemador 20 incluye generalmente una carcasa 22 y un vaporizador 40 en la carcasa. Durante el funcionamiento, se suministra el combustible al vaporizador 40 (para vaporizar un combustible líquido), y se mezcla el combustible gaseoso y el aire en una zona de mezcla 50 definida entre el vaporizador y la carcasa 22. El aire y el combustible mezclados se queman en una salida de quemador 28. De forma más específica, la carcasa 22 incluye un cuerpo superior 30 y un cuerpo inferior 32 que se une al cuerpo superior. El cuerpo superior 30 incluye una entrada de combustible 34 y un conducto 36 que se extiende a lo largo del eje longitudinal (L) del cuerpo superior. El cuerpo inferior 32 incluye una pluralidad de entradas de aire 38 dispuestas alrededor de la periferia del cuerpo inferior. Como se muestra en las figuras 1 y 2, el quemador 20 incluye una pieza de extremo de forma cónica 24 (que puede estar formada de manera unitaria con el cuerpo inferior 32) que define la salida de quemador 28. Dentro de la carcasa 22, el vaporizador 40 (como se muestra, un cuerpo cilíndrico que presenta un extremo abierto y un extremo cerrado) es coaxial con el conducto 36 y la salida de quemador 28. Entre el vaporizador 40 y la carcasa 22 se encuentra la zona de mezcla de aire/combustible gaseoso 50 (como se muestra, un espacio cilíndrico) donde se mezclan el combustible gaseoso y el aire antes de la combustión. El vaporizador 40 presenta una pluralidad de salidas de combustible 42 (como se muestra, aberturas redondas) situadas alrededor de la periferia del vaporizador. Como se muestra en la figura 2, dentro del vaporizador 40, el quemador 20 incluye además un material poroso termoconductor 44 (p. ej., una espuma metálica) que puede vaporizar combustible líquido durante el uso, y una bujía incandescente 46 configurada para calentar el material poroso. En algunos modos de realización, el quemador 20 no incluye material poroso 44, pero el quemador puede incluir una bujía incandescente 46.

**[0023]** Durante el funcionamiento, se introduce un combustible líquido (tal como gasóleo) o un combustible gaseoso (tal como propano) a través de la entrada de combustible 24 para que combustione en la salida de quemador 28. De forma más específica, en un «modo líquido» para quemar un combustible líquido, la bujía incandescente 46 se activa en la puesta en marcha para calentar el material poroso 44, que se utiliza para proporcionar calor de vaporización con el fin de vaporizar el combustible líquido. La bujía incandescente 46 puede activarse hasta cinco minutos antes de introducir el combustible y hasta cinco minutos después de la ignición para asegurar una vaporización completa en la puesta en marcha, pero a medida que se produce la combustión del combustible líquido, el calor de vaporización puede proceder de forma creciente de la radiación de la combustión y la convección de los gases calientes cerca del quemador 20. Cuando la bujía incandescente 46 y el material poroso 44 están lo suficientemente calientes para vaporizar el combustible líquido, se introduce el combustible líquido en el quemador 20 a través de la entrada de combustible 34. Entonces, el combustible líquido fluye hacia el material poroso 44 donde se vaporiza el combustible líquido a un combustible gaseoso, que fluye a continuación a través de las salidas de combustible 42. Al mismo tiempo, el aire fluye a través de las entradas de aire 38 (p. ej., forzado por un ventilador, un soplador o un compresor), y este aire se mezcla con el combustible gaseoso que sale de las salidas de combustible 42 en la zona de mezcla 50 antes de la combustión cerca de la salida de quemador 28. La llama prende inicialmente con una fuente de ignición con, por ejemplo, una bujía de encendido, una bujía incandescente o un encendedor de superficie caliente, cerca de la salida 28. Una vez que el quemador 20 está encendido, ya no se requiere la fuente de ignición para mantener la combustión. La bujía incandescente 46 puede desactivarse, por ejemplo, aproximadamente cinco minutos después de la ignición.

