

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 935 763**

51 Int. Cl.:

F23R 3/28 (2006.01)

F23R 3/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.06.2019** **E 19179795 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.12.2022** **EP 3584501**

54 Título: **Sistema de quemador y método para generar gas caliente en una planta de turbinas de gas**

30 Prioridad:

20.06.2018 DE 102018114870

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.03.2023

73 Titular/es:

**DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND
RAUMFAHRT E.V. (100.0%)**

**Linder Höhe
51147 Köln, DE**

72 Inventor/es:

**ZORNEK, TIMO;
SCHWÄRZLE, ANDREAS;
SETZWEIN, FLORIAN y
GRIMM, FELIX**

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 935 763 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

Sistema de quemador y método para generar gas caliente en una planta de turbinas de gas

La invención se refiere a un sistema de quemador para generar gas caliente en una planta de turbina de gas, que tiene una cámara de combustión que comprende un espacio de combustión orientado a lo largo de un eje longitudinal, y que tiene una cabeza de quemador que tiene al menos una disposición de suministro del oxidante/combustible para suministrar oxidante y combustible en la cámara de combustión como componentes de gas fresco, que comprenden una trayectoria de flujo en cada caso para combustible y oxidante para suministrarlos al espacio de combustión, las trayectorias de flujo aguas arriba de un espacio de mezcla tienen cada una porciones de flujo separadas para guiar por separado los componentes de gas fresco, y estando combinados las trayectorias de flujo en el espacio de mezcla, y al menos una primera abertura de suministro para suministrar combustible al espacio de mezcla. La invención se refiere además a un método correspondiente para generar gas caliente en una planta de turbina de gas.

Un sistema de quemador de este tipo se describe, por ejemplo, en el documento WO 2014/027005 A2.

En los últimos años ha aumentado el interés por aprovechar la energía de otros combustibles de diferente composición, además de los combustibles convencionales como el gas natural. Los combustibles de este tipo son, por ejemplo, gas de síntesis de gasificación de biomasa, gas de aguas residuales, gas de vertedero, biogás, gas de mina o gas asociado. El uso energético de los combustibles puede tener lugar, por ejemplo, en plantas de turbinas de gas, en particular en plantas de microturbinas de gas, transformándose los combustibles, en un proceso de combustión, en un gas caliente que tiene gases de escape calientes. Para ello, los combustibles deben quemarse de forma fiable, eficiente y con bajas emisiones.

Los diferentes combustibles pueden diferir significativamente en su composición. Así, por ejemplo, el gas natural tiene una alta proporción de metano como componente, mientras que un gas de síntesis típico generalmente contiene, además de hidrógeno y, opcionalmente, otros componentes combustibles (por ejemplo, monóxido de carbono, metano), una alta proporción de gas inerte (en particular, carbono dióxido y nitrógeno). Por tanto, los combustibles presentan diferencias en sus propiedades de combustión, como la velocidad de la llama y el tiempo de retardo del encendido, y en sus valores caloríficos o su índice de Wobbe (como variable para evaluar la compatibilidad de los gases combustibles). Así, por ejemplo, el gas natural, que tiene un valor calorífico de masa específica justo por debajo de 50 MJ/kg, debe asignarse a los combustibles de alto valor calorífico, mientras que un gas de síntesis típico, como combustible de bajo valor calorífico, puede tener, por ejemplo, un valor calorífico de masa específica de aproximadamente 5 MJ/kg o menos. Los combustibles de calorífico medio exhiben valores caloríficos entre estos extremos. Por lo tanto, cuando se utiliza un gas de síntesis de bajo valor calorífico de este tipo, se requiere un flujo másico del combustible aproximadamente diez veces mayor, en comparación con el gas natural de alto valor calorífico, para lograr un rendimiento correspondiente. Estas diferentes propiedades hacen que sea más difícil usar diferentes calidades del combustible en un solo sistema de quemador.

Un enfoque conocido para usar combustibles tanto de alto valor calorífico como de bajo valor calorífico en un solo sistema de quemador es la introducción separada de dichos combustibles. En este caso, los diferentes combustibles se introducen a través de alimentaciones separadas, cada una de las cuales está diseñada para las propiedades particulares del combustible. Otro enfoque es el intercambio y/o el ajuste de las boquillas o canales del combustible, mientras se cambia la geometría. Sin embargo, esto es complejo y, por lo general, no permite realizar ajustes durante el funcionamiento continuo del quemador.

El documento US 4 967 561 A describe un sistema de quemador en el que se puede introducir selectivamente un combustible líquido o gaseoso en una cámara de combustión para la combustión. Para ello, el sistema de quemador comprende una pluralidad de cuerpos tubulares, dentro de los cuales, con el fin de premezclar, se puede añadir al aire de combustión un combustible líquido o gaseoso, para premezclar, a través de boquillas separadas, que son diferentes en el caso de que se añadan diferentes combustibles.

En los documentos US 6 684 640 B2, DE 44 09 918 A1, EP 1 800 062 B1, EP 1 892 469 A1 y EP 0 908 671 A1 se describen sistemas de quemadores, en particular para el funcionamiento con combustibles de calor medio o bajo.

Un sistema de quemador basado en el principio de un quemador de llama de chorro estabilizado por recirculación puede derivarse del documento EP 1 995 515 A1.

En el documento DE 10 2010 062 351 A1 se especifica un dispositivo mezclador, por ejemplo, para su uso en un quemador de llama de chorro estabilizado por recirculación.

El documento US 2004/068973 A1 divulga un quemador que comprende una pluralidad de canales de guía del oxidante de diferentes etapas de quemador y un canal de combustible. Para ajustar las cantidades del combustible dentro de los canales de guía del oxidante, en diferentes rangos de carga, el quemador tiene lo que se conoce como una "construcción de control de fluido", que comprende una región abierta y una región de suministro. En este caso,

existe una distribución diferente de la corriente del combustible entre las diferentes etapas del quemador, dependiendo de un flujo másico crítico, para cumplir con el límite superior de inflamabilidad.

El documento US 2010/077759 A1 describe un quemador de turbina de gas que comprende una boquilla del combustible principal para una cámara de combustión primaria y que comprende una boquilla del combustible secundaria para una cámara de combustión secundaria. La boquilla del combustible secundaria comprende una porción de premezcla, a través de la cual se puede agregar combustible tanto a través de suministros de gas radiales como a través de un orificio piloto de la cámara de combustión, que se abre aguas abajo de dichos suministros de gas. No se especifica un diseño para la operación utilizando combustibles de diferentes valores caloríficos.

El documento JP 3 976464 B2 especifica una cámara de combustión que comprende un mezclador de fluidos que comprende una pluralidad de aberturas de suministro. No se especifica un diseño para la operación utilizando combustibles de diferentes valores caloríficos.

El documento EP 1 255 080 A1 se refiere a un quemador catalítico configurado como quemador rotatorio. No se especifica un diseño para la operación utilizando combustibles de diferentes valores caloríficos.

El documento US 2010/139238 A1 da a conocer un quemador para funcionar con un combustible de bajo valor calorífico, que también puede funcionar con un combustible de alto valor calorífico. Los combustibles que tienen diferentes valores caloríficos se introducen en la cámara de combustión a través de diferentes suministros del combustible.

El objeto de la invención es proporcionar un sistema de quemador y un método para generar gas caliente que permitan un funcionamiento fiable, de bajas emisiones y eficiente utilizando combustibles de alto y bajo valor calorífico, con un gasto comparativamente bajo.

El objeto se logra mediante un sistema de quemador que tiene las características de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, o un método que tiene las características de la reivindicación 17.

En el sistema de quemador de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, se prevé que la disposición de suministro del oxidante/combustible comprenda al menos una porción de flujo adicional con una abertura de suministro adicional, a través de la cual una porción de uno de los componentes de gas fresco para suministrar al espacio de combustión se puede suministrar a una porción de flujo con el otro componente de gas fresco, en donde la porción de flujo adicional está dispuesta y diseñada de tal manera que, en el caso de una geometría sin cambios, la porción del componente de gas fresco que fluye a través de la porción de flujo adicional se puede cambiar con el valor calorífico del combustible, como resultado de una relación de presión cambiante.

La porción se refiere, por ejemplo, al flujo másico o volumétrico total del gas fresco correspondiente que fluye a través de la disposición de suministro del oxidante/combustible. La porción de flujo adicional está dispuesta en particular de tal manera que la división de la corriente del componente de gas fresco correspondiente en al menos dos porciones se lleva a cabo dentro de la cabeza de quemador, es decir, la porción de flujo adicional se ramifica fuera de las porciones de flujo separadas dentro de la cabeza de quemador.

La porción de flujo que comprende el otro componente de gas fresco puede ser, por ejemplo, una de las porciones de flujo del combustible u oxidante aguas arriba del espacio de mezcla. Por ejemplo, las trayectorias de flujo de los componentes de gas fresco se guían por separado aguas arriba de la otra abertura de suministro y, aguas abajo de la otra abertura de suministro, en primer lugar combinados en parte, se guían en una porción de flujo común y (todavía separada), antes de que se combinen completamente, en el espacio de mezcla, como una porción de flujo común, de nuevo aguas abajo de la primera abertura de suministro. Por lo tanto, la combinación puede tener lugar de manera escalonada, en sucesión, estando dispuesta la otra abertura de suministro aguas arriba de la primera abertura de suministro. En particular, alternativamente, la porción de flujo que comprende el otro componente de gas fresco puede estar formada por el espacio de mezcla, siendo posible en particular que una porción del combustible fluya al espacio de mezcla a través de la porción de flujo separada que comprende la primera abertura de suministro, y para que la otra porción fluya hacia dicho espacio de mezcla a través de la porción de flujo adicional (transitable en paralelo) y la abertura de suministro adicional. En este caso, la porción de flujo separada que tiene la primera abertura de suministro y la porción de flujo adicional se abren en el espacio de mezcla de una manera en la que pueden pasar en paralelo. Tanto una como la otra alternativa se pueden proporcionar en el mismo sistema de quemador.

