

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 550 277**

51 Int. Cl.:

**F23C 13/00** (2006.01)

**F23C 13/02** (2006.01)

**F23D 14/18** (2006.01)

**F23D 11/44** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.01.2008 E 08705285 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.07.2015 EP 2122246**

54 Título: **Un dispositivo de calefacción que incluye la quema catalítica de combustible líquido**

30 Prioridad:

**05.01.2007 SE 0700031**

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

**05.11.2015**

73 Titular/es:

**ZEMISSION AB (100.0%)  
SCHEELVAGEN 17  
223 70 LUND, SE**

72 Inventor/es:

**VESTIN, ANDERS**

74 Agente/Representante:

**PONTI SALES, Adelaida**

**ES 2 550 277 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

Un dispositivo de calefacción que incluye la quema catalítica de combustible líquido

## 5 Campo de la invención

[0001] La presente invención se refiere en general a un dispositivo de calentamiento que utiliza la combustión catalítica, y más específicamente la invención se refiere a un dispositivo de calentamiento para combustibles líquidos. Se refiere además a una estufa que tiene un dispositivo de calentamiento de la invención.

10

## Antecedentes de la invención

[0002] En general, la combustión catalítica tiene muchas ventajas en comparación con la combustión en fase gaseosa convencional. Las ventajas más evidentes son emisiones muy bajas, alta seguridad (normalmente no hay llama presente y la mezcla de gas es demasiado pobre para la ignición de la fase gaseosa), capacidad de control, falta de sensibilidad a las fluctuaciones rápidas de caudal/presión, amplio rango de potencia y funcionamiento silencioso. Las desventajas típicas son los requisitos de evaporación completa del combustible y mezcla homogénea de aire/combustible para eliminar el riesgo de degradación térmica del catalizador. Debido al requisito de evaporación del combustible, la combustión de combustibles gaseosos presenta menos problemas que la combustión de combustibles líquidos y las aplicaciones comerciales están aumentando. Sin embargo, cuando se trata de la combustión catalítica de combustibles líquidos son pocas, si es que hay alguna, las aplicaciones comerciales debido al problema de lograr la evaporación completa y eficiente de los combustibles de hidrocarburos y sin acumulación de residuos de hidrocarburos pesados. Otra desventaja típica es la energía (eléctrica) y el tiempo necesario para calentar el material catalítico en el arranque. Esta desventaja en particular, ha inhabilitado hasta ahora las cámaras de combustión catalíticas en aplicaciones donde un comienzo rápido es crucial. El uso de una llama para calentar en la puesta en marcha da lugar a un aumento de las emisiones dependiendo de cómo se opere la cámara de combustión, es decir, de con qué frecuencia se pone en marcha el quemador durante el ciclo de funcionamiento. Adicionalmente, un precalentador de la llama

[0003] complica el sistema, ya que requiere dispositivos de atomización de combustible y un encendedor de llama separado. Por tanto, es necesario un principio de puesta en marcha rápido y de bajo nivel de emisiones para una cámara de combustión catalítica, consumiendo un mínimo de energía eléctrica. Los dispositivos de arranque eléctricos anteriores tienen la desventaja de consumir una gran cantidad de energía eléctrica y de necesitar mucho tiempo para calentar. Esto retrasará la ignición del catalizador, lo que da lugar a la emisión de altos niveles de hidrocarburos no quemados y monóxido de carbono.

[0004] JP 61-134515 describe un quemador catalítico que inyecta un chorro de combustible líquido en un flujo de aire arremolinado. La bomba de combustible necesaria para inyectar el combustible proporciona una presión relativamente alta, lo cual es costoso desde el punto de vista de consumo de energía. La bomba necesaria para generar una presión alta también incrementa el coste de la unidad montada. Además, es necesario precalentar la entrada del aire de entrada en un intercambiador de calor para obtener la completa evaporación del combustible, lo que aumenta aún más la complejidad y el coste de la unidad montada. US 5 685 156 describe un quemador catalítico para, por ejemplo, una turbina de gas. Este quemador también requiere grandes cantidades de energía para activar la bomba de combustible y también requiere una solución de bombeo relativamente costosa.

45

[0005] DE 100 14 092 describe un quemador catalítico con preevaporación del combustible; después de la evaporación del combustible, este se mezcla con aire precalentado, con lo cual la mezcla de combustible/aire pasará por un elemento catalítico y se quemará. El quemador, de acuerdo con el documento DE 100 14 092 exige combustible con una alta pureza y un intervalo de ebullición breve, de lo contrario, se producirá coque y/o la destilación del combustible.

50

[0006] US 2005/0235654 describe un quemador catalítico en el que el combustible se evapora empapando un material de tipo fieltro en la parte inferior de un evaporador. Esta solución tendrá los mismos problemas que el quemador de DE 100 14 092.

55

[0007] El problema con la evaporación de los combustibles líquidos reside en que la temperatura del evaporador debe ser la del cuerpo del catalizador y se mezcla en la cámara de premezcla. En ella, una dirección de flujo de la mezcla gira hacia el cuerpo del catalizador. Una parte del gas de escape se introduce en el aire en uno de los extremos. De esta manera, es posible simplificar y reducir el tamaño para el aparato de combustión, asegurando al mismo tiempo el efecto de precalentamiento del aire por la circulación de los gases de escape.

60

[0008] US 2003/0188486 da a conocer un cambio que genera gas reformado rico en hidrógeno provocando

una reacción catalítica de combustible y aire. Está formado por una cámara de premezcla para mezclar previamente el combustible y el aire. A la cámara de premezcla se le suministra aire a alta temperatura desde un tubo de entrada de aire a través de un orificio. Un inyector de combustible inyecta el combustible en el flujo del aire de alta temperatura en la cámara de premezcla para generar una mezcla de combustible-aire. Un filtro de homogeneización  
5 homogeneiza la composición de la mezcla de combustible y aire en la cámara de premezcla y suministra una mezcla de combustible y aire uniforme a un catalizador reformado.

**[0009]** En WO 2007/003649, que es un documento conforme con el artículo 54(3) EPC, se da a conocer una cámara de combustión catalítica para la combustión de combustibles gaseosos y líquidos. La cámara de combustión  
10 comprende una carcasa que tiene una entrada y una salida a través de la cual se dirige el flujo de aire y un inyector de combustible para inyectar combustible en el flujo de aire. La cámara de combustión contiene al menos un elemento catalítico para la combustión de la mezcla de combustible y aire. Se coloca un dispositivo de evaporación de combustible para la evaporación del combustible líquido, que se calienta por el elemento catalítico, ya sea a través de la combustión en el mismo o por medio de un elemento de calentamiento eléctrico dispuesto adyacente al  
15 mismo.

**[00010]** US 2004/0154222 da a conocer un reactor primario para un sistema de procesamiento de combustible que emplea vapor y aire para convertir un combustible de hidrocarburo líquido en una corriente de gas rico en hidrógeno, la mezcla de corriente de aire y combustible líquido se mezcla en una región de mezcla dentro del reactor. La mezcla  
20 de combustible pasa luego a través de una región del catalizador calentada eléctricamente que calienta la mezcla a la temperatura de funcionamiento de un catalizador apagado en el inicio del sistema. La mezcla de combustible calentada pasa después a través de un monolito de catalizador apagado donde se disocia el combustible de hidrocarburos. Una vez que la mezcla de combustible se calienta a la temperatura de funcionamiento del catalizador apagado, la región del catalizador calentado eléctricamente se apaga porque la reacción exotérmica en el monolito  
25 del catalizador apagado genera el calor necesario para mantener la reacción catalítica.

**[00011]** EP 1 126 216 da a conocer un aparato de combustión del catalizador que incluye un curso de alimentación de combustible para alimentar el combustible líquido, un curso de alimentación de aire para la alimentación de aire, una unidad de mezcla para la mezcla de combustible que se utilizará desde el curso de alimentación de combustible  
30 con aire para ser alimentado desde el curso de alimentación de aire y una unidad de vaporización para calentar la mezcla obtenida mezclando en la unidad de mezcla para vaporizar el combustible líquido. Una unidad de calentamiento del catalizador se coloca aguas abajo de la unidad de vaporización en contacto con o cerca de la unidad de vaporización en términos de conducción de calor, para llevar un componente catalizador de oxidación. Un catalizador de combustión está situado a continuación de la unidad de calentamiento del catalizador y tiene múltiples  
35 orificios conductores, en los que la unidad de vaporización es capaz de utilizar el calor de la unidad de calentamiento del catalizador.

**[00012]** US 6 065 957 da a conocer un aparato de combustión del catalizador que incluye un cuerpo de catalizador en forma de anillo para quemar catalíticamente la mezcla de combustible y aire, que está dispuesta en un cilindro de  
40 combustión. En el cilindro de combustión se colocan una boquilla de combustible y una entrada para el aire en uno de los extremos del cuerpo del catalizador. La cámara de premezcla se coloca en el otro extremo. El combustible y el aire se suministran desde un extremo del cuerpo catalizador a través de un orificio pasante formado en la parte central del controlable dependiendo de las condiciones de funcionamiento del quemador que coinciden con un rango de potencia amplio y una excelente controlabilidad del proceso de combustión catalítico y se debe evitar la  
45 acumulación de residuos de hidrocarburos pesados para evitar la formación de coque. Además, el evaporador debe alcanzar una temperatura adecuada en poco tiempo durante la puesta en marcha con el fin de conseguir un proceso de inicio rápido y eficiente, mejorando el rendimiento y minimizando las emisiones de arranque en frío. Finalmente, esto tiene que llevarse a cabo con un consumo mínimo de energía eléctrica.

## 50 Resumen de la invención

**[00013]** Con el fin de mitigar, aliviar o eliminar al menos parcialmente uno o varios de los problemas antes mencionados, es un objeto de la presente invención proporcionar un dispositivo de calentamiento de acuerdo con la reivindicación 1, que tiene un tubo de entrada que envía el aire y el combustible en una dirección tangencial en un  
55 dispositivo de evaporación de combustible, de forma que se crea un fuerte remolino en el mismo.