**[0024]** En un «modo de gas» para quemar un combustible gaseoso, se hace fluir el combustible gaseoso a través de sustancialmente la misma trayectoria de flujo que la trayectoria de flujo del combustible líquido descrita anteriormente. De forma más específica, se introduce el combustible gaseoso en el quemador 20 a través de la entrada de combustible 34. El combustible gaseoso puede entrar en contacto con el material poroso 44 y absorber pequeñas cantidades de calor, pero el combustible no experimenta un cambio de fase como con el combustible líquido. El combustible gaseoso fluye entonces a través de las salidas de combustible 42. El aire introducido a través de las entradas de aire 38 se mezcla entonces con el combustible gaseoso que sale de las salidas de combustible 42 en la zona de mezcla 50, y esta mezcla de aire y combustible se quema cerca de la salida de quemador 28, inicialmente prendida con una fuente de ignición, como se describe para el «modo líquido» de funcionamiento.

**[0025]** Haciendo referencia de nuevo a la figura 2, dentro del vaporizador 40 y cerca de su extremo cerrado, el quemador 20 incluye material poroso 44 que actúa como intercambiador de calor y superficie de vaporización. Los combustibles gaseosos pueden entrar y salir del vaporizador 40 sin una transferencia de calor considerable para el funcionamiento, puesto que la transferencia de calor de una superficie caliente a un gas es mucho menos eficiente que la transferencia de calor a un líquido. Pero con los combustibles líquidos, el material poroso 44 puede mejorar la uniformidad de la temperatura en la superficie de vaporización, limitando puntos calientes y esparciendo el calor, y proporcionar una superficie extendida a esta temperatura uniforme. Durante el funcionamiento, el combustible no alcanza la superficie más caliente del material poroso 44 si se vaporiza mediante el material poroso por encima de la superficie del fondo. Las fracciones más ligeras de un destilado de combustible pesado pueden vaporizarse antes, a temperaturas más bajas, y puede limitarse mediante este mecanismo la formación de coque y el sobrecalentamiento del combustible. Además, en este enfoque de vaporización, la formación de coque puede no ser catastrófica para el quemador 20. De hecho, se puede acumular algo de coque muy lentamente antes de que la formación de coque pueda afectar a una mayor vaporización del combustible debido al gran volumen abierto y la superficie del material poroso 44. Por tanto, el material poroso 44 puede resultar útil para aumentar la vida del quemador 20. El material poroso 44 también proporciona una buena termoconductividad, de manera que, si se forma coque sobre la superficie más caliente, el calor se transfiere lo suficiente para que el vapor se forme lejos de la superficie.

**[0026]** El material poroso 44 puede estar formado por cualquier material termoconductor que tolere altas temperaturas y que presente una superficie grande. Por ejemplo, el análisis de dinámica de fluidos computacional de un quemador indica una temperatura máxima de un material poroso de espuma metálica que se aproxima a 600 °C cuando el quemador funciona con combustible de queroseno. Como resultado, en algunos modos de realización, el material poroso 44 puede soportar temperaturas de al menos aproximadamente 600 °C, tales como al menos aproximadamente 800 °C sin ningún efecto negativo, tal como oxidación o degradación. El material poroso 44 puede presentar una porosidad entre aproximadamente 60 % y aproximadamente 95 %. El tamaño de la celda del material poroso 44 puede estar comprendido entre aproximadamente 10 ppi (poros por pulgada) y 100 ppi para ganar la ventaja de una superficie grande sin afectar de forma negativa a la resistencia de flujo en el material poroso. La estructura del material poroso 44 proporciona superficies de vaporización que permanecen para proporcionar el calor requerido para vaporizar el combustible líquido, por ejemplo, si parte del material poroso comienza a llenarse de coque. Algunos ejemplos de material poroso 44 incluyen espumas metálicas, tales como las que incluyen (p. ej., están formadas totalmente por) acero inoxidable o una aleación de hierro-cromo (FeCr).

**[0027]** Siguiendo con la referencia a la figura 2, cuando un combustible gaseoso (según se suministra o después de la vaporización) sale por las salidas de combustible 42, el combustible gaseoso se mezcla con el aire que

entra a través de las entradas de aire 38. Como se muestra, para mejorar la mezcla entre el combustible gaseoso y el aire, las salidas de combustible 42 y las entradas de aire 38 están alineadas a lo largo de la dirección del eje longitudinal L, de manera que al menos una parte de al menos una salida de combustible se superpone con al menos una parte de al menos una entrada de aire a lo largo del eje L. Como se muestra en la figura 2, las salidas de combustible 42 se superponen totalmente con las entradas de aire 38. Esta superposición permite que el aire entrante golpee el combustible gaseoso a medida que el combustible gaseoso sale del vaporizador 40, proporcionando de esta manera una buena mezcla. En algunos modos de realización, las entradas de aire 38 presentan una dimensión a lo largo del eje longitudinal L que es igual o superior a la dimensión de las salidas de combustible 42 a lo largo del eje longitudinal L.