En una variante que comprende una mezcla previa (al menos parcial) de los gases frescos antes de su introducción en la cámara de combustión, el espacio de mezcla es una parte de la cabeza de quemador, en particular de la disposición de suministro del oxidante/combustible, formando una porción de flujo común. En una variante también posible, que comprende la introducción en la cámara de combustión sin mezcla previa, el espacio de mezcla corresponde a una zona del espacio de combustión.

La primera y la otra abertura de suministro también pueden ser grupos de primeras y otras aberturas de suministro (y/o porciones de flujo asociadas con ellas), que están dispuestas, por ejemplo, en diferentes regiones (de flujo), estando diseñados los grupos, por ejemplo, en cada caso según criterios de diseño mutuamente correspondientes, y/o cumpliendo una función mutuamente correspondiente. Por el contrario, la(s) primera(s) abertura(s) de suministro y la(s) adicional(es) se diferencia(n) entre sí, por ejemplo, por sus criterios de diseño y/o función.

La disposición y/o el diseño de la porción de flujo adicional es tal que, en el caso de la introducción del combustibles que tienen un valor calorífico diferente (o un índice de Wobbe diferente), la porción cambia debido a cambios en las relaciones aerodinámicas, en particular las proporciones de presión. La geometría permanece invariable, en particular las secciones transversales de flujo de las porciones de flujo permanecen constantes. Puede prescindirse de una regulación del caudal volumétrico por medio de dispositivos de ajuste, en particular válvulas. El suministro de diferentes combustibles se puede realizar así ventajosamente a través de las mismas disposiciones de suministro del oxidante/combustible. Esto permite ventajosamente el uso del combustibles variables y/o el funcionamiento mixto, por ejemplo, con un cambio continuo de la composición del combustible, con poco esfuerzo y durante el funcionamiento continuo.

En un método para el diseño, por ejemplo, es posible el siguiente proceso para llegar al sistema de quemador de acuerdo con la invención: Partiendo de un sistema de quemador conocido del tipo en cuestión, se ubican uno o más pares de ubicaciones, dentro de las porciones de flujo separadas del oxidante y combustible, en las que la diferencia de presión y/o la relación de presión entre un alto valor calorífico y un punto de diseño de bajo valor calorífico cambia con respecto a la porción de flujo que tiene el otro componente de gas fresco (combustible u oxidante) en cada caso. Esto puede tener lugar, por ejemplo, mediante la determinación de la presión por medio de una simulación de flujo asistida por ordenador y/o experimentalmente, por ejemplo, los flujos máscos o volumétricos se ajustan de acuerdo con los puntos de operación de diseño. Una/una pluralidad de porción(s) de flujo adicional(es) que tienen una abertura de suministro adicional está(n) dispuesta(s) ahora de manera que interconecta dicho par(es) de posiciones. La porción de flujo adicional (respectivamente) está diseñada, en particular dispuesta y/o formada, de acuerdo con la división o porciones deseadas (por ejemplo, con una sección transversal de flujo correspondiente). En este caso, por ejemplo (en primer lugar) se puede realizar un cálculo aproximado de pérdida de presión y/o (posteriormente) una aproximación iterativa al objetivo de diseño, por ejemplo mediante simulación de flujo asistida por ordenador y/o experimentalmente. El objetivo del diseño puede ser, por ejemplo, el de mantener un rango de velocidad particular entre los diversos puntos de diseño.

En una variante preferida, el objetivo de diseño proporcionado es que la porción debe ser variable de tal manera que las velocidades en la primera y/o en la siguiente abertura de suministro se desvíen entre sí, entre un punto de diseño de bajo valor calorífico y un punto de diseño de alto valor calorífico, como máximo por un factor de 2 (velocidad en el caso del combustible de bajo valor calorífico a velocidad en el caso del combustible de alto valor calorífico), en particular como máximo por un factor de 1,5, preferentemente como máximo por un factor de 1,2, es decir, las velocidades son similares entre sí en los diferentes puntos de diseño. El "punto de diseño de bajo valor calorífico" corresponde a un punto de operación de diseño que tiene un combustible de diseño de bajo valor calorífico, por ejemplo, un gas de síntesis, que tiene, por ejemplo, un valor calorífico específico de masa de aproximadamente 5 MJ/kg. El "punto de diseño de alto valor calorífico" corresponde a un punto de operación de diseño que tiene un combustible de diseño de alto valor calorífico, por ejemplo, un gas natural, que tiene, por ejemplo, un valor calorífico de masa específica de casi 50 MJ/kg. Preferiblemente, las energías térmicas de los dos puntos de diseño se corresponden entre sí, y se especifican en el lado de la máquina. En el caso de una disposición de microturbina de gas, en la que se puede utilizar ventajosamente, por ejemplo, el sistema de quemador según la invención, la energía térmica puede ser, por ejemplo, de hasta 1 MW o 500 kW, por ejemplo, aproximadamente 300 kW. La relación de aire o la relación de aire de combustión corresponde, por ejemplo, a la de un sistema de quemador conocido del tipo en cuestión, y puede estar, por ejemplo, entre 1,4 y 3,4. Las composiciones del combustible en el punto de diseño de bajo valor calorífico y alto valor calorífico representan preferentemente extremos con respecto al valor calorífico, entre los cuales oscilan los valores caloríficos de las composiciones del combustible durante el funcionamiento. Las velocidades similares (como se define anteriormente) se pueden lograr mediante el diseño y/o la disposición de la porción de flujo adicional que tiene la abertura de suministro adicional. El diseño se lleva a cabo preferentemente, como es convencional hoy en día, mediante simulación de flujo asistida por ordenador. Esto hace posible que, en particular aquellas velocidades que tienen una influencia decisiva en el proceso de combustión en el sistema de la cámara de combustión permanezcan similares entre sí (al menos en la medida mencionada anteriormente) en el caso de diferentes combustibles. Por lo tanto, las características operativas particulares, por ejemplo, la mezcla (al menos en parte o en regiones) del combustible en el oxidante, en los dos puntos de diseño se pueden igualar. Esto contribuye a un proceso de combustión estable, bajo en emisiones y eficiente cuando se utilizan combustibles de bajo, medio y alto valor calorífico.

En una variante preferida del sistema de quemador según la reivindicación 1, la disposición de suministro del oxidante/combustible tiene un canal del oxidante que tiene una salida para desembocar en la cámara de combustión, estando orientada una porción de salida, que comprende la salida, del canal del oxidante a lo largo de un eje central M que, sustancialmente se extiende de manera axial, en paralelo con el eje longitudinal. El canal del oxidante forma un camino de flujo para el oxidante, que guía al oxidante de manera separada en una porción aguas arriba. El extremo del canal del oxidante dirigido aguas arriba puede estar en particular en conexión de flujo con un

espacio de distribución del oxidante de la cabeza de quemador, de modo que el canal del oxidante forma una conexión de flujo para el oxidante entre el espacio de distribución del oxidante y el espacio de combustión. El canal del oxidante puede estar configurado especialmente en forma de boquilla. Como resultado de la disposición axial, el oxidante puede introducirse en la cámara de combustión con un gran momento axial, de manera que se forma una zona de recirculación marcada en el espacio de combustión, zona que estabiliza la combustión, como es convencional en el caso de un Quemador de llama de chorro estabilizado por recirculación (también conocido como "quemador FLOX"). Una realización de este tipo permite un proceso de combustión estable y de bajas emisiones.

En una variante preferida del sistema de quemador según la reivindicación 1, la disposición de suministro del oxidante/combustible tiene un canal de combustible que está delimitado por una pared, cuyo canal está diseñado para extenderse en paralelo, en particular coaxialmente al canal del oxidante, en al menos con una porción de extremo en el canal del oxidante, y que se abre a través de una abertura del combustible dentro del canal del oxidante o en la salida del mismo, formando la abertura del combustible la primera abertura de suministro. En el canal de combustible, la porción separada del camino del flujo del combustible se forma aguas arriba de la abertura del combustible (y opcionalmente aguas arriba de la abertura de suministro adicional). El canal de combustible puede formar en particular una conexión de flujo entre una zona de distribución del combustible y el espacio de mezcla. Tal realización del canal de combustible que comprende la abertura del combustible hace posible que el combustible se agregue al flujo de aire de forma coaxial, lo que promueve una mezcla simétrica y uniforme del combustible en el oxidante y, por lo tanto, un proceso de combustión uniforme y estable con bajas emisiones.

En una variante del sistema de quemador según la reivindicación 1, la abertura del combustible tiene una sección transversal de flujo, en particular que tiene un diámetro d_3 , que se reduce en comparación con la sección transversal del flujo, en particular con un diámetro d_2 , del canal de combustible que se extiende aguas arriba. La sección transversal de flujo de la abertura del combustible está diseñada preferentemente de tal manera que una velocidad similar a la velocidad de los gases frescos en la salida del canal del oxidante en la cámara de combustión resulta allí en el punto de diseño de alto valor calorífico. En este caso, "similar" significa, por ejemplo, entre $\pm 50\%$, preferentemente entre $\pm 20\%$, de forma especialmente preferente entre $\pm 10\%$ de la velocidad de salida. La velocidad similar provoca una alta estabilidad en el caso de que se mezcle combustible, evitando separaciones que pueden conducir a una combustión inestable o incluso a oscilaciones termoacústicas.

Alternativamente, la abertura del combustible tiene una sección transversal de flujo, en particular con un diámetro d_3 , que corresponde a la sección transversal del flujo, en particular que tiene un diámetro d_2 , del canal de combustible que se extiende aguas arriba. La sección transversal del flujo es, por ejemplo, tal que una velocidad similar (como se define en el párrafo anterior) a la de los gases frescos a la salida del canal del oxidante se establece allí en el punto de diseño de bajo valor calorífico, con las ventajas mencionadas anteriormente.