**[00014]** Otros objetivos y aspectos de la invención se encuentran en las en las reivindicaciones dependientes.

## Breve descripción de las figuras

60

**[00015]** Otros objetivos, características y ventajas de la invención resultarán más evidentes mediante la siguiente descripción detallada de las distintas formas de realización de la invención haciendo referencia a los dibujos

adjuntos, en los cuales:

la figura 1 es una vista en sección transversal de un dispositivo de calefacción de acuerdo con la invención,

5 las figuras 2-3 muestran una realización de un dispositivo de evaporación de combustible de acuerdo con una realización de la invención,

las figuras 4 y 5 muestran distintos ejemplos de realizaciones para un dispositivo de evaporación de combustible de acuerdo con la invención,

10

la figura 6 es una vista en sección transversal de un dispositivo de evaporación de combustible a lo largo de la línea A-A en la figura 5,

15 la figura 7 muestra una realización con desplazamiento axial entre los dos tubos de entrada interiores del evaporador de combustible,

la figura 8 muestra las combinaciones de la configuración axial y radial del dispositivo de calentamiento, y las figuras 9a y 9b muestran una configuración puramente radial del dispositivo de calentamiento.

20 La figura 10 muestra una realización de la invención en la que el dispositivo de evaporación de combustible tiene forma anular,

la figura 11 muestra una realización formada por una cámara de giro,

25 La figura 12 muestra una realización en la que el evaporador de combustible se extiende más allá del primer elemento catalítico y

La Figura 13 muestra una realización sin medios para suministrar aire secundario.

### 30 Descripción detallada de las formas de realización

[00016] Una realización de un dispositivo de calentamiento 100 puede verse en la figura 1. El dispositivo de calentamiento 100 está formado por una carcasa exterior 110, que sustancialmente tiene forma de cono truncado con una gran abertura orientada hacia arriba. La parte inferior de la carcasa exterior 110 está cerrada, tiene por  
35 ejemplo una pared inferior ligeramente curvada o sustancialmente plana 111, lo que cierra de manera fluida la parte inferior de la carcasa exterior 110 formando una sartén. Dentro de la carcasa exterior 110 se coloca una pared interior 120, esta pared tiene sustancialmente forma de cono truncado, con una gran abertura orientada hacia arriba. Una pared superior 115 está unida a la carcasa exterior 110 y la pared interior 120 en sus periferias superiores, de forma que se forma una tapa fluida estrecha encima del espacio entre la carcasa exterior 110 y la pared interior 120.  
40 A este espacio se hace referencia como cámara de entrada exterior (OIC). La pared interior 120 termina a cierta distancia de la pared inferior 111, de forma que un fluido se pueda transferir desde la cámara de entrada exterior (OIC) al interior de la pared interior 120. La carcasa exterior 110 y la pared 120 están dispuestos sustancialmente de forma coaxial.

45 [00017] El tubo de entrada externo 112 está conectado a la parte superior de la carcasa exterior 110. El tubo de entrada exterior 112 está colocado para dirigir el flujo de fluido tangencialmente a la carcasa exterior 110 y a la pared interior 120, y con orientación horizontal inicialmente. Al final el flujo hará espirales hacia abajo, hacia la salida próxima a la pared inferior 111. En una realización, se puede colocar una lámina o ala en la cámara de entrada exterior para ayudar a dirigir el flujo hacia el flujo de rotación acoaxial.

50

[00018] El dispositivo de evaporación de combustible 130, en adelante referido como evaporador de combustible, se coloca sustancialmente de forma coaxial dentro de la pared interior 120. Por lo general, el evaporador de combustible tiene la forma de un cilindro con una sección transversal circular, y la parte superior del evaporador de combustible está cerrada por una pared superior 131u. Una parte inferior del evaporador de combustible está abierta  
55 y colocada hacia la pared inferior 111 de la carcasa exterior 110. El interior de la superficie de la pared periférica de la parte superior del evaporador de combustible 130 es la zona de evaporación principal. La sección transversal del evaporador de combustible 130 no tiene que ser circular, pero debe ser sustancialmente axisimétrica.

[00019] El volumen total dentro del evaporador de combustible se conoce como la cámara de entrada interior (IIC).  
60 El volumen entre la superficie exterior del evaporador de combustible 130 y la superficie interior de la pared interior 120 se conoce como cámara de mezcla (MC).

**[00020]** Un tubo de entrada interno 132 está conectado a la parte superior del evaporador de combustible 130. Este tubo está configurado para dirigir el fluido entrante tangencialmente hacia una pared periférica 131p del evaporador de combustible 130, de forma que se genera un fuerte remolino. El tubo de entrada interior 132 también incorpora un tubo de combustible 133, que suministra combustible desde una bomba de combustible (no se muestra). En una  
 5 realización, la tubería de suministro de combustible se proporciona con una boquilla 134, que puede ser un orificio simple. Para formar pequeñas gotitas uniformes a pesar de la presión baja del combustible (el combustible se puede suministrar solamente por gravedad), la boquilla 134 puede incorporar un alambre delgado 135 con un diámetro de aproximadamente la mitad del diámetro interior de la boquilla, insertada axialmente en dicha boquilla. El alambre puede extenderse, por ejemplo, una cierta distancia desde la boquilla de la tubería de entrada, correspondiente  
 10 aproximadamente a 10 veces el diámetro interior de dicha boquilla. La abertura en la parte inferior del evaporador actúa para descargar el combustible y/o el aire que se inyecta en el evaporador de combustible a través de la tubería de entrada interior 132.

**[00021]** Un primer elemento catalítico 140 está colocado muy cerca de o en contacto con el evaporador de  
 15 combustible 130. En una forma de realización, el elemento catalítico 140 rodea el evaporador 130 en el extremo superior del mismo, véase, por ejemplo la figura 12 y en otra forma de realización, el elemento catalítico 140 rodea el evaporador en una posición ligeramente hacia abajo desde el extremo superior del evaporador de combustible. Un elemento de calefacción eléctrico 141 se coloca en contacto con o muy cerca del primer elemento catalítico 140. En una forma de realización, el elemento de calentamiento eléctrico 141 también está en contacto con o muy cerca del  
 20 evaporador de combustible 130. El elemento de calefacción eléctrico 141 se coloca sustancialmente para calentar el elemento catalítico 140 hasta la ignición. El elemento de calefacción eléctrico 141 no tiene que cubrir toda la zona del catalizador 140, ya que el calor se extenderá desde las zonas calentadas a la estructura catalítica completa. El primer elemento catalítico 140 está colocado para cubrir sustancialmente una sección transversal completa entre el evaporador de combustible 130 y la pared interior 120, como puede verse en la figura 1, de forma que  
 25 sustancialmente todo el fluido que fluye entre el evaporador de combustible 130 y la pared interior 120 pasa por el primer elemento catalítico 140. En una forma de realización, el primer elemento catalítico 140 está colocado justo encima de la pared superior 131u del evaporador de combustible, y este elemento se extiende desde la superficie interior de la pared interior 120 y cubre toda su sección transversal interior. El primer elemento catalítico 140 se  
 30 coloca entonces en contacto con o muy cerca de la pared superior 131u, ver por ejemplo la figura 11.

**[00022]** El apoyo del elemento catalítico 140 en una forma de realización está fabricado a partir de metal, como una red o malla metálica, pero en otras formas de realización puede tener una forma similar con una configuración sustancialmente delgada y plana. En otra forma de realización, el soporte puede fabricarse a partir de un monolito. El monolito o la red o la malla metálica se cubren con un revestimiento de cerámica, que es un material activo  
 35 catalíticamente o está cubierto con un material activo catalíticamente. El revestimiento aumenta sustancialmente el área de superficie del elemento catalítico, y en consecuencia permite una dispersión eficaz del material catalíticamente activo para ser depositado sobre el elemento 140. El primer elemento catalítico debería tener una masa relativamente pequeña para permitir que se precaliente rápidamente. El revestimiento puede estar hecho de cualquier material adecuado, como el óxido de aluminio.

**[00023]** Un segundo elemento catalítico 150 se coloca justo encima de la pared superior 131u del evaporador de combustible, y este elemento se extiende desde la superficie interior de la pared interior 120 y cubre toda su sección transversal interior. El segundo elemento catalítico 150 se coloca en contacto con o muy cerca de la pared superior 131u. La forma cónica de expansión hacia arriba de la pared interior significa que el segundo elemento catalítico 150  
 45 es mayor que el primer elemento catalítico 140. El segundo elemento catalítico 150 permite una mayor potencia del dispositivo de calentamiento. Un tercero y posiblemente un cuarto (o más) elemento catalítico adicional se puede colocar a continuación en el dispositivo de calentamiento, es decir, encima del primer elemento catalítico 140 y del segundo 150. La zona de combustión principal se forma en la parte superior del dispositivo de calentamiento, en el segundo elemento catalítico 150 (y en cualquier elemento catalítico adicional colocado a continuación), pero el  
 50 primer elemento catalítico 140 está activo durante la mayoría de las condiciones de funcionamiento. El evaporador de combustible 130 puede penetrar a través del primer elemento catalítico 140 y en la zona de combustión principal en el segundo elemento catalítico 150.

**[00024]** Si el soporte del primer elemento catalítico 140 está hecho de metal, este soporte se puede utilizar como el  
 55 elemento de calefacción eléctrico 141 mediante el uso de la resistencia eléctrica de dicho soporte. El elemento de calefacción eléctrico 141 puede estar eléctricamente aislado del primer elemento catalítico 140 mediante el revestimiento y/o un sustrato cerámico del primer elemento catalítico 140. El elemento de calefacción eléctrico 141 también puede ser una espiral de calefacción eléctrica totalmente aislada eléctricamente, de la que se muestra la sección transversal en las figuras.

**[00025]** En una forma de realización el dispositivo de calefacción se puede proporcionar con una placa de calefacción 170 que cubre sustancialmente la parte superior de dicho dispositivo de calentamiento. Esta placa 170  
 60

puede estar colocada a una pequeña distancia por encima de la pared superior 115, formando un canal entre ellas. Esto forma un canal de escape para el gas de combustión. En una forma de realización, los gases se recogen en un distribuidor (no se muestra) y pasan a través del tubo de escape (no se muestra) al exterior del dispositivo de calefacción. Puede ser útil una placa de calefacción 170 si el dispositivo de calefacción se utiliza en una estufa. En ese caso se puede colocar una olla o una sartén sobre la placa de calefacción 170.