5 **[0028]** Para mejorar de forma adicional la mezcla, las entradas de aire 38 están en ángulo para dirigir el aire entrante en un ángulo no perpendicular a la periferia del quemador 20. Por ejemplo, la pared del cuerpo inferior 32 que define las entradas de aire 38 puede estar en ángulo de manera que el aire entrante es dirigido tangencialmente hacia la periferia del quemador 20, ayudando de esta manera a hacer girar el aire y la mezcla de aire/combustible gaseoso en la zona de mezcla 50. Haciendo referencia a la FIG. 5, para mejorar la mezcla en la zona de mezcla 50 aún más, el quemador 20 incluye características estructurales en la zona de mezcla que ayudan a dirigir la mezcla de aire/combustible gaseoso en una dirección curvada o angular alrededor del eje longitudinal L (p. ej., tangencial a la periferia de la zona de mezcla 50). Como se muestra, el quemador 20 incluye una pluralidad de álabes de turbulencia 60 que se extienden desde la periferia exterior del vaporizador 40.

10 **[0029]** La dirección en ángulo del aire entrante a través de las entradas de aire 38 y/o las características estructurales en la zona de mezcla 50 pueden ayudar a generar un *swirl* de aire/combustible gaseoso en el quemador 20. El *swirl* puede proporcionar capas deslizantes y una corriente de mezcla intensa, lo que puede resultar particularmente importante para las moléculas de combustible grandes con baja difusividad, tales como el queroseno o el gasóleo DF-2. El *swirl* también puede ofrecer un mecanismo de estabilidad de llama que puede funcionar en un amplio rango de velocidades de llama o relaciones de equivalencia. Por ejemplo, se puede quemar el queroseno con relaciones de equivalencia de entre aproximadamente 0,6 y aproximadamente 0,9. El mismo quemador puede funcionar con propano, con relaciones de equivalencia de entre aproximadamente 0,6 y aproximadamente 0,9, aunque las velocidades de llama de los dos combustibles no sean iguales. Una vez se mezclan el combustible gaseoso y el aire, el proceso de combustión se estabiliza en una llama estabilizada por *swirl*, con número de *swirl* ( $S_N$ ) de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 1,5 (como de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 0,7) en la salida de quemador 28, donde  $S_N$  se define como la relación del flujo axial del momento angular con respecto al flujo axial del momento axial.

20 **[0030]** Haciendo referencia ahora a las figuras 6 y 7, el quemador 20 descrito en el presente documento puede utilizarse en un sistema de control adaptable 100. Por ejemplo, el sistema de control adaptable puede utilizarse con motores de combustión externa para controlar el proceso de combustión tanto con combustibles líquidos como con combustibles gaseosos. Como se muestra, el sistema de control 100 incluye un mecanismo para controlar el suministro de aire y combustibles: se puede utilizar una válvula moduladora 102 para controlar el flujo de combustibles gaseosos 103; se puede utilizar una bomba 104 para controlar los combustibles líquidos 105; y se puede utilizar un soplador 106 para suministrar aire de combustión al sistema. Como se muestra, el sistema 100 incluye líneas de suministro de combustible 108, 110 que presentan dos puntos de conexión: uno para combustibles líquidos 108 y otro para combustibles gaseosos 110. Se puede utilizar una válvula de tres vías 112 en el sistema 100 aguas arriba del quemador 20 para activar una de las líneas. La válvula 112 puede presentar un mecanismo, tal como un conmutador, que proporciona una indicación positiva de que la válvula se encuentra en un modo seleccionado. El conmutador selector de combustible puede proporcionar una indicación positiva de que la válvula 112 se encuentra en el modo de gas seleccionado para un correcto funcionamiento del sistema 100.