En el sistema de quemador de acuerdo con la reivindicación 1, la abertura de suministro adicional está formada por al menos una abertura de derivación, estando formada la abertura de derivación aguas arriba de la abertura del combustible en la pared, y la porción de flujo adicional formando una conexión de flujo entre las trayectorias de flujo del oxidante y el combustible. En el caso de que un componente de gas fresco (combustible u oxidante) fluya a través de la abertura de derivación, la abertura de derivación sirve para combinar parcialmente los gases frescos aguas arriba de la abertura del combustible. Las porciones de flujo separadas de la trayectoria de flujo se ubican entonces aguas arriba de la abertura de derivación. La combinación completa del combustible y el oxidante tiene lugar preferentemente aguas abajo de la abertura del combustible. Se ha encontrado que, debido a tal disposición de la abertura de derivación, aguas arriba de la abertura del combustible, el flujo másico o volumétrico que fluye a través de la abertura del combustible se puede igualar ventajosamente, al menos en parte, entre el alto calorífico y el punto de diseño de bajo valor calorífico. De esta manera, es ventajosamente posible que se alcancen velocidades similares en la abertura del combustible en el punto de diseño de bajo y alto valor calorífico, cuyas velocidades se desvían entre sí, por ejemplo, en menos de un factor de 2, en particular en menos de 1,5, preferentemente por menos de 1,2. Por lo tanto, es ventajosamente posible lograr características similares de flujo de entrada y mezcla en los dos puntos de diseño, características que forman un requisito previo para una operación estable, eficiente y con bajas emisiones.

En el caso del sistema de quemador de acuerdo con la reivindicación 1, la sección transversal de flujo de la abertura del combustible está diseñada preferentemente de tal manera que, en el punto de diseño de bajo valor calorífico o en el punto de diseño de alto valor calorífico, la velocidad en el combustible la abertura está entre $\pm 50\%$, preferentemente entre $\pm 20\%$, de la velocidad de la mezcla de gas fresco en la salida al espacio de combustión, siendo la porción que fluye a través de la abertura de derivación (al menos sustancialmente) igual a cero. En el punto de diseño correspondiente es entonces posible una operación en la que, como es conocido por el estado de la técnica, los flujos del combustible y oxidante fluyen por separado hasta la abertura del combustible y allí se combinan (completamente). Esto permite ventajosamente un diseño simple, a partir de una configuración (por ejemplo, conocida del estado de la técnica) sin una abertura de derivación. La porción de flujo que comprende la abertura de derivación está diseñada (formada y/o dispuesta) de tal manera que en el caso de un combustible diferente (que tiene un valor calorífico diferente), una porción del combustible u oxidante puede fluir a través de la abertura de derivación y en cada caso en la trayectoria de flujo que tiene el otro componente de gas fresco. Las diferencias en los flujos de volumen del combustible pueden compensarse, al menos de modo que la velocidad en la

abertura del combustible permanezca en un rango similar, como se indicó anteriormente. El diseño generalmente se lleva a cabo utilizando simulación de flujo asistida por ordenador.

Por ejemplo, el siguiente procedimiento ventajoso resulta en el caso de un diseño que parte del punto de diseño de bajo valor calorífico, teniendo convenientemente la abertura del combustible una sección transversal de flujo correspondiente al canal de combustible: En el punto de diseño de bajo valor calorífico, que tiene un flujo másico o volumétrico del combustible alto, el combustible y el oxidante fluyen por separado hasta la abertura del combustible, y allí se combinan completamente. Las relaciones de presión en el oxidante y el canal de combustible son similares, en el punto de diseño de bajo valor calorífico, de modo que la porción de gas fresco, en este caso oxidante, que fluye a través de la abertura de derivación es (sustancialmente) cero. En el punto de diseño de alto valor calorífico, que tiene un flujo másico o volumétrico del combustible bajo, se produce una pérdida de presión menor en el canal de combustible que en el canal del oxidante. Esto da como resultado una diferencia de presión entre el oxidante y el canal de combustible. La diferencia de presión provoca un flujo del oxidante en el canal de combustible a través de la abertura de derivación, de manera que se igualan las relaciones de presión. Como resultado de esta porción del oxidante, el flujo másico o volumétrico en el canal de combustible, aguas abajo de la abertura de derivación, aumenta, mientras que el flujo del oxidante se reduce. La porción de flujo adicional que comprende la abertura de derivación, en particular el ángulo y la sección transversal de flujo de la misma, están diseñados de tal manera que la porción del oxidante que fluye a través de la abertura de derivación se produce de tal manera que la velocidad en la abertura del combustible es similar, en comparación con el punto de diseño de bajo valor calorífico (como se indicó anteriormente), asociado a las ventajas expuestas anteriormente. En particular, la sección transversal de flujo total de la abertura de derivación y/o de la porción de flujo adicional es menor que la sección transversal de flujo más pequeña en el canal de combustible (que comprende la abertura del combustible), por ejemplo, entre 10 y 70 % con respecto a la más pequeña sección transversal. La porción del oxidante puede resultar, por ejemplo, tal que el flujo másico del oxidante a través del canal de derivación corresponda a hasta 5 veces el flujo másico del combustible. Se ha encontrado que, en el caso de composiciones del combustible que tienen un valor calorífico o índice de Wobbe entre el de bajo y alto valor calorífico, se establece una porción correspondientemente más pequeña, lo que conduce a velocidades similares.

En el caso de un diseño que parte del punto de diseño de alto valor calorífico resulta el siguiente procedimiento ventajoso, presentando convenientemente la abertura del combustible una sección transversal de flujo reducida de la abertura del combustible en comparación con el canal de combustible: En el punto de diseño de alto valor calorífico, que tiene un flujo másico o volumétrico del combustible bajo, el combustible y el oxidante fluyen por separado hasta la abertura del combustible, y allí se combinan completamente. Las relaciones de presión en el oxidante y el canal de combustible son similares en el punto de diseño de alto valor calorífico. Además, debido al oxidante que fluye alrededor del canal de combustible, se produce una obstrucción aerodinámica de la porción de flujo adicional que comprende la abertura de derivación. Como resultado, la porción de gas fresco, en este caso combustible, que fluye a través de la abertura de derivación es (sustancialmente) cero. En el punto de diseño de bajo valor calorífico, con un flujo másico o volumétrico del combustible alto, se produce una mayor pérdida de presión en el canal de combustible que en el canal del oxidante, en particular debido a la sección transversal de flujo reducida de la abertura del combustible. Esto da como resultado una diferencia de presión entre el oxidante y el canal de combustible, lo que provoca un flujo del combustible al canal del oxidante a través de la abertura de derivación, de manera que las relaciones de presión se igualan. Como resultado de la porción del combustible que sale, el flujo de masa o volumen en el canal de combustible, aguas abajo de la abertura de derivación, se reduce, mientras que el flujo de volumen en el canal del oxidante aumenta. La porción de flujo adicional que comprende la abertura de derivación, en particular el ángulo y la sección transversal de flujo de la misma, están diseñados de tal manera que la porción del oxidante que fluye a través de la abertura de derivación se produce de tal manera que la velocidad en la abertura del combustible es similar, en comparación con el punto de diseño de alto valor calorífico (como se indicó anteriormente). En particular, la sección transversal de flujo total de la abertura de derivación y/o de la porción de flujo adicional es menor que la sección transversal de flujo más pequeña en el canal de combustible. La porción puede estar, por ejemplo, entre el 30 % y el 90 % del flujo másico total del combustible. Se ha encontrado que, en el caso de composiciones del combustible que tienen un valor calorífico entre el de bajo y alto valor calorífico, se establece una porción correspondientemente más pequeña, lo que conduce a velocidades similares.

Si están presentes varias porciones de flujo, que son especialmente simétricas entre sí, por ejemplo, están dispuestas rotatoriamente de manera simétrica alrededor del eje central y axialmente a la misma altura, se puede lograr una introducción simétrica de un componente de gas fresco en el otro componente de gas fresco. Esto contribuye a una mezcla uniforme, que a su vez promueve una combustión de bajas emisiones.

En el caso del sistema de quemador según la reivindicación 1, la abertura de derivación está preferentemente dispuesta axialmente dentro (o con respecto a) el canal del oxidante aguas abajo de una porción de flujo de entrada del canal del oxidante, que preferentemente tiene una longitud axial tal que los efectos de entrada del flujo del oxidante en el caso de flujo de entrada en el canal del oxidante, en particular las separaciones de flujo locales, han disminuido sustancialmente en la abertura de derivación. En este caso, "sustancialmente" significa que el flujo de entrada o salida de la abertura de derivación no está influenciado significativamente por fenómenos de flujo transitorio. Además, una disposición en el canal del oxidante reduce ventajosamente el riesgo de un flujo de retorno del combustible en un espacio de distribución del oxidante, como podría ocurrir por ejemplo en el caso de una breve

inversión de flujo en estados transitorios (por ejemplo procedimientos de encendido, etc.). Por ejemplo, la longitud de la porción de entrada puede corresponder al menos al diámetro de la abertura de derivación.

En el caso del sistema de quemador de acuerdo con la reivindicación 1, la abertura de derivación está preferentemente dispuesta axialmente dentro (o con respecto a) el canal del oxidante aguas arriba de una porción de salida de la porción de extremo (del canal de combustible), que preferentemente tiene tal la longitud axial que los efectos de entrada en el caso de entrada de un componente de gas fresco a través de la abertura de derivación han disminuido sustancialmente en el momento en que se alcanza la abertura del combustible. En este caso, "sustancialmente" significa que el flujo que sale de la abertura del combustible no está influenciado significativamente por fenómenos de flujo transitorio. Por lo tanto, es posible lograr una mezcla uniforme y estable del combustible (opcionalmente remanente) en el oxidante, en el espacio de mezcla aguas abajo. La longitud de la porción de salida puede ser, por ejemplo, al menos 0,5 veces el diámetro interior del canal de combustible. La longitud de la porción de entrada y/o salida puede diseñarse en particular usando simulación de flujo asistida por ordenador.

La guía de flujo deseada, con la porción deseada fluyendo a través de la abertura de derivación, puede promoverse porque la porción de flujo adicional comprende un canal de derivación en la pared, canal que se extiende radialmente axialmente en un ángulo con respecto al eje central (de la canal de combustible). El canal de derivación se abre en la abertura de derivación, aguas abajo. De esta manera, se impide ventajosamente una dirección de flujo de un componente de gas fresco hacia el otro, que no corresponde al diseño.