**[00026]** En otra forma de realización de la invención, la placa 170 puede ser una placa cerámica siendo transparente en la zona de longitud de onda del infrarrojo. En dicha forma de realización, la radiación infrarroja que emana del elemento catalítico es libre para viajar a través de la placa de cerámica y calentar la olla o la sartén colocada en la placa cerámica.

**[00027]** En una forma de realización la superficie inferior de la placa de calefacción 170 se puede proporcionar con pequeños cilindros de protección hacia abajo (no se muestran) u otros medios para mejorar la transmisión de calor por convección. Estos cilindros obstaculizarán el flujo de escape dirigido hacia fuera entre la pared superior 115 y la placa de calefacción 170, y la transferirán más calor por convección a la placa de calefacción 170.

**[00028]** En otra forma de realización los tubos de entrada externo 112 e interno 132 pueden estar interconectados en una posición fuera de la carcasa exterior 110. Se proporciona un ventilador (no se muestra) aguas arriba de la interconexión para suministrar aire de combustión al dispositivo de calefacción. En una de las formas de realización, el tubo de entrada interno 132 se extiende por el centro del tubo de entrada exterior 112 y tiene un ángulo hacia la dirección del ventilador. Esto introduce una ligera cantidad de aire de entrada en la tubería de entrada interior, lo que aumenta la presión dinámica del aire que se dirige hacia el evaporador de combustible 130.

#### Realizaciones alternativas

**[00029]** En una realización, la pared interior 120 puede tener un ángulo de cono diferente en la parte superior y en la parte inferior, como puede verse en la figura 1. Esto hace que sea posible tener un elemento catalítico grande 150 en la zona de combustión principal, mientras el tamaño del primer elemento catalítico de puesta en marcha 140 puede seguir siendo pequeño. Un elemento catalítico pequeño de puesta en marcha disminuye el consumo de energía eléctrica y el tiempo de puesta en marcha, lo que reduce las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos sin quemar, y un elemento catalítico grande principal aumenta la zona de radiación del elemento catalítico principal que a su vez aumenta la potencia de salida máxima del dispositivo de calefacción. Cualquier elemento catalítico colocado aguas abajo puede ser tan grande como el segundo elemento catalítico 150 o mayor.

**[00030]** En otra forma de realización, la carcasa exterior 110 también puede tener un ángulo de cono diferente en su parte superior. Esto puede ser beneficioso ya que el flujo de aire entre la carcasa exterior 110 y la pared interior 120 sigue la superficie exterior de la pared interior de forma más estrecha. Esto aumenta la transferencia de calor desde la pared interior 120 hasta el flujo de aire en la cámara de entrada exterior (OIC), lo que se busca en algunas aplicaciones. La pared interior 120 se calienta por combustión en el interior del dispositivo de calefacción, principalmente a través de la radiación desde el segundo elemento catalítico 150 y cualquier elemento catalítico aguas abajo adicional.

**[00031]** El evaporador de combustible 130 puede tener una gran área de sección transversal mayor en su parte superior, en la zona del tubo de entrada. Esto aumenta el área del evaporador de combustible que recibe calor de los elementos catalíticos circundantes 140, 150. Esto también aumenta la masa del evaporador, y esto aumenta el tiempo de arranque. Por esta razón, el evaporador puede estar dividido térmicamente, lo que significa que la parte superior está separada térmicamente de su parte inferior. Esto se indica mediante la línea divisoria 136. Esto se puede mejorar mediante el uso de diferentes materiales, como el acero normal en la parte superior y el acero inoxidable, con una conductividad térmica más baja, en la parte inferior. Por tanto, otro material con una conductividad térmica aún menor puede ser adecuado. En la figura 1, la parte superior del evaporador de combustible se calienta mediante el elemento de calefacción eléctrico 141, y la división térmica significa que solo se pierde un poco de calor hacia la parte inferior del evaporador de combustible. Esto reduce la masa que se calienta en el arranque, lo que reduce el consumo de energía del elemento de calefacción eléctrica 141.

**[00032]** También es posible utilizar el mismo material para ambas partes del evaporador, pero el uso de un material térmicamente aislante en la línea divisoria entre las dos partes, como un espaciador o un equipamiento de baja conductividad térmica. También se puede obtener una división térmica reduciendo la superficie de contacto en las juntas entre las diferentes secciones del evaporador.

**[00033]** La parte aguas arriba del evaporador de combustible es normalmente la zona de evaporación. La parte superior del evaporador de combustible puede tener un aumento escalonado en diámetro desde el extremo aguas abajo, como se ve en la figura 1, formando una pared inferior horizontal 131. Este paso atrapa gotitas de

combustible y aumenta el tiempo de residencia para el combustible en la zona de evaporación caliente, lo que mejora la evaporación de las fracciones de combustibles pesados. Además, una contracción aguas abajo del evaporador mejora el remolino en el mismo y por lo tanto, afecta al flujo en el exterior del evaporador de combustible. Esto hará que se vea más afectado por el gas caliente que lo rodea a partir del primer elemento catalítico 140. Estos gases transferirán el calor al evaporador de combustible 130 por convección, considerando que todos los elementos catalíticos 140, 150 transferirán calor por radiación. Una parte superior más grande del evaporador de combustible 130 se irradiará como consecuencia con más calor. El diámetro más pequeño en la parte inferior del evaporador de combustible dará lugar a una zona de masa y superficie reducida de la estructura del evaporador de combustible más bajo, lo que significa que se transfiere menos calor desde la parte superior a la parte inferior del evaporador de combustible. También se transfiere menos calor al flujo de aire aguas arriba desde el evaporador de combustible 130.

**[00034]** El dispositivo de calefacción de la invención no tiene que ser de forma cónica. El objetivo principal de esta geometría es asegurar una mezcla completa de los dos flujos en la salida del dispositivo de evaporación de combustible 130 y para reducir el área de la sección transversal de la hendidura anular entre la pared interior 120 y la salida del evaporador de combustible 130 para evitar el riesgo de fuego. La expansión de la pared interior 120 conduce además a una zona gradualmente aumentada de los elementos catalíticos 140, 150, lo que permite una gran potencia máxima del dispositivo de calefacción combinado con un primer elemento catalítico pequeño 140. Estas características se pueden conseguir de otras maneras, como resulta evidente para una persona experta en la materia. La pared interior 120 se puede formar con una parte de expansión, que tiene una primera y segunda transición en la que la pared interior, que tiene paredes sensiblemente paralelas, se conecta a la parte de expansión.

**[00035]** El dispositivo de evaporación de combustible 130 se ilustra con paredes sustancialmente paralelas, pero esto no es necesario para llevar a cabo la invención. Las paredes del dispositivo de evaporación de combustible 130 también pueden estar en ángulo hacia el interior hacia la salida del dispositivo de evaporación de combustible (por ejemplo, 5-30 grados). Esto tendrá cierto impacto en el flujo dentro del dispositivo de evaporación de combustible 130 y también en el exterior del mismo. Adicionalmente, en el dispositivo de evaporación de combustible 130 puede haber secciones con diferentes diámetros con paredes sustancialmente paralelas, como se muestra en la figura 1. Esto puede ser beneficioso Especialmente si el dispositivo de calentamiento tiene una configuración vertical (con respecto a la dirección de flujo a través del elemento catalítico), creando una pared horizontal 131b que permita mantener el combustible durante la evaporación en caso de la temperatura del dispositivo de evaporación de combustible 130 sea temporalmente insuficiente. Para mejorar el campo de flujo dentro y fuera del evaporador en caso de que haya diferentes diámetros, el evaporador también puede constar de una sección, que se estreche progresivamente, entre las dos secciones cilíndricas, consulte por ejemplo la figura 12.

**[00036]** El dispositivo de calentamiento catalítico de la invención se describe como axial (con respecto a la dirección de flujo a través de los elementos catalíticos), pero también puede tener una configuración radial. En este caso, los elementos catalíticos 140 y 150 se pueden colocar de forma concéntrica, con el primer elemento catalítico, el 140, en el centro, véanse Figuras 9a y 9b. 9a y 9b. El dispositivo de evaporación de combustible 130 debería, en este caso, tener su salida en el centro, dentro del primer elemento catalítico, el 140, y debería poder penetrar a través de dicho elemento y de los elementos aguas abajo tal y como se describe a continuación para la configuración axial y, así, dividir cada elemento catalítico en dos partes, como se ve en la figura 9a.

**[00037]** El flujo transversal a través del elemento catalítico en la configuración radial descrita está básicamente dirigido radialmente hacia el exterior, hacia la periferia del dispositivo de calentamiento. Sin embargo, si el dispositivo de calentamiento se va a utilizar para calentar, por ejemplo, la superficie exterior de un cilindro, un flujo esencialmente dirigido radialmente hacia el interior, hacia el centro de la cámara de combustión, es beneficioso.

**[00038]** La mezcla de configuración axial y radial es también posible cuando el dispositivo de evaporación de combustible 130 y el primer elemento catalítico 140 tienen una configuración esencialmente axial semejante a la geometría de la primera realización, mientras que el flujo de dirección transversal a través del elemento catalítico aguas abajo es esencialmente radial, véase la figura 8.

**[00039]** El dispositivo de evaporación de combustible puede penetrar (atravesar) varios elementos catalíticos tanto en la configuración axial como en la radial. En los casos en los que dicho dispositivo de evaporación de combustible atraviese muchos elementos catalíticos, se incrementará la masa del dispositivo de evaporación del combustible. Esto dará lugar a una masa térmica más elevada y, por lo tanto, a un mayor consumo de energía eléctrica durante el arranque. Este problema puede solucionarse parcialmente mediante la división termal del dispositivo de evaporación de combustible en dos o más secciones, a través de dos o más divisiones 136, 136', limitando así la parte calentada eléctricamente a una sección inmediatamente adyacente al elemento de calentamiento eléctrico 141, reduciendo, por consiguiente, la masa térmica calentada eléctricamente, disminuyendo el consumo de energía eléctrica en el arranque y acortando el tiempo de calentamiento.