35 **[0031]** En funcionamiento, un conmutador establecido por un usuario puede activar un «modo líquido» o un «modo gaseoso» para controlar el sistema 100. El modo de sistema 100 puede activar controles del quemador 20, incluyendo, por ejemplo, el sistema de alimentación para el combustible y el aire. Se puede ajustar el flujo de combustible en función de un punto de ajuste de temperatura y una señal de realimentación procedente de una medición de temperatura 116 del quemador 20. Se puede ajustar el flujo de aire en función de un punto de ajuste basado en el flujo y una señal de realimentación que indica la estequiometría de la mezcla de combustión. Este sistema de control híbrido, con un término de «realimentación» de un sensor 114, combinado con un término de «prealimentación» en función de un índice de combustible, puede mejorar la estabilidad, p. ej., en relación con los sistemas de control basados únicamente en respuestas de «realimentación». Un usuario puede activar o seleccionar un modo de sistema 100 deseado, y puesto que el quemador 20 puede funcionar de manera muy similar con combustibles líquidos y gaseosos, se pueden utilizar los mismos sensores 114, 116 para la realimentación con ambos modos.

45 **[0032]** Los sistemas de realimentación para el combustible y el aire pueden utilizar las mismas piezas para ambos modos, pero pueden presentar diferentes puntos de ajuste, dependiendo del modo. En el caso de un motor de combustión externa, por ejemplo, se puede controlar el índice de combustible para mantener una temperatura en un cuerpo especificado del motor. La temperatura se puede medir mediante un termopar o un detector de temperatura resistivo (RTD), por ejemplo. La temperatura puede ser diferente, dependiendo de si el

modo es de combustible líquido o gaseoso. Se puede controlar la cantidad de aire utilizando realimentación de un sensor de estequiometría, tal como un sensor de oxígeno automotriz, un sensor de monóxido de carbono, o un sensor de rectificación de llama, por ejemplo. En el caso de un sensor de oxígeno, el contenido de oxígeno en los gases de escape puede especificarse previamente y ser diferente para los combustibles líquidos y los combustibles gaseosos. Se puede especificar un ajuste diferente para el valor de realimentación, dependiendo del modo de sistema 100, con el fin de mantener emisiones limpias independientemente de si se quema combustible líquido o gaseoso. Puesto que las velocidades de llama son más similares dentro de cada modo de combustibles (combustibles gaseosos, entre los que se incluye gas natural, propano o butano, y combustibles líquidos, tales como gasolina, queroseno o gasóleo), puede necesitarse solo un ajuste de óxígeno para cada modo, y el modo para el sistema 100 puede especificarse con un conmutador. El aire precalentado también puede ayudar en el proceso de vaporización, p. ej., si se recupera el aire del quemador. Por ejemplo, el aire del quemador puede recuperarse mediante los gases de escape y alcanzar temperaturas que se aproximan a los 600 °C, dependiendo del grado de recuperación. El aire a esta temperatura puede ayudar en el proceso de vaporización del combustible.

**[0033]** Como ejemplo adicional, haciendo referencia a la figura 2, la salida de quemador 28 puede presentar un ángulo ( $\alpha$ ) de aproximadamente 0° a aproximadamente 120° (tal como de aproximadamente 40° a aproximadamente 80°). Un ángulo de cono más grande puede extender la llama radialmente y puede afectar a la estabilidad de la llama, así como a la manera en que se transfiere el calor desde la llama hasta el cuerpo que está calentando. Se puede diseñar un quemador de manera que el material poroso 44 y/o la bujía incandescente 46 puedan sustituirse fácilmente después de un intervalo de funcionamiento seleccionado (como un filtro). Por ejemplo, la bujía incandescente 46 y el material poroso 44 pueden fabricarse como un conjunto ensamblado previamente que puede retirarse junto y sustituirse, utilizando por ejemplo roscas de la bujía incandescente para quitar e instalar el conjunto.

**[0034]** Además de introducir aire en un quemador mediante entradas de aire situadas en el lateral del quemador, se puede introducir aire desde una parte de extremo del quemador. Por ejemplo, el quemador puede incluir un conducto anular que rodea de forma coaxial una bujía incandescente y está en comunicación fluida con el vaporizador. Cuando no hay bujía incandescente, se puede introducir aire a través del conducto 36.

**[0035]** Los términos que indican posición, como «superior», «inferior» y «fondo», se utilizan por conveniencia y con referencia a las figuras, y no son limitantes.