En este caso, puede ser ventajoso, en una variante, que el ángulo esté comprendido entre 0° y 90°, en particular entre 10° y 60°, por ejemplo entre 15° y 45°. El ángulo se mide entre el eje longitudinal del canal de derivación y el eje central (respecto al brazo del eje central que mira aguas arriba). Esta realización promueve un flujo (posiblemente opcional) del oxidante hacia el canal de combustible e impide un flujo del combustible hacia el exterior, hacia el oxidante. Esta realización del canal de derivación es conveniente, por ejemplo, en combinación con una sección transversal de flujo de la abertura del combustible correspondiente al canal de combustible, lo que permite un diseño ventajoso a partir del punto de diseño de bajo valor calorífico.

En una variante alternativa, puede ser ventajoso que el ángulo esté entre 90° y 180°, en particular entre 110° y 170°, por ejemplo entre 130° y 165°. Esta realización promueve un flujo (opcional, dependiendo del diseño) del combustible hacia el canal del oxidante e impide el flujo del oxidante hacia el canal de combustible. Esta realización del canal de derivación es conveniente, por ejemplo, en combinación con una sección transversal de flujo reducida de la abertura del combustible en comparación con el canal de combustible, lo que permite un diseño ventajoso a partir del punto de diseño de alto valor calorífico.

En el caso del sistema de quemador según la reivindicación 1, el canal del oxidante comprende preferentemente, en su recorrido axial, una primera porción y una segunda porción aguas abajo de la primera porción, estando dispuesta una reducción de sección transversal entre las dos porciones. En este caso, la abertura del combustible está dispuesta axialmente en, dentro o aguas abajo de la reducción de la sección transversal. La reducción de la sección transversal puede formarse, por ejemplo, como un salto, de forma cónica o continua. Esta disposición de la abertura del combustible da como resultado la adición (completa) del combustible al flujo acelerado directamente aguas abajo, o al flujo ya acelerado. Esto contrarresta ventajosamente una estabilización de llama (no deseada) en la abertura del combustible.

En el sistema de quemador según la reivindicación 2, la disposición de suministro del oxidante/combustible presenta un espacio de mezcla (eventualmente adicional), que está dispuesto en el centro del eje longitudinal y es simétrico con respecto a dicho eje. El espacio de mezcla está delimitado en el fondo por una pared inferior, orientada por ejemplo perpendicularmente al eje longitudinal L, y en la periferia por una pared, y es por ejemplo cilíndrica. El espacio de mezcla se abre aguas abajo a través de una salida al espacio de combustión. Los componentes de gas fresco pueden suministrarse al espacio de mezcla de tal manera que se genere un flujo giratorio (o rotacional) que tenga un componente direccional tangencial. La disposición de suministro del oxidante/combustible comprende así una disposición de quemador de torbellino. La disposición de suministro del oxidante/combustible puede estar asignada a un sistema de quemador de una etapa o a un sistema de varias etapas, en particular de 2 etapas, pudiendo estar asignada en particular la disposición de suministro del oxidante/combustible a una etapa piloto. Es especialmente ventajosa una combinación con varias disposiciones de celdas del oxidante/combustible según una de las variantes anteriores, en particular como etapa principal. La sección transversal del espacio de mezcla perpendicular al eje longitudinal es preferentemente menor que la del espacio de combustión. La longitud del espacio de mezcla en la dirección axial es al menos tan grande que se pueden realizar aberturas de gas fresco en la periferia y preferentemente que resulta una mezcla previa al menos parcial de los componentes de gas fresco hasta la salida. El espacio de mezcla, al igual que la cámara de combustión (en particular en el caso de asignación a una etapa piloto), puede instalarse, por ejemplo, en un elemento de cabeza de quemador.

En el caso de un sistema de quemador según la reivindicación 2, la disposición de suministro del oxidante/combustible tiene al menos un canal del oxidante que desemboca en el espacio de mezcla en la periferia y que está orientado con un componente direccional tangencial (y opcionalmente radial) con respecto a al eje

longitudinal, estando asignado el canal del oxidante a la porción de flujo separada del oxidante. El canal del oxidante forma, por ejemplo, una conexión de flujo entre el espacio de distribución de aire y el espacio de mezcla. Con el fin de una introducción uniforme y simétrica en el espacio de mezcla, están presentes preferentemente varios canales del oxidante, por ejemplo tres, que están dispuestos en particular con simetría de rotación alrededor del eje longitudinal. En el caso de que estén presentes varios canales del oxidante, estos se extienden y se abren por ejemplo axialmente a la misma altura, en un plano situado perpendicularmente al eje longitudinal. Por lo tanto, se puede imponer efectivamente un movimiento de rotación, para la generación de torbellinos, en el flujo del oxidante.

En el sistema de quemador según la reivindicación 2, en una variante ventajosa, a la disposición de suministro del oxidante/combustible está asignada una zona de distribución del combustible, que está dispuesta en particular simétrica con respecto al eje longitudinal (o el eje longitudinal y/o el eje de simetría del espacio de mezcla) y/o adyacente a la parte trasera de la pared inferior. La zona de distribución está dispuesta, por ejemplo, en un cabezal de quemador. En particular, el área de la sección transversal (perpendicularmente al eje longitudinal) de la zona de distribución puede ser radialmente igual o mayor que la del espacio de mezcla. De este modo se puede lograr un enfriamiento efectivo de la parte inferior del espacio de mezcla por el combustible entrante. En particular, en combinación con un suministro del combustible dispuesto centralmente sobre el eje longitudinal, que introduce el combustible en la zona de distribución, por ejemplo perpendicularmente a la pared inferior, el combustible puede chocar contra la pared inferior y provocar así una refrigeración por impacto efectiva.

En el sistema de quemador de acuerdo con la reivindicación 2 se logra un funcionamiento ventajoso, en particular utilizando combustible de bajo valor calorífico, porque la primera abertura de suministro está formada por al menos una primera abertura del combustible, que desemboca en el espacio de mezcla en la periferia y que forma el extremo aguas abajo de un primer canal de combustible, extendiéndose una porción de extremo del canal de combustible con un componente direccional tangencial (y opcionalmente radial) con respecto al eje longitudinal. Preferiblemente, la porción de extremo del canal de combustible está alineada con el canal del oxidante, es decir, con un componente direccional tangencial y opcionalmente radial correspondiente. De esta manera, el flujo del combustible puede contribuir ventajosamente a generar el flujo turbulento, lo que conduce a una pérdida de presión comparativamente pequeña. El canal de combustible forma preferentemente una conexión de flujo entre la región de distribución y el espacio de mezcla. Aguas arriba de la porción de extremo, el canal de combustible está orientado, por ejemplo, axialmente con respecto a la conexión de flujo a la región de distribución.

En este caso, preferentemente, en particular en el caso de la presencia de una pluralidad de canales del oxidante y/o combustible, una abertura del oxidante del canal del oxidante y la primera abertura del combustible están dispuestas desplazadas axialmente entre sí, el borde inferior axial de estando dispuesta la abertura del oxidante aguas arriba del borde inferior axial de la abertura del combustible. En este caso, el borde inferior de la abertura del oxidante puede estar, por ejemplo, al ras con el fondo de la pared inferior. De esta manera, el flujo del combustible puede ser arrastrado por el flujo del oxidante en torbellino. En el caso de una estabilización de la llama en el espacio de mezcla, se mantiene una cierta separación de la pared inferior y, en particular, se reduce la carga térmica de la pared inferior debido al flujo de aire que se encuentra entre ellas. Se ha encontrado que tres canales, respectivamente, son un número ventajoso de canales del oxidante y combustible, cuyos canales se abren alternativamente en el espacio de mezcla, en la periferia, y están dispuestos rotacionalmente simétricos con respecto al eje longitudinal, desplazados 60° en cada caso. Esto hace posible una buena mezcla de los gases frescos entre sí, con una generación efectiva de torbellinos.

Alternativamente o además, la sección transversal de flujo total de la primera abertura del combustible está diseñada de tal manera que la velocidad de entrada del combustible en el espacio de mezcla en el punto de diseño de bajo valor calorífico está entre 10 % y 120 %, en particular entre 15 % y 80 %, de la velocidad de entrada del oxidante en la abertura del oxidante. La velocidad del oxidante es tal que se logra una generación de torbellino suficiente para la estabilización de la llama y puede estar, por ejemplo, entre 50 m/s y 120 m/s. La sección transversal de flujo total resulta de la suma de las secciones transversales de flujo de porciones o aberturas de flujo particulares, en este caso las presentes primeras aberturas del combustible. Como resultado, el momento del flujo másico o volumétrico del combustible alto puede contribuir de forma ventajosa y eficaz a la generación de torbellinos. Además, se evita el frenado del movimiento de rotación del flujo del oxidante por el alto flujo del combustible, frenado que podría perjudicar la estabilización de la llama.

En el caso del sistema de quemador según la reivindicación 2, la abertura de suministro adicional está formada por una segunda abertura del combustible en el espacio de mezcla, y la porción de flujo adicional comprende un segundo canal de combustible que está orientado con un componente direccional axial, por ejemplo, paralelo, con respecto al eje longitudinal. Preferiblemente, se puede proporcionar una pluralidad de segundas aberturas y canales del combustible, para la introducción uniforme del combustible. La sección transversal de flujo total de la segunda abertura del combustible es preferentemente que la velocidad en el punto de diseño de alto valor calorífico esté, por ejemplo, entre el 30 % y el 80 % de la velocidad del oxidante en la abertura del oxidante. En particular, la sección transversal de flujo total de la segunda abertura del combustible y/o el segundo canal de combustible es más pequeña que la sección transversal de flujo (total) del primer canal de combustible, y es, por ejemplo, entre el 4 % y el 40 % de la sección transversal de flujo total del primer canal de combustible. Además, los canales pueden comprender un componente direccional radial. Los canales, al igual que el canal de combustible y oxidante, pueden

estar formados, por ejemplo, por un orificio perforado que tiene una sección transversal circular. Por lo tanto, es posible ventajosamente prever una pluralidad de tramos de flujo separados, a través de los cuales puede fluir combustible en paralelo, a través de los cuales fluyen diferentes tramos del combustible, dependiendo del valor calorífico del combustible. De esta manera, se hace posible una operación que usa combustibles de alto, medio y bajo valor calorífico, siendo posible lograr en cada caso una buena mezcla de los combustibles y una combustión estable.