**[00040]** En algunas formas de realización, el dispositivo de combustible de evaporación 130 se muestra con una entrada tangencial. Sin embargo, para mejorar la turbulencia y/o para hacer el campo de flujo más simétrico, más de una entrada puede ser beneficiosa en algunos casos, siempre y cuando la velocidad de flujo tangencial en las 5 entradas sea suficiente para crear las condiciones de evaporación eficiente mencionadas a continuación, por ejemplo, las figuras 4-7, y la figura 8.

**[00041]** Para mejorar el potencial de variación de carga del dispositivo de calentamiento, puede ser beneficioso precalentar el aire antes de que este entre en el dispositivo de evaporación de combustible 130. Para evitar el riesgo 10 de que el combustible se convierta en coque en el tubo de inyección de combustible, sólo es posible un ligero precalentamiento. Para evitar este riesgo por completo si hay más de un tubo de entrada tangencial interno, una o más de las tuberías de entrada 132b se pueden configurar sin una tubería de suministro de combustible para, así, utilizarse exclusivamente para inyectar aire precalentado en el dispositivo de evaporación del combustible, véase la figura 8. Así, este flujo de aire se podrá precalentar a temperaturas más altas, p. ej., de 200-500 °C, aumentando así 15 sustancialmente la temperatura del flujo de gas total que pasa a través del dispositivo de evaporación de combustible 130.

**[00042]** Otra manera de lograr este efecto es mejorar la transferencia de calor al dispositivo de evaporación de combustible 130, permitiendo que dicho dispositivo penetre aún más en la zona de combustión, por ejemplo, 20 atravesando más elementos catalíticos. En este caso, la entrada con la tubería de inyección de combustible se puede colocar cerca de la salida de la cámara de combustión.

**[00043]** En general, si se emplean entradas múltiples, véanse las figuras 4-7, estas pueden colocarse en diferentes ubicaciones axiales a lo largo del dispositivo de evaporación de combustible, véase la figura 7.

**[00044]** Sin embargo, otra manera de lograr el efecto asociado con precalentamiento del aire que entra en el dispositivo de evaporación de combustible 130 es inducir (recircular) un flujo de gases de combustión calientes a través de dicho dispositivo de evaporación de combustible. Esto se puede lograr practicando una o varias aberturas 25 en la pared superior 131u del dispositivo de evaporación de combustible 130, donde sea utilizado el gradiente de presión por el componente de velocidad de rotación dentro de dicho dispositivo 130 para conducir el flujo. Este gradiente de presión crea una presión más baja en la parte central del evaporador de combustible.

**[00045]** Si la distancia entre el punto de inyección de combustible (la superficie de evaporación utilizada cuando el dispositivo de calentamiento está en funcionamiento) y la parte del dispositivo de evaporación de combustible 130 35 calentada eléctricamente pasa a ser sustancial, puede ser beneficiosa para montar la cámara de combustión con una ligera inclinación, a menos que la cámara de combustión esté montada verticalmente, para que el combustible inyectado en el arranque sea transportado a la parte inicialmente calentada por gravedad y también por el flujo de aire.

**[00046]** En aplicaciones donde precalentar el flujo de aire sea menos importante o pueda lograrse de acuerdo con las realizaciones anteriores, el flujo de aire exterior y el canal de aire anular asociado entre la carcasa exterior 110 y la pared interior 120 pueden ser eliminados, haciendo así la construcción menos complicada. Todo el flujo de aire se 40 suministrará entonces a través de la(s) tubería(s) interior(es) de entrada 132. En este caso, la pared 120 no es necesaria, ya que no entrará flujo de entrada exterior en el dispositivo de calentamiento 100, véase por ejemplo la figura 13.

**[00047]** A continuación se describen algunas formas de realización de la invención con referencia a las figuras 10-13.

**[00048]** En la Figura 1, se muestra una realización en la que se utiliza el evaporador anular 200 en lugar del evaporador 130, mostrada en las figuras 1-9 y 11-13. En la realización de la Figura 10, el combustible y el aire entran en el evaporador anular 200 en dirección tangencial, lo cual provoca una turbulencia en el flujo de combustible y el aire; y la zona de evaporación está situada en la parte superior de una superficie de pared exterior circular 210'. El flujo de turbulencia se propaga hacia abajo, delimitado por la pared exterior circular 210 y por una 55 pared interior circular 220. La pared interior podría tener la forma de un cono (tal y como se muestra en la figura 10), pero también podría estar formada por una pieza cilíndrica de material. La pared interior separa una cierta porción de la parte inferior 230 de la pared exterior 210, lo cual deja una vía para que el flujo de combustible y aire se muevan hacia el interior y entren en un espacio interno delimitado por la pared interior 220. El movimiento hacia adentro del flujo de turbulencia aumentará la turbulencia y como consecuencia también aumentará 60 considerablemente la mezcla de combustible y aire.

**[00049]** En las inmediaciones de la parte inferior 230, se podrían proporcionar perforaciones 240 para que el aire

secundario entrara en el flujo de turbulencia de combustible y aire. El diseño de las perforaciones 230 podría ser tal que el aire secundario impulsara el movimiento de turbulencia, o podrían organizarse de tal manera que el flujo de aire secundario entrara en la parte inferior en una dirección radial. Cabe señalar que la realización de la figura 10 puede realizarse sin un flujo de aire secundario, según se describió anteriormente haciendo referencia a la figura 13.

5 Además, el evaporador 200 se puede dividir térmicamente en base a las otras realizaciones.

**[00050]** De esto se sigue que el flujo de combustible y aire continuaría desplazándose hacia arriba, delimitado por las paredes internas 220; y con el tiempo, entraría en contacto con los elementos catalíticos 250, 260 y 270, en los cuales tendría lugar la combustión. Por supuesto, el número de elementos catalíticos puede variar, yendo de un solo elemento 250 hasta un número arbitrario de elementos, p. ej., tres, cinco o diez elementos.

**[00051]** Además, el dispositivo, de acuerdo con la realización mostrada en la figura 10, está dotado de un elemento de calentamiento eléctrico y de otras características tal y como se describió anteriormente con referencia a las figuras 1-9.

15 **[00052]** La figura 11 muestra una forma de realización semejante a la forma de realización de la figura 1, si bien el aire secundario se suministra a través de las perforaciones 340. Las perforaciones 340 suministran aire secundario a la "cámara de inflexión" 350, la cámara de inflexión tiene un volumen delimitado por la pared interior 120 y un diámetro mayor que el diámetro de la pared interior cerca de la salida del evaporador 130.

20 **[00053]** Además, en algunas realizaciones (véase la figura 13) no se suministra aire secundario. Las realizaciones sin suministro de aire secundario pueden emplearse tanto con el diseño del evaporador de acuerdo con las figuras 1-9, 11-13, como con el diseño de evaporador anular de la figura 10.

#### 25 Funcionamiento del dispositivo de calentamiento

**[00054]** El flujo de aire exterior y/o el flujo de aire/combustible dentro del evaporador de combustible se muestran con flechas de trazos en la figura 1. Durante el funcionamiento en estado estacionario, el ventilador suministra aire que toma de la atmósfera a la entrada 112, 132 del dispositivo de calentamiento 100. Una primera parte del flujo de aire se empuja tangencialmente entre la carcasa exterior 110 y la pared interior 120 formando un campo de flujo de turbulencia anular, en el que dicha parte del flujo de aire se precalienta por convección en la pared interior 120. El calor de la pared interior 120 emana de la combustión catalítica que tiene lugar en los elementos catalíticos 140, 150. El flujo de entrada también puede entrar primero en el canal anular 116 antes de entrar en la cámara de entrada externa (OIC). Sólo el componente de flujo axial se muestra para el flujo en la cámara de entrada externa (OIC), la cámara de mezcla MC y la zona de combustión, pero el flujo puede también tener un componente tangencial que no se muestra. Una segunda parte del flujo de aire se dirige tangencialmente hacia la parte superior del evaporador de combustible 130, a través del tubo de entrada interior 132. El flujo de aire tangencial genera un campo de velocidad de rotación, una turbulencia. El combustible líquido se inyecta desde la boquilla 134 de la tubería de combustible 133 en forma de gotitas aceleradas y transportadas por el flujo de aire tangencial hacia el campo de velocidad de rotación. El combustible líquido se inyecta a través de una bomba de baja presión o por gravedad desde la boquilla de combustible 134 en el centro del flujo de aire tangencialmente dirigido. Las gotitas son aceleradas por la velocidad en el flujo tangencial que rodea la tubería de suministro de combustible 133 y por el componente de fuerte velocidad de rotación en el campo de flujo generado en el interior del evaporador de combustible 130. El campo de velocidad descrito en el interior del evaporador de combustible 130 crea excelentes condiciones de transmisión de calor y masa en la pared periférica calentada 131p del evaporador de combustible 130, donde las gotas de combustible colisionan con e incidan sobre dicha pared. Las gotas son suficientemente dispersas que forman una delgada película de combustible. Además, la delgada capa límite y la transferencia de masa asociada crean una baja presión de vapor de combustible en la superficie que da lugar a una evaporación eficiente y evita la acumulación de residuos de hidrocarburos pesados (coque). El flujo de aire se calienta simultáneamente de manera eficiente. La delgada capa límite y la transferencia de masa eficiente permiten además la penetración sustancial de oxígeno en la pared periférica 131p que, a temperaturas de superficie elevadas permiten la oxidación superficial de los posibles residuos de hidrocarburos. En estas condiciones, se elimina el riesgo de autoignición en la fase gaseosa en la pared periférica 131p gracias a la alta velocidad del gas en dicha pared. Las condiciones de evaporación creadas por las características combinadas descritas anteriormente proporcionan a la cámara de combustión una marcada capacidad multi-combustible y la posibilidad de utilizar combustibles de hidrocarburos más pesados. La relación de turbulencia (el componente de velocidad tangencial dividido por el componente de velocidad axial) podría estar en el rango de 5-15, y en una forma de realización 8-12, y también podría ser de 10 en otra realización.