30

**REIVINDICACIONES**

**1. Sistema que comprende:**

una primera fuente (105) adecuada para comprender un combustible líquido;

una segunda fuente (103) adecuada para comprender un combustible gaseoso; y

5 un quemador de combustión (20) que presenta un eje longitudinal (L) y que está conectado a la primera y a la segunda fuente y adecuado para estar selectivamente en comunicación fluida con el combustible líquido y el combustible gaseoso para recibir los combustibles,

10 donde el quemador (20) comprende una salida de quemador (28), una entrada de combustible (34) adecuada para introducir el combustible líquido o gaseoso para una combustión en la salida del quemador (28), una salida de combustible (42), y una entrada de aire (38) que se superpone a al menos una parte de la salida de combustible (42) a lo largo de un eje que es radial al eje longitudinal (L) del quemador (20);

y donde el quemador (20) puede alternar entre una combustión del combustible líquido y una combustión del combustible gaseoso sin modificar el quemador (20) ni el sistema.

15 **2. Sistema de la reivindicación 1, que comprende además un controlador (100) configurado para controlar el flujo de combustible de la primera fuente (105) o la segunda fuente (103) al quemador (20); opcionalmente en función de una medición de una salida del quemador (20).**

**3. Sistema de la reivindicación 1, que comprende además un sensor (114) configurado para detectar una temperatura de una estequiometría de la mezcla de combustible/gas.**

20 **4. Sistema de la reivindicación 1, donde la entrada de aire (38) presenta al menos una dimensión superior a al menos una dimensión de la salida de combustible (42).**

**5. Sistema de la reivindicación 1, donde el quemador (20) comprende una pluralidad de entradas de aire (38) situadas alrededor de una periferia del quemador (20), estando configuradas las entradas de aire (38) para dirigir aire en un ángulo no perpendicular a la periferia.**

25 **6. Sistema de la reivindicación 1, donde el quemador (20) comprende un material poroso termoconductor (44) configurado para vaporizar el combustible líquido; que comprende opcionalmente un espacio que rodea el material poroso (44).**

**7. Sistema de la reivindicación 1, donde el quemador (20) comprende además salientes (60) aguas abajo de la entrada de aire (38), estando configurados los salientes (60) para dirigir aire y combustible vaporizado en una dirección angular.**

30 **8. Sistema de la reivindicación 1, donde la salida de quemador (28) está definida por una parte de un cono; que presenta opcionalmente un ángulo incluido entre 0° y 120°.**

35 **9. Sistema de la reivindicación 1, donde el quemador (20) comprende una cavidad de vaporizador (40) en comunicación fluida con la entrada de combustible, la salida de combustible está en comunicación fluida con la cavidad de vaporizador (40), y la salida de quemador en comunicación fluida con la entrada de aire y la salida de combustible.**

**10. Sistema de la reivindicación 9, donde el quemador (20) comprende además un material poroso termoconductor (44) en la cavidad de vaporizador (40); opcionalmente donde el material poroso está en comunicación fluida con la salida de quemador únicamente a través de la salida de combustible.**

40 **11. Sistema de la reivindicación 10, donde el quemador comprende además un calentador (46) configurado para calentar el material poroso (44).**

**12. Método de combustión, que comprende:**

proporcionar un sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11;

introducir un primer combustible en una primera fase a través de la entrada de combustible (34) del quemador (20) del sistema;

45 introducir un segundo combustible a través de la entrada de combustible (34), estando el segundo combustible en una segunda fase diferente de la primera fase, donde la introducción del segundo combustible en el quemador (20) se lleva a cabo sin modificar el quemador (20) ni el sistema.

**13. Método de la reivindicación 12, que comprende además controlar el flujo del primer o el segundo combustible al quemador (20) en función de una medición de una salida del quemador (20).**



**14.** Método de la reivindicación 12, que comprende además medir una temperatura o un contenido de oxígeno de una salida del quemador (20).

**15.** Método de la reivindicación 12, donde la primera fase o la segunda fase es una fase líquida y el método incluye además la etapa de vaporizar la fase líquida con un material poroso termoconductor (44).