En el caso del sistema de quemador según la reivindicación 2, la segunda abertura del combustible está dispuesta preferentemente en el espacio de mezcla en un lugar en el que hay una presión más baja en un punto de diseño de alto valor calorífico (o en el caso de un flujo del oxidante puro) que en una ubicación de la primera abertura del combustible. En particular, en el caso de que estén presentes varias (primeras y/o segundas) aberturas del combustible, el lugar puede ser también una zona. La presión puede ser, por ejemplo, entre un 0,1 % y un 2 % más baja que en el lugar de la primera abertura del combustible. De esta manera, se puede lograr ventajosamente aerodinámicamente una separación del flujo del combustible, cuya separación cambia a medida que cambia el valor calorífico, de modo que, para diferentes calidades del combustible, se puede lograr una buena mezcla y suficiente generación de torbellinos para una combustión estable: en el punto de diseño de alto valor calorífico, (prácticamente) todo el flujo del combustible (una porción de aproximadamente el 100 %) fluye hacia el espacio de mezcla a través del segundo canal de combustible (o canales del combustible). Esto se produce por la diferencia de presión, que es mayor sobre el segundo canal de combustible que sobre el primer canal de combustible, y por un efecto de bloqueo aerodinámico del flujo del oxidante en torbellino con respecto a las primeras aberturas del combustible. Las relaciones aerodinámicas impiden en gran medida un flujo del combustible de alto valor calorífico a través del primer canal de combustible/canales de combustible que, debido al bajo impulso del combustible de alto valor calorífico, no se mezclaría lo suficiente en el flujo turbulento del oxidante. El flujo másico axial comparativamente pequeño del combustible de alto valor calorífico puede ser acelerado y transportado por el movimiento de rotación del aire, de modo que se puede lograr una combustión estable. La sección transversal de flujo total (suma de las secciones transversales de flujo) de los segundos canales del combustible es sustancialmente menor que la sección transversal de flujo total de los primeros canales del combustible. La sección transversal del flujo total es más pequeña hasta tal punto que se produciría una pérdida de presión, en el punto de diseño de bajo valor calorífico que tiene un flujo másico o volumétrico del combustible alto (flujo del combustible para abreviar), cuya pérdida de presión es mayor que la diferencia de presión en cuenta de la disposición de las segundas aberturas del combustible. De este modo, una porción (por ejemplo, más del 30 %, en particular más del 50 %) del combustible fluye a través del primer canal de combustible/canales del combustible y la parte restante fluye a través del segundo canal de combustible/canales del combustible. De esta manera, el alto flujo del combustible en el punto de diseño de bajo valor calorífico promueve el movimiento de rotación. Si todo el flujo del combustible en el punto de diseño de bajo valor calorífico se introdujera a través de canales del combustible axiales, el momento de rotación del aire no sería suficiente para mantener el movimiento de rotación hasta el punto de lograr una combustión estable.

En una variante especialmente sencilla de realizar según el sistema de quemador según la reivindicación 2, el segundo canal de combustible forma una conexión de flujo entre la zona de distribución y el espacio de mezcla y se extiende a través de la pared inferior, estando en particular la segunda abertura del combustible posicionado para estar axialmente nivelado con la superficie de la pared inferior en el lado del espacio de mezcla. Por ejemplo, la segunda abertura del combustible está dispuesta radialmente desplazada del eje central, por ejemplo entre 1/4 y 3/4 del diámetro del espacio de mezcla. Esto es ventajoso en particular en el caso de que estén presentes varias aberturas del combustible, cuyas aberturas están dispuestas preferentemente de forma simétrica alrededor del eje central. En el caso de una sola boca del combustible, ésta se puede disponer en el eje central.

Se obtiene un sistema de quemador ventajoso que permite un funcionamiento estable en un amplio rango de funcionamiento utilizando combustibles de alto, medio y bajo valor calorífico si se proporcionan al menos dos disposiciones del oxidante/combustible, una, preferentemente una pluralidad de ellas, está diseñada para la estabilización de la llama en la forma de un quemador de llama de chorro estabilizado por recirculación (preferentemente como etapa principal), y uno que está diseñado para la estabilización de la llama a través de un flujo turbulento (preferentemente como etapa piloto). Los canales del oxidante se alimentan preferentemente a través de un espacio común de distribución del oxidante, mientras que los canales del combustible están asociados con regiones de distribución separadas.

Las variantes ventajosas del método corresponden, por lo tanto, a las variantes que se describieron en relación con el sistema de quemador según la reivindicación 1 o la reivindicación 2.

La invención se explicará con mayor detalle a continuación sobre la base de las modalidades y con referencia a los dibujos, en los que:

Figura 1: es una vista en sección longitudinal de un sistema de quemador de una disposición de turbina de gas para el funcionamiento con combustibles de bajo, medio y alto valor calorífico, que comprende dos disposiciones de suministro del oxidante/combustible según la invención,

Las Figuras 2 A-C: son vistas esquemáticas, en sección longitudinal, de una parte de la disposición de suministro del oxidante/combustible para el suministro del oxidante axial a una cámara de combustión según la Figura 1, sin guía de flujo y con la guía de flujo indicada, en dos puntos operativos diferentes,

Las Figuras 3 A-C: son vistas esquemáticas, en sección longitudinal, de una parte de otra variante de una disposición de suministro del oxidante/combustible para el suministro del oxidante axial a una cámara de combustión, sin guía de flujo y con guía de flujo indicada, en dos puntos de operación diferentes,

Figura 4: es una vista frontal esquemática, desde la dirección de una cámara de combustión, de una cabeza de quemador del sistema de quemador según la Figura 1 que comprende las dos disposiciones de suministro del oxidante/combustible,

Figura 5: es una vista en sección en perspectiva, a través de los canales del oxidante y combustible, de una parte de un cabezal de quemador según la Figura 4, que comprende una disposición de suministro del oxidante/combustible para la generación de torbellinos, y

Las Figuras 6 A, B: son vistas esquemáticas, en sección longitudinal, de una parte de la disposición de suministro del oxidante/combustible según la Figura 5, durante el funcionamiento en el caso de dos puntos de funcionamiento diferentes.

La Figura 1 es una vista en sección longitudinal de un sistema de quemador 1 de una disposición de turbina de gas, en particular una disposición de microturbina de gas, para operar utilizando combustibles de bajo, medio y alto valor calorífico. En el sistema de quemador 1, durante el funcionamiento, se queman oxidante y combustible para formar gas caliente como medio de trabajo para la disposición de turbina de gas. El oxidante generalmente está formado por aire, que también puede contener otros componentes, por ejemplo, gas de escape recirculado externamente o hidrocarburos aprovechables térmicamente. También es posible un gas de escape que contiene oxígeno. A continuación, la designación "aire" se usa como sinónimo del término más general "oxidante".

El sistema de quemador 1 se extiende a lo largo de un eje longitudinal L, que en este caso, a modo de ejemplo, representa el eje de simetría. Como se indica en la Figura 1, el sistema de quemador 1, junto con una cámara de combustión 6, está instalado en una carcasa de presión, más precisamente en un espacio de carcasa de presión 12 rodeado por una pared de carcasa de presión 10, en una disposición de turbina de gas. La carcasa de presión está conectada, por ejemplo, de forma estanca a la presión con una carcasa de turbina (no representada aquí).

La cámara de combustión 6 comprende un espacio de combustión 24 que se extiende a lo largo del eje longitudinal L y está delimitado por una pared periférica 20. En el presente caso, la pared periférica 20 está diseñada, por ejemplo, de forma cilíndrica, lo que es ventajoso para un proceso de combustión simétrico, uniforme y, por lo tanto, de baja emisión. En el extremo aguas abajo del espacio de combustión 24, la pared periférica 20 termina en una abertura de salida 22, a través de la cual la cámara de combustión 6 está conectada con una tubería de gas de escape 8 de la disposición de turbina de gas.

Alrededor de la pared periférica 20 se practican aberturas de aire mixto 18, cuyas aberturas están dispuestas axialmente en la pared periférica 20, de manera que están situadas aguas abajo de una zona de combustión durante el funcionamiento.

La pared periférica 20 se extiende coaxialmente con respecto a una pared exterior 14 de la cámara de combustión 6, que está dispuesta alrededor de la pared periférica 20, formando un intersticio periférico, en este caso anular. El espacio forma un canal de suministro 16 para el suministro de aire a contracorriente en un espacio de distribución de aire 30 de una cabeza de quemador 4. También es posible un diseño diferente del suministro de aire.

La cabeza de quemador 4 del sistema de quemador 1 está dispuesta en la cámara de combustión 6, en el lado de aguas arriba. La cabeza de quemador 4 comprende una placa del portador 32 en la que está integrada una zona de distribución 38 para el combustible de la etapa principal. En este caso, la zona de distribución 38 está formada, por ejemplo, como un espacio anular, anularmente alrededor del eje longitudinal L, y es suministrada por un suministro del combustible 34. La placa del portador 32 forma una terminación frontal del espacio de la carcasa de presión 12 y está unida a la pared de la carcasa de presión 10 por medio de dispositivos de fijación 31 para el cierre estanco a la presión del espacio de la carcasa de presión 12. Un medio de aislamiento plano 33 de la cabeza de quemador 4, para el aislamiento térmico, está dispuesto entre la placa del portador 32 y el espacio de la carcasa de presión 12 o la cámara de combustión 6.