60 **[00055]** El dispositivo de evaporación de combustible 130 se calienta por la combustión en el primer elemento catalítico 140 y en el arranque por el elemento de calentamiento eléctrico 141. Durante el proceso de puesta en marcha y la transición al funcionamiento en estado estacionario, el dispositivo de evaporación de combustible 130 se

calienta cada vez más gracias a la combustión en el elemento catalítico 150.

**[00056]** Tras la entrada de combustible tangencial y aire en el evaporador de combustible 130, la mezcla de combustible y aire continúa fluyendo aguas abajo hacia el extremo abierto del evaporador de combustible 130. Ahí, la mezcla de aire y combustible giratoria sale de la cámara de entrada interior (IIC) del evaporador de combustible 130 radialmente hacia el exterior y sigue fluyendo aguas abajo para mezclarse con el flujo externo suministrado desde la cámara de entrada externa (OIC).

**[00057]** Este flujo de aire exterior, que puede ser dirigido tangencialmente entre la carcasa exterior 110 y la pared interior 120, forma un campo de flujo giratorio anular donde dicha parte del flujo de aire se precalienta por convección en la pared de la carcasa interior.

**[00058]** El patrón de flujo anterior permite una mezcla muy eficiente de los dos flujos y la longitud de mezcla necesaria para crear una mezcla homogénea se reduce a un mínimo. Además, dicho patrón de flujo permite capturar eficientemente las gotitas que por accidente "salgan" del evaporador debido a la ebullición de la película en caso de que la temperatura de superficie sea temporalmente demasiado alta en el evaporador. Dicha función de captura se incrementa en las realizaciones de las figuras 11-13.

**[00059]** Los dos flujos se mezclan fuera del dispositivo de evaporación de combustible 130 y continúan juntos aguas abajo (hacia arriba en la figura 1) como un flujo anular giratorio en el espacio anular que hay entre el dispositivo de evaporación de combustible 130 y la pared 120 hacia el primer elemento catalítico 140. La mezcla se ve reforzada por el movimiento de rotación de los flujos (y por la turbulencia de pequeña escala, que se genera en el borde del dispositivo de evaporación de combustible 130). La parte exterior anular del flujo, desde la cámara de entrada externa (OIC), se precalienta levemente principalmente por convección en la pared interior 120. Sin embargo, esto puede ser beneficioso con un mayor precalentamiento de este flujo antes de su mezcla con el flujo central desde la cámara de entrada interna (IIC).

**[00060]** El diámetro o área de sección transversal del evaporador de combustible 130 puede ser sustancialmente constante, como se muestra en la figura 1, o disminuir en la dirección aguas abajo del evaporador de combustible 130.

**[00061]** La mezcla de combustible y aire se quema al menos en parte en el primer elemento catalítico 140, y una combustión adicional puede tener lugar en elementos catalíticos aguas abajo, según las condiciones de funcionamiento del dispositivo de calentamiento 100.

**[00062]** En una realización, el combustible se suministra a través de la boquilla de combustible 134 en forma de gotas que son transportadas por la gravedad y el flujo de aire hacia la pared periférica del dispositivo de evaporación de flujo 130. La sencilla boquilla de goteo de combustible 134 o el inyector son baratos de fabricar. No es necesaria una bomba de combustible, lo cual reduce aún más el coste de una unidad ensamblada.

**[00063]** Las fluctuaciones temporales en el ratio aire/combustible resultantes del goteo intermitente de combustible líquido serán insignificantes ya que el campo de velocidad en la entrada del dispositivo de evaporación de combustible 130 y la tubería de suministro de combustible delgada 133 garantizan un pequeño volumen de gotitas, un tiempo de evaporación de cada gotita y, debido a el tiempo de residencia dado por el volumen de mezcla entre el dispositivo de evaporación de combustible 130 y el elemento catalítico 140 y, además, la mezcla vigorosa gracias a la turbulencia de pequeña y gran escala en la salida del dispositivo de evaporación de combustible 130. Las pequeñas fluctuaciones tienen poco impacto en la combustión ya que los catalizadores normalmente tienen un efecto memoria, es decir, inercia térmica, y una capacidad de almacenamiento de oxígeno, por lo que son más dependientes en cuanto a la media temporal aire/combustible, a diferencia de una llama normal.

**[00064]** El dispositivo de calentamiento 100 está diseñado con medidas de seguridad para evitar la explosión de retorno. La explosión de retorno tiene lugar si la combustión que tiene lugar en uno de los elementos catalíticos 140, 150 sucede aguas arriba hacia el dispositivo de evaporación de combustible 130. Esto se evita de diferentes formas, que se describen a continuación. Una primera característica de seguridad viene introducida por las dimensiones de la ranura anular en la parte aguas arriba de la cámara de mezclas (MC), que hace que la velocidad del flujo aguas arriba de los elementos catalíticos sea mayor que la velocidad de la llama actual. La velocidad de la llama viene dada, entre otras cosas, por la velocidad de la llama laminar, la relación aire/combustible y la turbulencia, y esto podría determinarse para varias condiciones de funcionamiento diferentes. Otra característica de seguridad viene dada por el hecho de que la densidad celular/el número de la malla del elemento catalítico son lo suficientemente altos, es decir, que el tamaño de sus agujeros es lo suficientemente pequeño como para apagar una llama. Esto significa que una llama catalíticamente iniciada no puede propagarse aguas arriba a través de los elementos catalíticos 140, 150, que actúan así como cortafuegos. Además, puede colocarse una malla inerte 280 (véase la

figura 10) aguas arriba del primer elemento catalítico 250. La malla inerte actuará como un cortafuegos. Una malla similar puede aplicarse también a las realizaciones mostradas en las figuras 1-9, y 11-13.

5 **[00065]** Durante el arranque y el funcionamiento a baja potencia, el dispositivo de evaporación de combustible 130 es calentado por la combustión que tiene lugar en el primer elemento catalítico 140 y en menor medida por el otro elemento catalítico 150. La temperatura del dispositivo de evaporación de combustible 130 debe mantenerse en un nivel adecuado, lo cual se logra de diferentes maneras empleando las características específicas de la combustión catalítica.

10 **[00066]** En un primer caso, se utiliza la amplia gama de relaciones aire/combustible de combustión catalítica. Si el flujo de aire aumenta a través de la cámara de combustión sin aumentar el flujo de combustible, esto dará lugar a un enfriamiento del primer elemento catalítico 140 y el evaporador 130, debido al mayor flujo másico y a la menor relación aire/combustible. La temperatura aumenta si el flujo de aire disminuye manteniéndose el flujo de combustible sustancialmente constante, permitiendo así controlar la temperatura sin cambiar la potencia de salida del dispositivo de calentamiento. Esto no es posible con una llama, ya que podría generar inestabilidad y la extinción definitiva de la llama en condiciones de escasez. En un segundo caso, la temperatura puede reducirse también aumentando la velocidad de flujo general, es decir, la potencia de la cámara de combustión, sin cambiar la relación aire/combustible. Esto dará lugar a una combustión incompleta en el primer elemento catalítico 140 y a la combustión posterior en el elemento catalítico segundo 150 o en los terceros o en otros elementos catalíticos. El combustible no quemado y el aire no transferirán calor al dispositivo de evaporación de combustible 130. Esta función no se puede obtener con una llama normal, ya que dará lugar a purga. Un aumento en la temperatura será el resultado de un flujo másico reducido que llevará a una combustión más completa (véase la descripción que figura a continuación). Al elegir cualquiera de estas técnicas, según las condiciones de funcionamiento, la temperatura del dispositivo de evaporación de combustible 130 se puede controlar a un nivel adecuado para cada condición de funcionamiento conducente a la evaporación eficiente de cualquier combustible. Esto se traduce en una capacidad multi-combustible pronunciada. A cargas bajas, la zona de reacción de la combustión se encuentra principalmente en el primer elemento catalítico 140. Esto aumenta la temperatura del dispositivo de evaporación de combustible 130, lo cual permite la evaporación del posible residuo de hidrocarburo acumulado en dicho dispositivo de evaporación de combustible 130. A cargas altas, el flujo de gas se incrementa y la transferencia de masa de los reactivos a la superficie del elemento catalítico 140 mejora. Si todos los reactivos que alcanzan dicho elemento catalítico 140 se convierten, la potencia desarrollada en el elemento catalítico 140 aumenta. Sin embargo, a un cierto flujo, no todos los reactivos que alcanzan la superficie se pueden convertir debido a las limitaciones de transferencia de masa. El flujo de gas en exceso enfriará la superficie del elemento catalítico 140, lo cual hará bajar la temperatura y llevará a la consiguiente reducción de la velocidad de reacción química y conversión de energía en el elemento catalítico 140. Los reactivos sobrantes se queman en el elemento catalítico 150 situado aguas abajo, si es que existe. Esto desplazará gradualmente la zona de reacción aguas abajo, la cual a altas cargas se encontrará esencialmente entre el segundo y el tercer elemento catalítico 150, 160. Esto reducirá la temperatura de la superficie del dispositivo de evaporación de combustible 130 hasta que el evaporador de combustible sea adecuado para la evaporación continua del combustible. Además, reducirá el estrés térmico en el elemento de calentamiento eléctrico  
40 141.