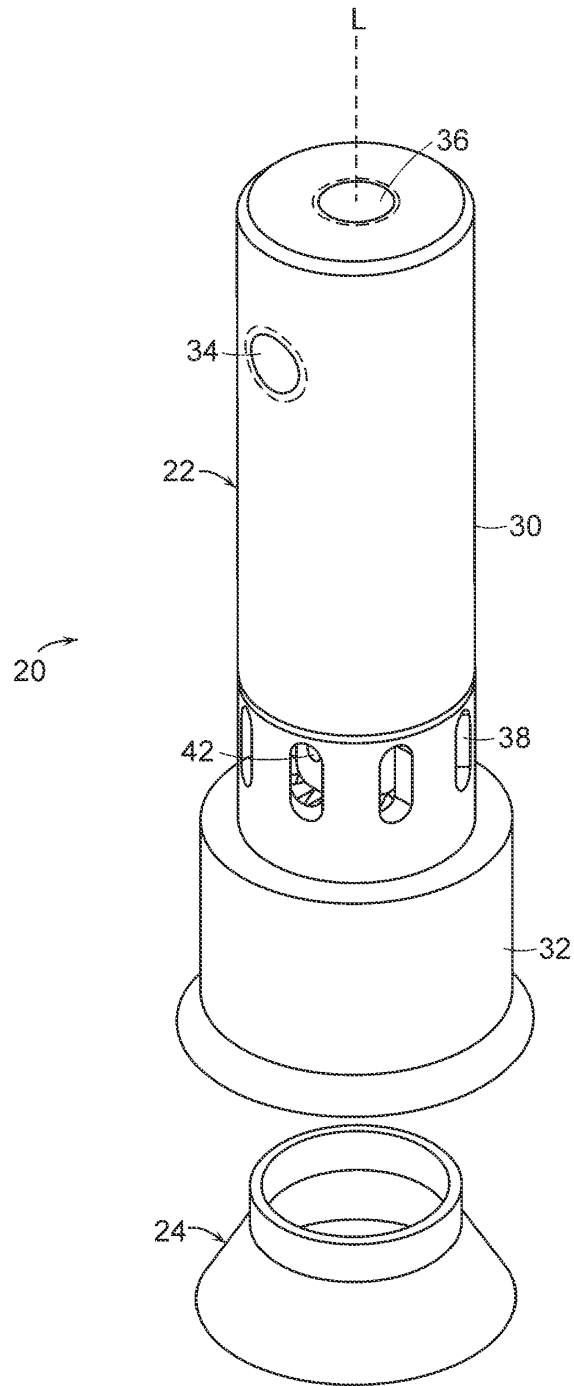


FIG. 1

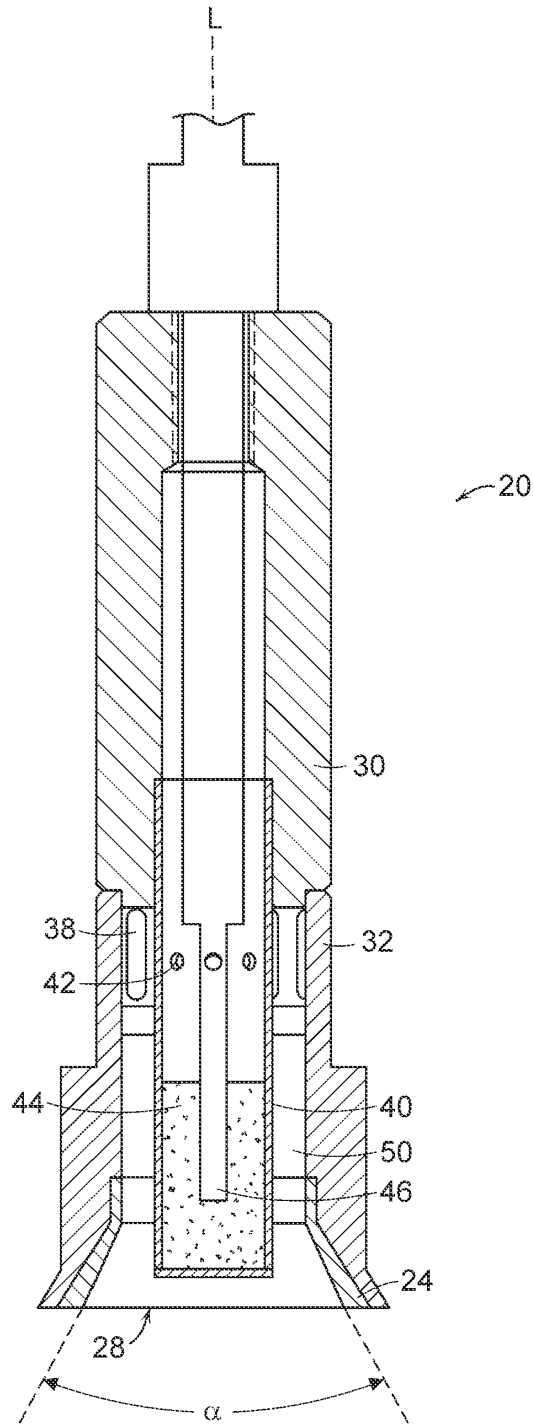


FIG. 2