En este caso, la cabeza de quemador 4 comprende, a modo de ejemplo, disposiciones separadas de suministro de aire/combustible 50, 60. Los arreglos de suministro de aire/combustible 50 están asociados con una etapa principal del sistema de quemador 1 y sirven para agregar los componentes de gas fresco, aire y combustible a la cámara de combustión 24. En el presente caso existen, a modo de ejemplo, diez dispositivos de suministro de aire/combustible

50, que están dispuestos equidistantes en un anillo circular imaginario para formar un anillo de boquillas. Esta disposición contribuye ventajosamente a una pequeña extensión axial de la zona de combustión.

La disposición de suministro de aire/combustible 60 está asociada con una etapa piloto (estabilizadora) del sistema de quemador 1, y sirve para suministrar los componentes de gas fresco, aire y combustible a un segundo espacio de combustión (piloto) 26. El segundo espacio de combustión 26 está dispuesto aguas arriba del espacio de combustión 24 y conduce al espacio de combustión 24 con una abertura 28, que en este caso está formada sobre el eje longitudinal L y simétricamente, en particular cilíndricamente, con respecto al mismo. Las disposiciones de aire/combustible 50 están dispuestas, junto con los canales de aire 504, periféricamente alrededor del segundo espacio de combustión 26. En este caso, a modo de ejemplo, los canales de aire 504 y el espacio de combustión 26 están formados en un elemento de cabeza de quemador 25 hecho de material sólido. También es posible otro diseño, por ejemplo con paredes (más delgadas). En puntos de operación estables, los mayores flujos de masa de aire y combustible generalmente se guían a través de la etapa principal.

Un sistema de tubería de suministro del combustible 2 del sistema de quemador 1 sirve para el suministro separado del combustibles para la etapa principal y piloto a la zona de distribución 38 de la etapa principal, a través del suministro del combustible 34, y a una segunda zona de distribución 40 de la etapa piloto a través de un segundo suministro del combustible 36. Los flujos máscicos del combustible se pueden controlar preferentemente por separado, pudiendo utilizarse también diferentes combustibles.

Las primeras disposiciones de suministro de aire/combustible 50 están diseñadas para introducir los componentes de gas fresco, aire y combustible en el espacio de combustión 24 axialmente, en paralelo con el eje longitudinal L, y con un gran impulso, para formar un flujo de recirculación en un ancho zona. Para ello, las disposiciones de suministro de aire/combustible 50 comprenden los canales de aire 504, que están dispuestos en forma de anillo, para formar el anillo de boquilla. Los canales de aire 504 desembocan en cada caso, a través de una primera salida 512, en el espacio de combustión 24, y están orientados, en la dirección longitudinal, a lo largo de un eje central M que se extiende en paralelo al eje longitudinal L. Los canales de aire 504 están en conexión de flujo, por sus extremos aguas arriba, con el espacio de distribución de aire 30, que en el presente caso forma una cámara de aire y desde el cual se alimentan de aire dichos canales.

Como es más claramente visible en la Figura 2A, los canales de aire 504 comprenden cada uno una primera porción 520, dispuesta aguas arriba, y una segunda porción 522, dispuesta aguas abajo, cuya segunda porción tiene una sección transversal reducida en comparación con la primera porción 520, para acelerar el flujo. Las porciones 520, 522 están diseñadas en cada caso en particular de forma cilíndrica, siendo también concebible una forma de sección transversal diferente. La reducción de la sección transversal entre las dos porciones 520, 522 puede estar configurada de forma cónica o continua, por ejemplo como salto de sección transversal.

Las disposiciones de suministro de aire/combustible 50 comprenden canales del combustible 502, que sobresalen en los canales de aire 504 en cada caso. Los canales del combustible 502 están delimitados en cada caso por una pared 501 y están dispuestos sobre el eje central M, en dirección longitudinal. Los canales del combustible 502 forman una conexión de flujo de la zona de distribución 38 para combustible, extendiéndose estos a partir de aquí a través del material aislante 33 y el espacio de distribución de aire 30, y sus porciones de extremo 503 están dispuestas en cada caso dentro de los canales de aire 504 y coaxialmente al mismo. Las aberturas del combustible 510 de los canales del combustible 502 desembocan en los canales de aire 504 para añadir combustible al aire de forma coaxial. Las aberturas del combustible 510 están situadas axialmente, directamente al comienzo, dentro o aguas abajo de la reducción de la sección transversal.

Cada una de las aberturas del combustible 510 forma primeras aberturas de suministro para suministrar combustible al flujo de aire. Aguas arriba de la abertura del combustible 510, las trayectorias de flujo de los componentes de gas fresco se extienden en porciones de flujo separadas, al menos en parte. Aguas abajo de las aberturas del combustible 510, se forman espacios de mezcla 508 en los canales de aire 504, en los cuales están combinadas las trayectorias de flujo de aire y combustible, es decir, todo el flujo del combustible se introduce en el flujo de aire en los espacios de mezcla. Los espacios de mezcla 508 sirven para la premezcla al menos parcial del combustible y aire, aguas arriba del suministro del mismo a la cámara de combustión 6 o al espacio de combustión 24.

Según un concepto central de la invención, las disposiciones de suministro de aire/combustible 50 comprenden, además de las aberturas del combustible 510, como primeras aberturas de suministro, otras porciones de flujo que comprenden otras aberturas de suministro. En este caso, las porciones de flujo adicionales están formadas, por ejemplo, por una pluralidad de, por ejemplo, cuatro, canales de derivación 526. Los canales de derivación 526 se introducen en las paredes 501 de los canales del combustible 502, por ejemplo, rotacionalmente de manera simétrica alrededor del eje central y axialmente a la misma altura. Tienen, por ejemplo, una sección transversal circular.

Las aberturas de derivación 528 están dispuestas dentro del canal de aire 504, axialmente aguas arriba de una porción de salida 516 de la porción de extremo 503 del canal de combustible 502. La porción de extremo 503 se extiende entre los bordes aguas abajo de las aberturas de derivación 528 y las aberturas del combustible 510. La

longitud de la porción de salida 516 se selecciona de tal manera que los efectos de entrada en el caso de la entrada de un componente de gas fresco, en esta variante en particular aire, en el otro han disminuido al menos en gran medida cuando se alcanza la abertura del combustible 510. Por ejemplo, no hay más flujo de recirculación presente en la abertura del combustible 510.

Además, las aberturas de derivación 528 (con los bordes colocados aguas arriba) están dispuestas aguas abajo de las porciones de entrada 514, dentro de los canales de aire 504. La longitud de las porciones de flujo de entrada 514 es tal que el efecto de entrada del flujo de aire en el caso de flujo de entrada en los canales de aire 504, en particular, por ejemplo, las regiones de recirculación en la abertura de entrada, ha disminuido cuando se alcanzan los canales de derivación 526. Además, es así posible reducir la probabilidad de que el combustible entre en la región de distribución de aire 30 en el caso de una breve inversión del flujo en el caso de una maniobra transitoria. Para ello, los canales de aire 504 son opcionalmente de mayor longitud que los quemadores de llama de chorro estabilizados por recirculación conocidos del estado de la técnica.

En la primera variante mostrada en la Figura 1, que se muestra con más detalle en las Figuras 2A a 2C, las disposiciones de suministro de aire/combustible 50 están diseñadas partiendo de un punto de diseño de bajo valor calorífico (un punto de operación de diseño para operar usando un combustible de diseño de bajo valor calorífico, por ejemplo, un gas de síntesis que tiene un valor calorífico de 5 MJ/kg). En este caso, las secciones transversales de flujo, o en este caso el diámetro d_3 , de las aberturas del combustible 510, y las secciones transversales de flujo o diámetro d_2 de los canales del combustible 502, se corresponden entre sí.

Las Figuras 3A a 3C muestran una segunda variante, en la que las disposiciones de suministro de aire/combustible 50 están diseñadas partiendo de un punto de diseño de alto valor calorífico (un punto de operación de diseño para operar usando un combustible de diseño de alto valor calorífico, por ejemplo, gas natural que tiene un valor calorífico de algo menos de 50 MJ/kg). En este caso, la sección transversal de flujo en la abertura del combustible 510, o en este caso el diámetro d_3 , se reduce en comparación con la sección transversal del flujo o el diámetro d_2 del canal de combustible 502, para acelerar el flujo del combustible a una velocidad deseada en la abertura del combustible 510.

En ambas realizaciones, el diámetro d_3 está diseñado de tal manera que las velocidades del combustible (diseño de bajo o alto valor calorífico) en la abertura del combustible 510 son similares a la velocidad de la mezcla de gas fresco en la salida 512 hacia el espacio de combustión 24 (por ejemplo, entre +/- 50 %, en particular entre +/- 20 %). Las velocidades típicas para un quemador de llama de chorro estabilizado por recirculación, por ejemplo entre 60 m/s y 180 m/s) están presentes en la salida 512. Las velocidades de entrada similares evitan las separaciones de flujo y las fluctuaciones del combustible asociadas en la abertura del combustible 510 y promueven un proceso de combustión estable.

En este caso, los canales de derivación 526 se extienden, a modo de ejemplo, radial-axialmente en un ángulo α con respecto al eje central M. En la primera realización (Figuras 2A a 2C), el ángulo α está, por ejemplo, entre 15 ° y 45° (α abierto en sentido aguas arriba). En la segunda realización (Figuras 3A a 3C), el ángulo α está, por ejemplo, entre 135° y 165° (α abierto en la dirección de aguas arriba). Estas orientaciones en cada caso promueven una dirección de flujo deseada entre la trayectoria del flujo de aire y la trayectoria del flujo del combustible, que se explicará a continuación.

El ángulo α y las secciones transversales de flujo total de los canales de derivación 526 y/o las aberturas de derivación 528 (es decir, la suma de las secciones transversales de flujo de los canales del combustible 526 o las aberturas del combustible 528) están diseñadas con respecto al diseño de alto valor calorífico punto en la primera realización, y con respecto al punto de diseño de bajo valor calorífico en la segunda realización. El diseño es tal que las velocidades en las aberturas del combustible 510 en el punto de diseño de alto valor calorífico o bajo valor calorífico se ajustan a las velocidades en el punto de diseño de bajo valor calorífico y alto valor calorífico, respectivamente, es decir, las velocidades son similares. Por ejemplo, la relación de velocidad de "bajo valor calorífico/alto valor calorífico" en las aberturas del combustible 510 es menor por un factor de 2, preferentemente menor por un factor de 1,5.