**[00067]** La combustión catalítica se puede mantener con una alta eficiencia y bajas emisiones en una amplia gama de relaciones aire/combustible,  $\lambda$ . Al cambiar el flujo de aire a una carga constante, según se ha descrito anteriormente, la ubicación y la temperatura de la zona de combustión se pueden ajustar a una posición que cree un intervalo de temperatura adecuado para que el dispositivo de evaporación de combustible 130 evapore eficientemente cualquier combustible. La ubicación de la zona de combustión es principalmente regulada por la velocidad de flujo y la temperatura se rige principalmente por  $\lambda$ . Sin embargo, la transmisión de calor al dispositivo de evaporación de combustible 130 depende de la temperatura y la ubicación de la zona de combustión; y la temperatura del evaporador de combustible 130 depende, además, de la transmisión de calor al aire entrante y al  
45 combustible durante la evaporación.  
50

**[00068]** Durante el arranque, sólo el primer elemento catalítico pequeño 140 y la parte del dispositivo de evaporación de combustible 130 que está próxima a o en contacto directo con el elemento de calentamiento eléctrico se calientan eléctricamente. La temperatura del dispositivo de evaporación de combustible 130 es tan baja  
55 que sólo las fracciones ligeras del combustible se evaporan. Así, el vapor de combustible que alcance el elemento catalítico contendrá de entrada fracciones de combustible ligeras, lo cual permite un apagado rápido y de bajo nivel de emisiones en el primer elemento catalítico 140. Después del apagado, la temperatura en el dispositivo de evaporación de combustible 130 aumenta rápidamente, lo cual permite la evaporación de las fracciones más pesadas del combustible y la consiguiente combustión en el elemento catalítico 140. Este proceso proporciona un  
60 arranque rápido y limpio con combustible completamente vaporizado con un consumo mínimo de energía eléctrica. Además, el riesgo de degradación térmica del catalizador es limitado, debido a la evaporación completa del combustible.

**[00069]** Las técnicas anteriores para controlar la temperatura del dispositivo de evaporación de combustible 130 proporcionan al dispositivo de calentamiento una capacidad multi-combustible pronunciada, ya que la temperatura de evaporación puede adaptarse a combustibles que tienen diferente calor de vaporización y diferentes 5 temperaturas de vaporización. El dispositivo de calentamiento puede tener diferentes configuraciones dependiendo del combustible empleado, con respecto a la relación aire/combustible a una potencia dada, etc.

**[00070]** Si hay grandes variaciones espaciales en la relación aire/combustible, esto puede dar lugar a puntos calientes, que a su vez conducen a la degradación térmica del elemento o elementos catalíticos. Esto se puede 10 evitar mezclando bien aguas arriba los elementos catalíticos, p. ej., mediante la creación de un campo de velocidad con un componente rotacional fuerte, según se mencionó anteriormente. Además, el fuerte componente de rotación proporciona una mayor velocidad local cuando la mezcla de aire/combustible entra en el primer elemento catalítico, dando lugar a un índice sustancialmente mejorado de transferencia de masa y a una utilización muy eficiente de la superficie del catalizador.

15 **[00071]** Las ventajas típicas de un dispositivo de calentamiento catalítico son el bajo nivel de emisiones de hidrocarburos no quemados y de monóxido de carbono, debido a la velocidad de reacción relativamente alta en relaciones aire/combustible escasas, y los óxidos de nitrógeno debido a la baja temperatura de combustión, muy por debajo de la temperatura a la que el mecanismo Zeldovich comienza a tener un impacto significativo en la formación 20 de NOx, típicamente 1700 K. La alta velocidad de reacción y la inercia térmica de los elementos catalíticos también hacen la combustión más estable en condiciones de funcionamiento escasas, en comparación con una llama en condiciones similares. Esto se traduce en una mayor seguridad, un mayor control y una mayor insensibilidad a las rápidas fluctuaciones de presión/flujo.

25 **[00072]** Las desventajas de la técnica anterior en dispositivos de calentamiento catalíticos son en gran medida superadas por la presente invención, según se ha dicho anteriormente.

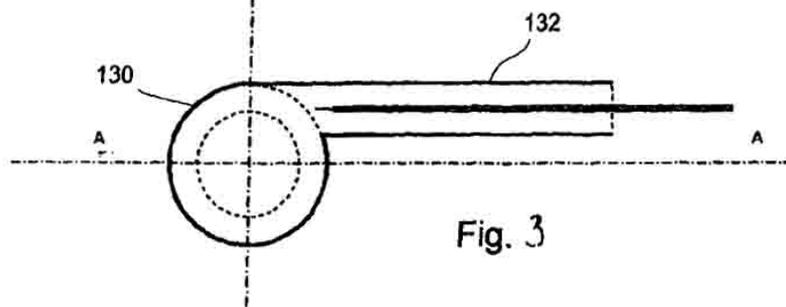
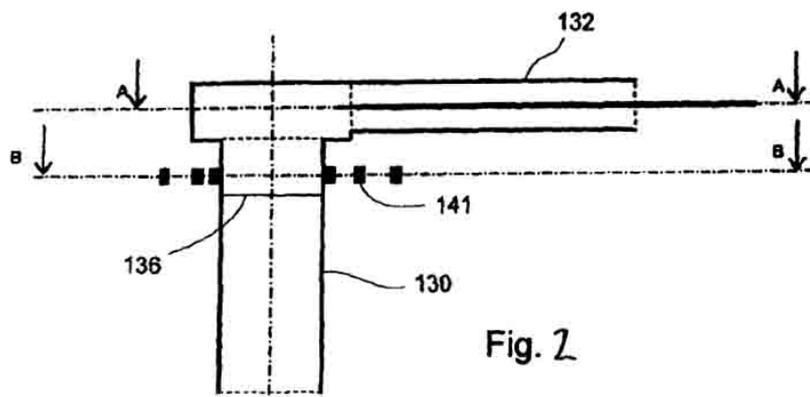
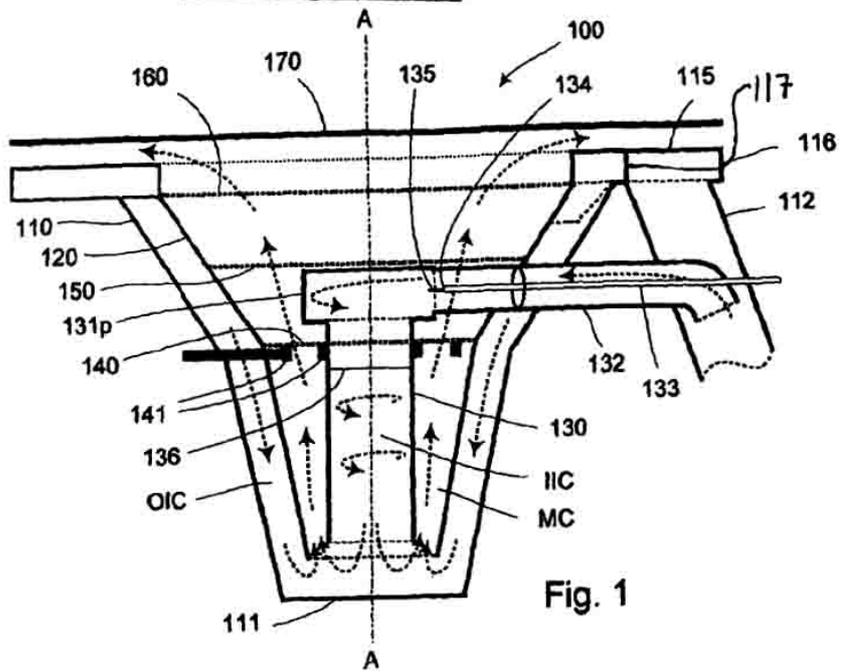
**[00073]** La presente invención se puede utilizar para muchas aplicaciones diferentes en las que se necesite 30 combustión catalítica multi-combustible, como en calentadores de vehículos, refrigeradores y dispositivos de aire acondicionado que funcionen con calor, generadores termoeléctricos, hornos, cocinas, calefacción del sistema de extracción de gases de escape, en pequeñas turbinas de gas y motores Stirling.

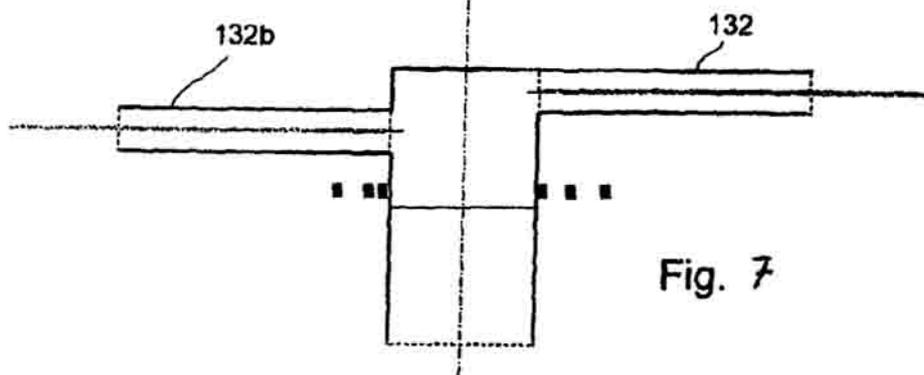
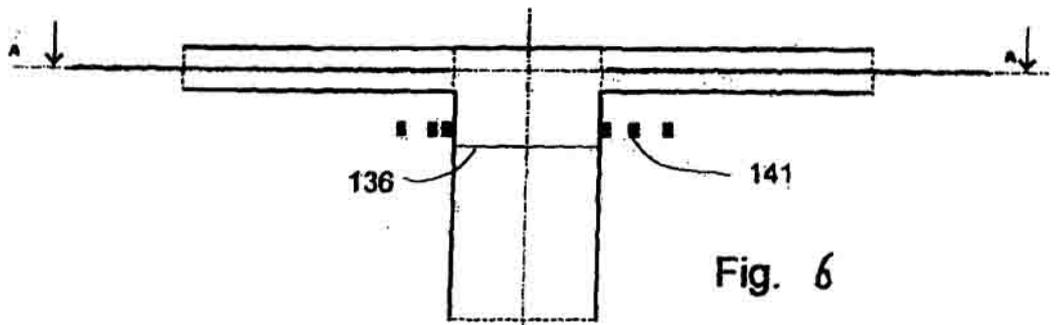
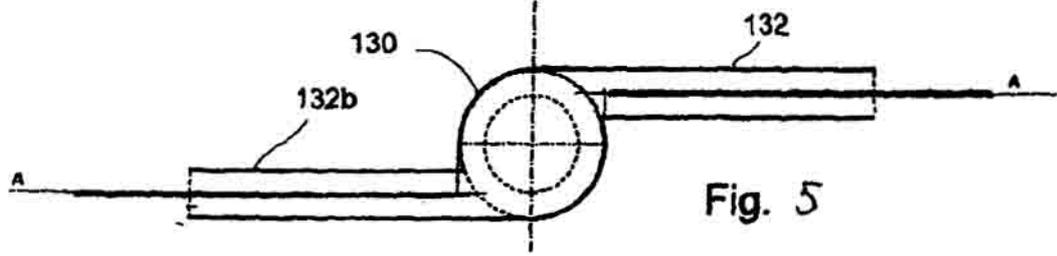
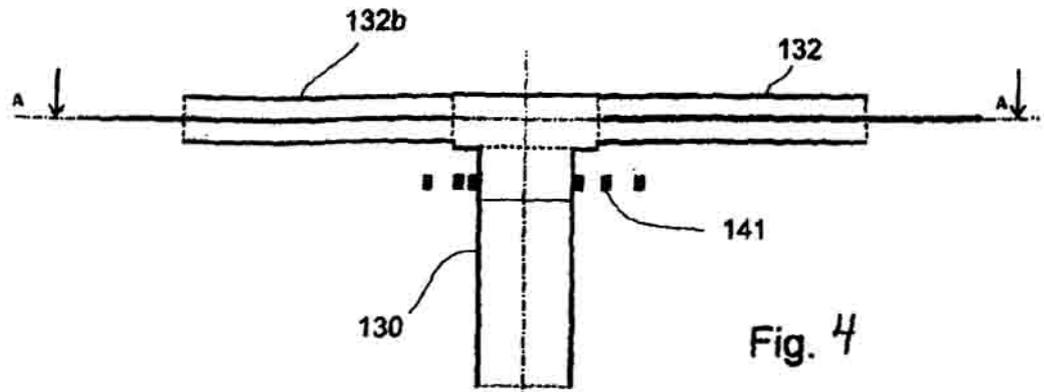
**[00074]** La inyección de combustible y proceso de mezcla de acuerdo con la invención proporciona la evaporación completa del combustible sin acumulación de residuos de hidrocarburos pesados y una distribución de combustible y 35 una mezcla de combustible-aire casi perfecta con una presión de combustible muy baja y sin precalentamiento del aire (sin intercambiador de calor). La colisión y el impacto de las gotas de combustible sobre la pared periférica calentada del evaporador de combustible, evita de manera eficiente que dichas gotas de combustible sigan con el flujo hacia el elemento catalítico. Esto se evita aún más por el fuerte componente rotacional en el flujo forzando las gotitas hacia la periferia, y el tamaño de las gotitas de combustible generadas en el evaporador, que es lo 40 suficientemente grande como para evitar que las gotitas viajen con el componente axial en el flujo de aire hacia los elementos catalíticos.