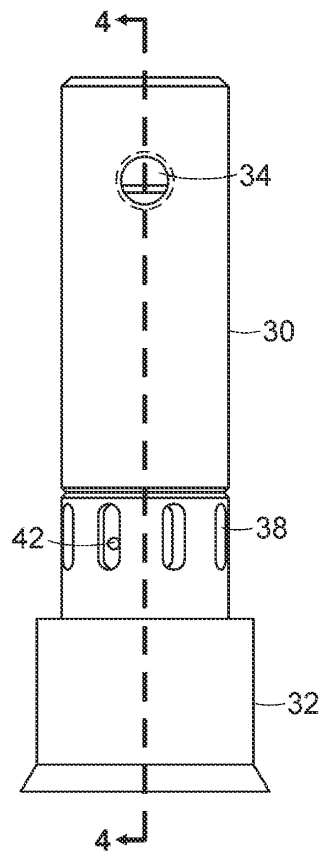


FIG. 3

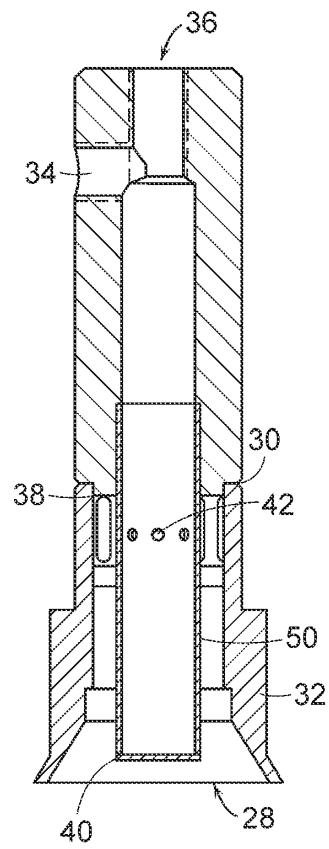


FIG. 4

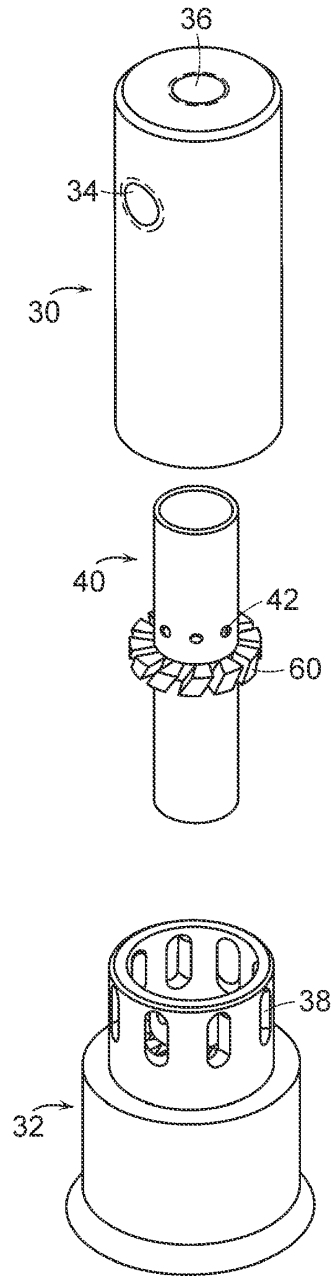