En la primera variante, la guía de flujo durante el funcionamiento se indica mediante flechas en las Figuras 2B y 2C. La Figura 2B muestra la guía de flujo en el punto de diseño de bajo valor calorífico, que tiene un flujo másico o volumétrico del combustible grande. El aire y el combustible se guían en primer lugar a la abertura de derivación a través del canal de aire 504 y el canal de combustible 502, respectivamente, en porciones de flujo separadas. Las relaciones de presión en el canal de aire 504 y el canal de combustible 502 son similares, en el punto de diseño de bajo valor calorífico, de manera que la porción de aire que fluye a través de la abertura de derivación 528 es (sustancialmente) cero. Por lo tanto, no se produce, o como mucho, una fuerza impulsora baja, fuerza que genera un flujo a través de las aberturas de derivación 528. En consecuencia, el aire fluye (al menos en gran medida) a través del canal de aire 504, y el combustible fluye a través del canal de combustible 502, de manera sustancialmente separada, hasta la abertura del combustible 510, donde se combinan los componentes de gas fresco.

En el punto de diseño de alto valor calorífico (Figura 2C), que tiene un flujo de volumen del combustible sustancialmente menor, se produce una pérdida de presión menor en el canal de combustible 502 que en el canal

de aire circundante 504. La diferencia de presión resultante significa que una porción del aire ya fluye a través del canal de derivación 526, que comprende las aberturas de derivación 528, y hacia el canal de combustible 502, aguas arriba de la abertura del combustible 510. Esto aumenta el flujo de volumen dentro del canal de combustible 502, entre las aberturas de derivación 528 y la abertura del combustible 510. La porción de aire resulta del diseño correspondiente de los canales de derivación 526 y las aberturas de derivación 528, de modo que la velocidad deseada se proporciona en la abertura del combustible 510. En este caso, los diámetros d_1 de los canales de derivación 526 pueden ser, por ejemplo, entre el 10 % y el 40 % del diámetro d_2 del canal de combustible 502. Esto aumenta la estabilidad de la combustión, evitando significativamente las fluctuaciones del combustible en la abertura del combustible. Sin el diseño que comprende los canales de derivación 526, por ejemplo, se producirían diferencias de velocidad por un factor de 5.

En la segunda variante, la guía de flujo durante el funcionamiento se indica mediante flechas en las Figuras 3B y 3C. La Figura 3B muestra la guía de flujo en el punto de diseño de bajo valor calorífico, que tiene un flujo volumétrico del combustible grande. El aire y el combustible se guían en primer lugar a la abertura de derivación 528 a través del canal de aire 504 y el canal de combustible 502, respectivamente. Como resultado del alto flujo de masa o volumen del combustible, se produce una mayor caída de presión en la abertura del combustible 510. En consecuencia, se produce un aumento de presión aguas arriba en el canal de combustible 502, presión que conduce a una mayor diferencia de presión entre el canal de combustible 502 y el canal de aire circundante 504. La diferencia de presión significa que, para la compensación de presión, una porción del combustible fluye a través del canal de derivación 526, que comprende las aberturas de derivación 528, y al canal de aire 504. Por lo tanto, aguas abajo de las aberturas de derivación 528, una porción del flujo del combustible fluye, junto con el flujo de aire, hasta la ubicación de la abertura del combustible 510, y la otra porción continúa fluyendo por separado a través del canal de combustible 502 hasta la abertura del combustible 510. Los canales de derivación 526 que comprenden las aberturas de derivación 528 están diseñados, en particular con respecto a su ángulo α y las secciones transversales de flujo, de tal manera que se produce una diferencia de presión, por medio de la cual el flujo del combustible se separa en porciones de tal manera que la velocidad en la abertura del combustible 510 es similar (por ejemplo, por un factor de 2 o menos, preferentemente por un factor de 1,3 o menos) a dicha velocidad en el punto de diseño de alto valor calorífico. En este caso, los diámetros d_1 de los canales de derivación 526 pueden ser, por ejemplo, entre el 10 % y el 50 % del diámetro d_2 del canal de combustible 502.

En el punto de diseño de alto valor calorífico, que tiene un flujo de volumen del combustible comparativamente pequeño, las relaciones de presión entre el canal de combustible 502 y el canal de aire 504 son similares entre sí. Por lo tanto, no se produce, o como mucho, una fuerza impulsora baja para el flujo a través del canal de derivación 526, que comprende la abertura de derivación 528.

Las composiciones del combustible en los puntos de diseño de bajo valor calorífico y alto valor calorífico representan preferentemente extremos entre los cuales las composiciones del combustible pueden oscilar durante el funcionamiento. En el caso de un cambio en la composición del combustible y el valor calorífico o el índice de Wobbe del combustible, entre estos extremos, durante la operación, las relaciones de presión dentro de los arreglos de suministro de aire/combustible 50 se ajustan en consecuencia, de tal manera que la porción del aire fresco el gas, en cada caso, que fluye en el camino de flujo del otro gas fresco, es de un tamaño tal que se produce la igualación deseada de las velocidades.

La segunda disposición de suministro de aire/combustible 60 (ver Figura 1 y Figuras 5, 6A, 6B) está diseñada para suministrar los componentes de gas fresco, aire y combustible al segundo espacio de combustión 26 en un flujo turbulento, es decir, que tiene un componente direccional tangencial. Para ello, la disposición de suministro de aire/combustible 60 comprende un espacio de mezcla 608 que está dispuesto aguas arriba del espacio de combustión 26, en la parte inferior de la pared interior, de modo que una salida 612 del mismo desemboca aguas abajo en el espacio de combustión 26. El espacio de mezcla 608 está dispuesto en el centro, sobre el eje longitudinal L, y es simétrico con respecto a dicho eje, en particular cilíndrico. Como las Figuras 6A y B muestran con más detalle, el espacio de mezcla 608 está delimitado en la parte inferior por una pared inferior 626, que en este caso está orientada, a modo de ejemplo, perpendicularmente al eje longitudinal L. El espacio de mezcla 608 está delimitado en la periferia por una pared 609. El espacio de mezcla 608 sirve para premezclar los componentes de gas fresco, al menos en parte.

Como se muestra en más detalle en las Figuras 4 y 5, una pluralidad de canales de aire 604 que comprenden aberturas de aire 610, de las cuales aquí hay tres, a modo de ejemplo, abiertas en el espacio de mezcla 608 en la periferia, en la pared 609. Los canales de aire 604 forman una conexión de flujo entre el espacio de distribución de aire 30 y el espacio de mezcla 608 y forman porciones de flujo separadas del recorrido del flujo de aire, en este caso, a modo de ejemplo, para una etapa piloto. Los canales de aire 604 tienen, por ejemplo, una sección transversal circular. Los canales de aire 604 se extienden, por ejemplo, de manera axialmente constante, en un plano perpendicular al eje longitudinal L, y están orientados tangencialmente con respecto al espacio de mezcla cilíndrico 608, para imprimir un componente direccional tangencial en el flujo de aire emergente, para generar el flujo de torbellino. La orientación podría comprender adicionalmente un componente direccional radial.

Preferiblemente, de manera alterna con los canales de aire 604 en cada caso, el mismo número de canales del combustible 602, en el presente caso, a modo de ejemplo, tres, abiertos a modo de aberturas del combustible 614, en la periferia, en el espacio de mezcla 608. La disposición alterna permite una mezcla más uniforme del combustible en el aire. Los canales del combustible 602 tienen, por ejemplo, una sección transversal circular y porciones de flujo separadas de las trayectorias de flujo para el combustible. Las aberturas de los canales de aire y combustible están dispuestas con simetría de rotación con respecto al eje longitudinal L, en este caso, por ejemplo, desplazadas entre sí en 60°. En cada caso, una porción de extremo 601 de los canales del combustible 602 se extiende de manera axialmente constante, en un plano perpendicular al eje longitudinal L, y tangencialmente, opcionalmente con un componente direccional radial adicional, al espacio de mezcla 608.

Las porciones de extremos 601 de los canales del combustible 602 están preferentemente alineadas con los canales de aire 604, de manera tangencial-radial. Por lo tanto, el combustible también puede impulsar el movimiento de rotación del flujo turbulento. Los canales del combustible 602 están diseñados de tal manera que, en el punto de diseño de bajo valor calorífico que tiene los flujos másicos y volumétricos más altos, el movimiento de rotación del flujo turbulento se impulsa junto con ellos. En este caso, los componentes de gas fresco en cada caso tienen órdenes de magnitud similares en el caso de las velocidades de entrada en el espacio de mezcla 608, siendo por ejemplo la velocidad del combustible 10 % y 120 %, en particular entre 15% y 80 %, de la velocidad del aire. La velocidad del aire puede estar, por ejemplo, entre 50 m/s y 120 m/s, y es tal que se logra un flujo turbulento que estabiliza la llama.

La abertura del combustible 614 y las aberturas de aire 610 están dispuestas axialmente desplazadas entre sí, estando dispuestos los bordes inferiores axiales de las aberturas del combustible 614 más aguas abajo que los bordes inferiores axiales de las aberturas de aire 610. Los bordes inferiores axiales de las aberturas de aire 610 pueden unirse, por ejemplo, a la pared inferior 626 enrasados con el fondo. Por lo tanto, el flujo de aire generalmente sustancialmente mayor puede contrarrestar ventajosamente una estabilización no deseada de una llama en la abertura del combustible 610.

Aguas arriba de las porciones de extremo 601, los canales del combustible 602 comprenden porciones axiales 605, que proceden de la región de distribución 40. La zona de distribución 40 está dispuesta en el centro del eje longitudinal L y se une a la parte trasera de la pared inferior 626. La extensión radial de la región de distribución 40 es mayor que la del espacio de mezcla 608, de modo que el flujo del combustible procedente de la región de distribución 40 puede suministrarse fácilmente al espacio de mezcla 608 a través de las porciones axiales 605 y las porciones de los extremos aguas abajo 601.