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo de calefacción (100) para la combustión de combustibles líquidos, comprendiendo este  
5 al menos un elemento catalítico (140) para quemar catalíticamente una mezcla de combustible y aire,  
un medio de suministro de combustible (133) colocado al menos después de uno de dichos elementos catalíticos (140),  
10 un medio de suministro de aire (132) colocado al menos después de uno de dichos elementos catalíticos (140),  
un dispositivo de evaporación de combustible (130) que tenga una forma sustancialmente axisimétrica y que tenga un extremo aguas arriba y un extremo aguas abajo, siendo calentando dicho dispositivo de evaporación de combustible durante el funcionamiento, por al menos un elemento catalítico (140), y suministrando el combustible y  
15 el aire desde los medios de suministro de combustible (133) y los medios de suministro de aire (132),  
una carcasa exterior (110), para contener dicho elemento catalítico (140) y dicho dispositivo de evaporación de combustible (130), caracterizado porque el dispositivo de evaporación de combustible (130) está provisto de al menos un tubo interior de entrada (132; 132b) en el extremo de aguas arriba del mismo, y con el tubo (132; 132b)  
20 colocado para inyectar combustible y/o aire en una dirección tangencial en la parte general aguas arriba del dispositivo de evaporación de combustible (130), de forma que se obtenga un flujo rotacional, caracterizado por el hecho de que el extremo aguas arriba del dispositivo de evaporación de combustible (130) está colocado muy cerca o en contacto directo con al menos un elemento catalítico (140), y porque la pared interior (120) está colocada dentro de la carcasa exterior (110), estando acoplada a la carcasa exterior (110) en sus extremos superiores,  
25 formándose una cámara de entrada exterior (OIC) entre ellas, caracterizada porque la cámara de entrada externa también está provista de un tubo de entrada exterior (112) conectado a la parte aguas arriba de la cámara de entrada exterior (OIC) para suministrar más aire y en la que la tubería de entrada exterior (112) está colocada para dirigir el flujo de aire hacia la cámara de entrada exterior (OIC).
- 30 2. Un dispositivo de calefacción (100) de acuerdo con la reivindicación 1 en la que el flujo de aire y de combustible en el extremo aguas abajo del dispositivo de evaporación de combustible sale del dispositivo de evaporación de combustible y fluye en la dirección opuesta.
3. Un dispositivo de calefacción (100) de acuerdo con la reivindicación 1 en la que la tubería de entrada  
35 exterior (112) está colocada para dirigir el flujo de aire de forma que se obtenga un componente de flujo tangencial 15.
4. Un dispositivo de calefacción (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la parte aguas arriba del dispositivo de evaporación de combustible (130) tiene un diámetro mayor que la  
40 parte aguas abajo del mismo.
5. Un dispositivo de calefacción (100) de acuerdo con cualquier de las reivindicaciones 1-4, en el que la pared interior (120) tiene la forma de un tronco que sobresale hacia abajo.
- 45 6. Un dispositivo de calefacción (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la parte superior del dispositivo de evaporación de combustible (130) penetra a través de al menos un elemento catalítico (140).
7. Un dispositivo de calefacción (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el  
50 que una segunda tubería de entrada interior (132b) está conectada al dispositivo de evaporación de combustible (130) para dirigir un flujo de aire y/o combustible en una dirección tangencial, para inducir un "remolino" más potente y más simétrico para el combustible y el aire en su interior.
8. Un dispositivo de calefacción (100) de acuerdo con cualquier de las reivindicaciones anteriores, en el  
55 que se coloca un elemento de calefacción eléctrico (141) en las inmediaciones de o en contacto con al menos un elemento catalítico (140) y/o el dispositivo de evaporación de combustible (130). 9. Una estufa que comprende un dispositivo de calentamiento (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
9. Una estufa que comprende un dispositivo de calentamiento (100) de acuerdo con cualquiera de las  
60 reivindicaciones precedentes.