FIG. 5

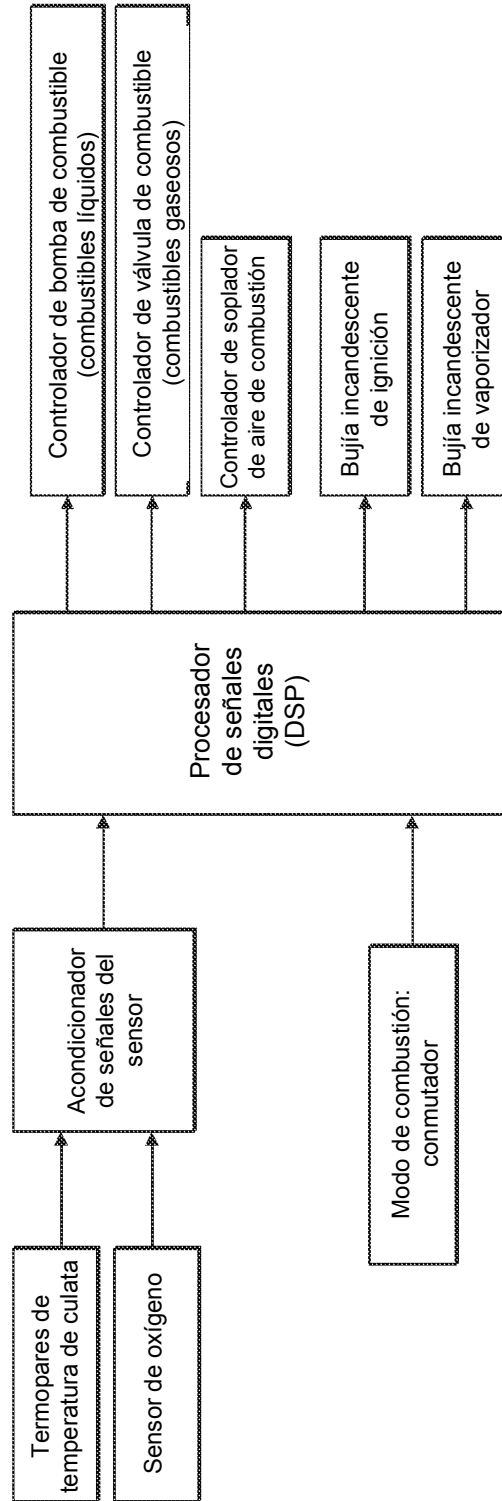


FIG. 6

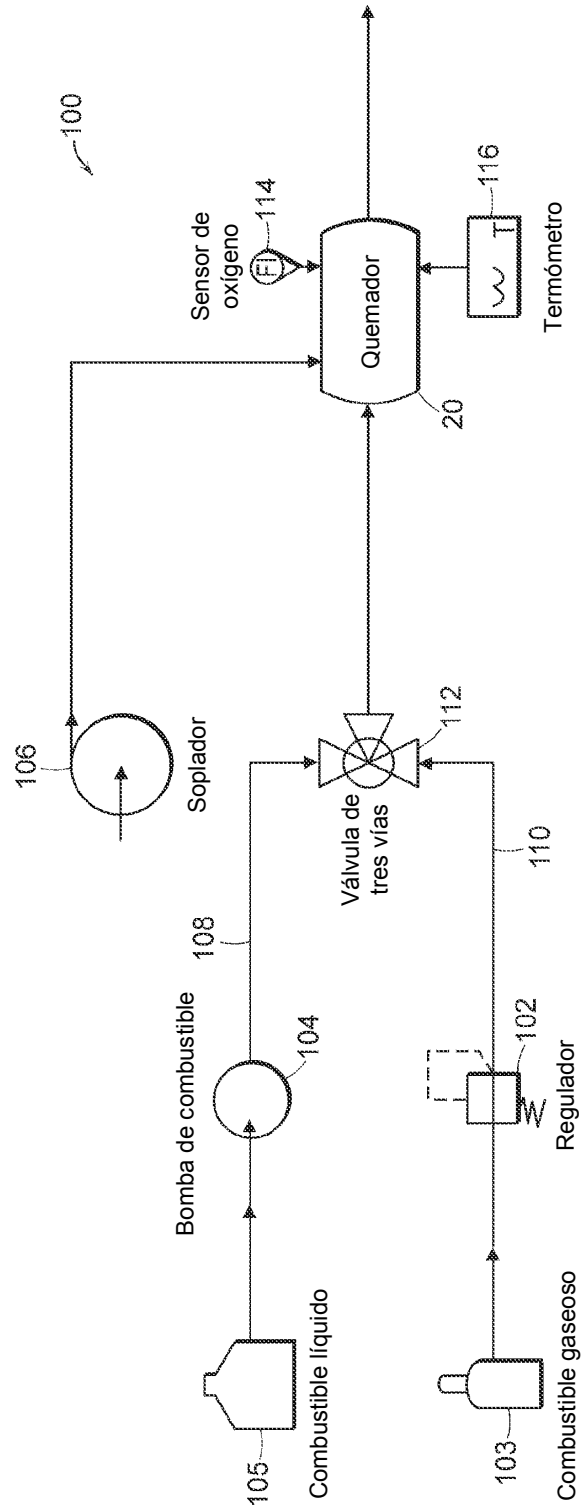


FIG. 7