The Swedish Patent Office  
PCT International Application





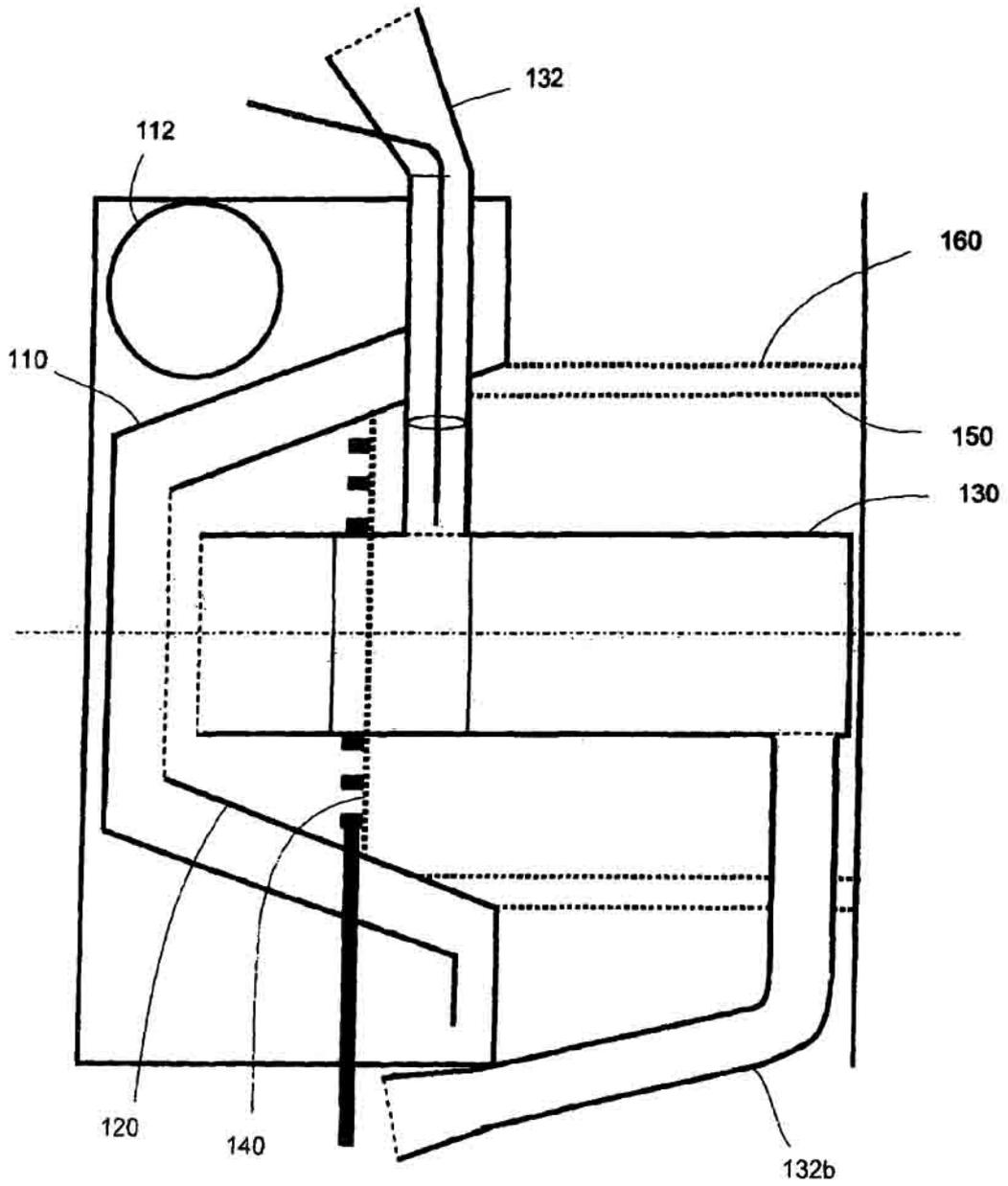
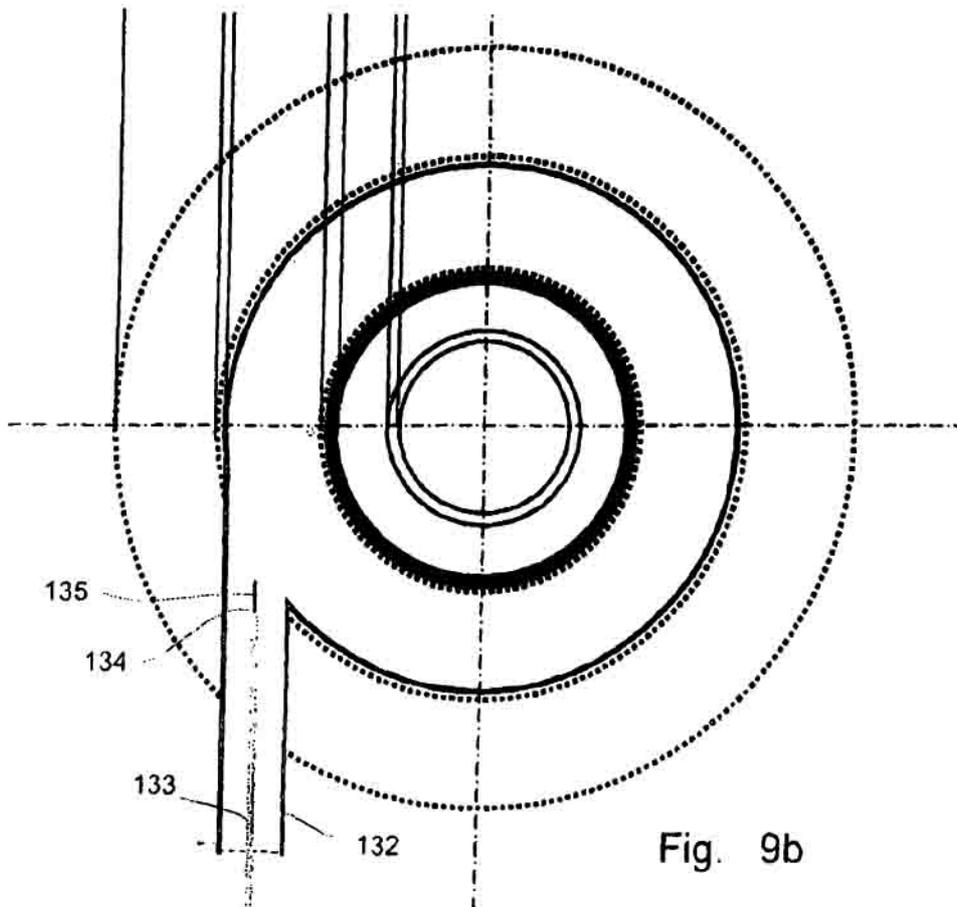
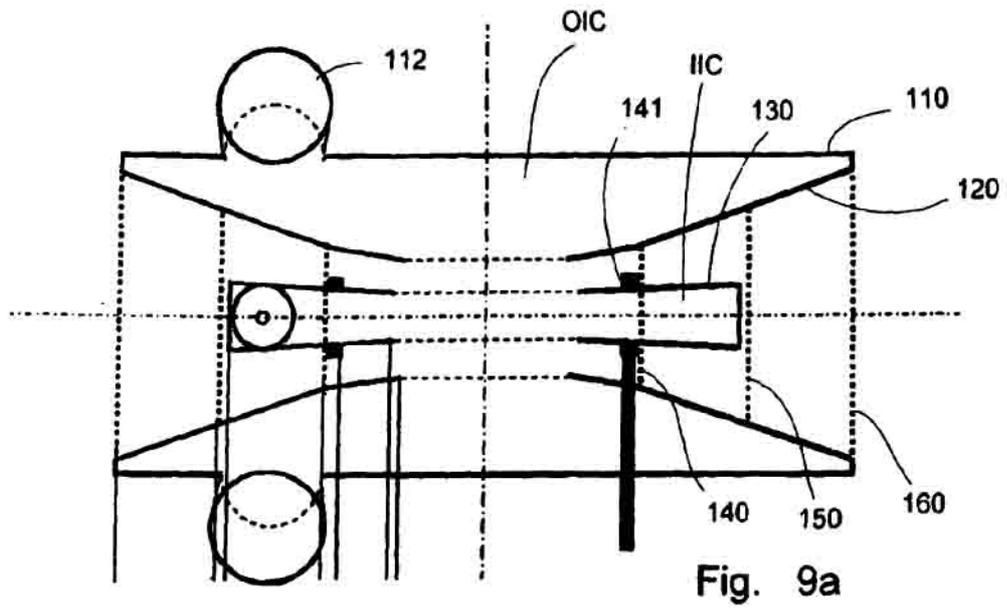


Fig. 8



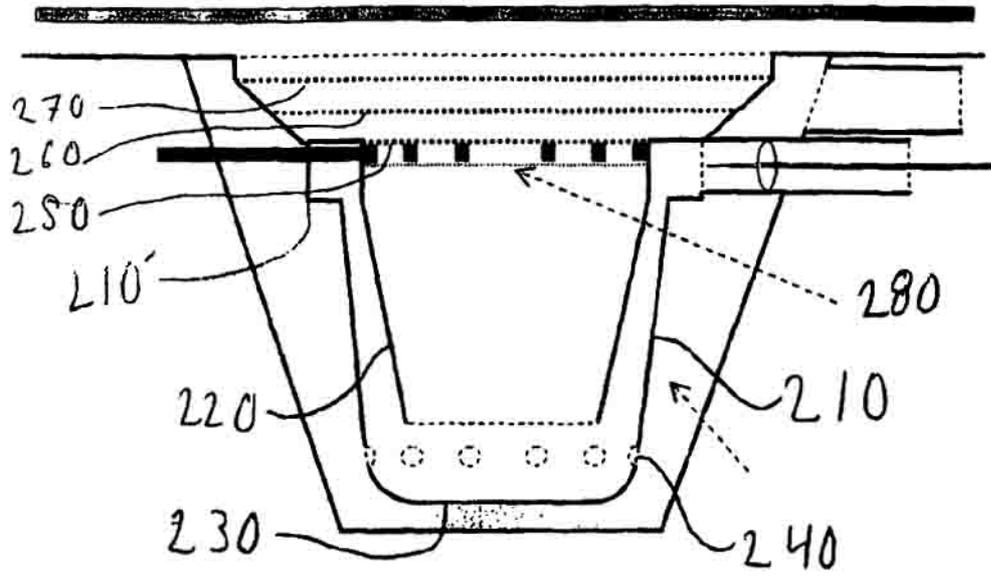


Fig. 11

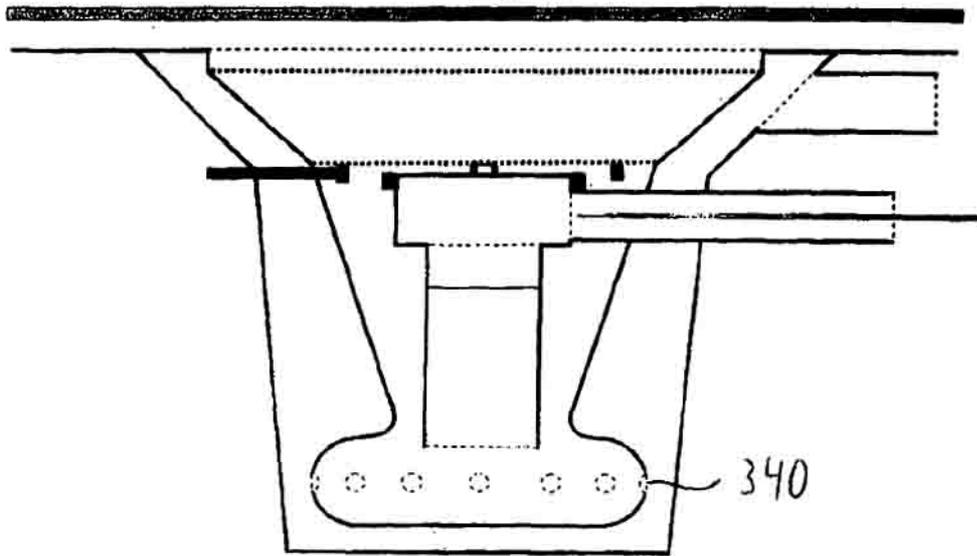


Fig. 13

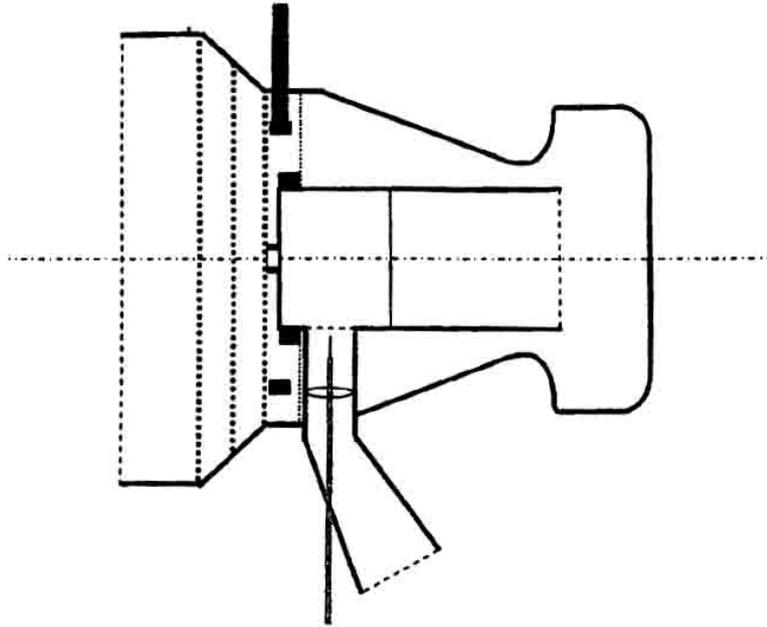


Fig. 12