La zona de distribución 40 es suministrada por el segundo suministro del combustible 36, dispuesto en el centro, sobre el eje longitudinal L. La disposición central del suministro del combustible 36 y de la zona de distribución 40, teniendo la disposición de los mismos adyacente a la parte trasera de la pared inferior 626, permite ventajosamente el enfriamiento de la pared inferior 626 por medio del flujo del combustible suministrado que, durante el suministro, golpea la parte trasera de la pared inferior 626 y la enfría a modo de enfriamiento por impacto. Los canales del combustible 602, dispuestos uniformemente alrededor del espacio de mezcla 608 y que comprenden las porciones axiales 605 y las porciones de extremo 601, también contribuyen a la refrigeración del espacio de mezcla 608. De este modo se reduce ventajosamente la carga de temperatura en la cabeza de quemador 4. En estas regiones se pueden disponer componentes sensibles a la temperatura, como un dispositivo de encendido o puntos de apoyo. Esto tiene una influencia positiva en la vida útil de los componentes individuales del sistema de quemador 1.

Las aberturas del combustible 614 forman un grupo de primeras aberturas de suministro, estando combinados los componentes de gas fresco combustible y aire en el espacio de mezcla 608. De acuerdo con un concepto central de la invención, se proporcionan secciones de flujo adicionales, formadas por segundos canales del combustible 603, que en cada caso desembocan en el espacio de mezcla 608 de un grupo a través de otras aberturas de suministro, formadas por segundas aberturas del combustible 616. Los segundos canales del combustible 603 están orientados axialmente con respecto al eje longitudinal L, pudiendo dichos canales tener también un componente radial. Las segundas aberturas del combustible 616 están dispuestas en el espacio de mezcla 608, en particular en la pared inferior 626, en una ubicación B (en este caso, la región), en la que hay una presión más baja en un punto de diseño de alto valor calorífico que en una ubicación A (en este caso la región) de las primeras aberturas del combustible 614. Tal ubicación se coloca, por ejemplo, al ras con el lado de la pared inferior 626 que mira hacia el espacio de mezcla 608, de una manera radialmente desplazada con respecto al eje longitudinal L. Una disposición de este tipo resulta, durante la operación en el punto de diseño de alto valor calorífico, en una diferencia de presión, a través del cual el combustible fluye preferentemente a través de los segundos canales del combustible 603 y las segundas aberturas del combustible 616 al espacio de mezcla 608. Las secciones transversales de flujo o la sección transversal de flujo total de los segundos canales del combustible 603 están diseñadas de tal manera que las velocidades en las segundas aberturas del combustible 616 están, por ejemplo, entre el 30 % y el 80 % de la velocidad del flujo de aire. Esto conduce ventajosamente a una buena mezcla del combustible en el flujo de aire arremolinado. En el punto de diseño de alto valor calorífico, el flujo del combustible a través de los segundos canales del combustible 603 es (prácticamente) del 100 %, y el de los primeros canales del combustible 602 es (prácticamente) del 0 %.

En las Figuras 6A y 6B, la guía de flujo durante el funcionamiento se indica mediante flechas. La Figura 6A muestra la operación en el punto de diseño de bajo valor calorífico, teniendo un gran flujo másico del combustible. En este caso, el combustible fluye a través de la zona de distribución 40. Las secciones transversales de flujo de los segundos canales del combustible 603 o las segundas aberturas del combustible 616 o la sección transversal de flujo total (suma de las secciones transversales de flujo) se selecciona de tal manera que, en el caso del punto de diseño de bajo valor calorífico, una pérdida de presión alta dentro de los segundos canales del combustible 603 resultados. La pérdida de presión provocada por el diseño es tan grande que una porción, por ejemplo entre el 90 % y el 30 %, de la abertura del combustible fluye hacia el espacio de mezcla 608 a través de los primeros canales del combustible 602, teniendo el combustible en las primeras aberturas del combustible 614 una velocidad de, por ejemplo, 10 % a 30 % del flujo de aire en las aberturas de aire 610. Por lo tanto, la rotación del flujo turbulento es impulsada por los altos flujos de masa del combustible. La otra porción del combustible, por ejemplo, del 10 % al 70 %, fluye a través de los segundos canales del combustible 603.

En el punto de diseño de alto valor calorífico, que tiene un flujo másico del combustible pequeño, la diferencia de presión sobre los segundos canales del combustible 603, junto con un efecto de bloqueo del flujo de aire en las primeras aberturas del combustible 614, da como resultado un flujo másico del combustible preferentemente, por ejemplo (prácticamente) completamente, fluyendo a través de los segundos canales del combustible 603 que tienen las segundas aberturas del combustible 616. El flujo turbulento del aire transporta y acelera el combustible que fluye hacia el espacio de mezcla 608.

Tanto en el punto de diseño de bajo valor calorífico como en el de alto valor calorífico, las velocidades del aire son tales que se logra una estabilización de la llama mediante el flujo giratorio. La porción del flujo del combustible a través de los segundos canales del combustible 603 varía, por ejemplo, entre el 10 % y el 70 % y (prácticamente) el 100 %, entre el punto de diseño de bajo valor calorífico y alto valor calorífico. De esta manera, se puede lograr una operación estable y optimizada para la pérdida de presión (y, por lo tanto, eficiente) utilizando combustibles de bajo, medio y alto valor calorífico, mientras que la geometría sigue siendo la misma.

El diseño según la invención del sistema de combustión 1 y el método según la invención hace posible que el sistema de combustión 1 funcione de manera estable y fiable tanto con combustibles de bajo valor calorífico como con combustibles de alto valor calorífico, y variantes entre ellos. Dado que el flujo ajustado a través de las disposiciones de suministro de aire/combustible se establece teniendo en cuenta las relaciones de presión cambiantes que tienen el valor calorífico cambiante o el índice de Wobbe, sin cambiar la geometría (cabeza de quemador), ventajosamente no se requiere ningún ajuste o control a través de un medio de control.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de quemador (1) para generar gas caliente en una planta de turbina de gas, que tiene una cámara de combustión (6) que comprende un espacio de combustión (24, 26) orientado a lo largo de un eje longitudinal (L), y que tiene una cabeza de quemador (4) que tiene al menos una disposición de suministro del oxidante/combustible (50) para suministrar oxidante y combustible a la cámara de combustión (6) como componentes de gas fresco, que comprende
 - una trayectoria de flujo en cada caso para combustible y oxidante para suministrarlos al espacio de combustión (24, 26), en donde las trayectorias de flujo aguas arriba de un espacio de mezcla (508) tienen cada una porciones de flujo separadas para guiar por separado los componentes de gas fresco, y las trayectorias de flujo se combinan en el espacio de mezcla (508), y
 - al menos una primera abertura de suministro para suministrar combustible al espacio de mezcla (508), en donde la disposición de suministro del oxidante/combustible (50) comprende al menos una porción de flujo adicional que tiene una abertura de suministro adicional, a través de la cual una porción de uno de los componentes de gas fresco para el suministro al espacio de combustión (24, 26) se pueden suministrar a una porción de flujo con el otro componente de gas fresco, en donde la porción de flujo adicional está dispuesta y diseñada de tal manera que, en el caso de una geometría sin cambios, la porción del componente de gas fresco que fluye a través de la porción de flujo adicional puede cambiar con el valor calorífico del combustible, como resultado de una relación de presión cambiante, de tal manera que las velocidades en la primera abertura de suministro y/o en las otras aberturas de suministro se desvían entre sí como máximo por un factor de 2, en particular como máximo por un factor de 1,5, preferentemente como máximo por un factor de 1,2, entre un punto de diseño de bajo valor calorífico y un punto de diseño de alto valor calorífico, en donde
 - el punto de diseño de bajo valor calorífico corresponde a un punto de diseño de funcionamiento con un combustible de diseño de bajo valor calorífico, cuyo valor calorífico específico en masa es de aproximadamente 5 MJ/kg, y el punto de diseño de alto valor calorífico corresponde a un punto de diseño de funcionamiento con un combustible de diseño de alto valor calorífico, cuyo valor calorífico específico de masa es de apenas 50 MJ/kg,
 - las energías térmicas de los dos puntos de diseño se corresponden entre sí, y
 - la abertura de suministro adicional está formada por al menos una abertura de derivación (528), en donde la abertura de derivación (528) está formada aguas arriba de una abertura del combustible (510) de un canal de combustible (502) en una pared (501) del mismo, y en donde la porción de flujo adicional forma una conexión de flujo entre las trayectorias de flujo del oxidante y el combustible.
2. Sistema de quemador (1) para generar gas caliente en una planta de turbina de gas, que tiene una cámara de combustión (6) que comprende un espacio de combustión (24, 26) orientado a lo largo de un eje longitudinal (L), y que tiene una cabeza de quemador (4) que tiene al menos una disposición de suministro del oxidante/combustible (60) para suministrar oxidante y combustible a la cámara de combustión (6) como componentes de gas fresco, que comprende
 - una trayectoria de flujo en cada caso para combustible y oxidante para suministrarlos al espacio de combustión (24, 26), en donde las trayectorias de flujo aguas arriba de un espacio de mezcla (608) tienen cada una porciones de flujo separadas para guiar por separado los componentes de gas fresco, y las trayectorias de flujo se combinan en el espacio de mezcla (608), y
 - al menos una primera abertura de suministro para suministrar combustible al espacio de mezcla (608), en donde la primera abertura de suministro está formada por una primera abertura del combustible (614), en donde la disposición de suministro del oxidante/combustible (60) comprende al menos una porción de flujo adicional que tiene una abertura de suministro adicional, a través de la cual una porción de uno de los componentes de gas fresco para el suministro al espacio de combustión (24, 26) puede ser suministrada a una porción de flujo con el otro componente de gas fresco, en donde la porción de flujo adicional está dispuesta y diseñada de tal manera que, en el caso de una geometría sin cambios, la porción del componente de gas fresco que fluye a través de la porción de flujo adicional puede cambiar con el valor calorífico del combustible, como resultado de una relación de presión cambiante, de tal manera que las velocidades en la primera abertura de suministro y/o en la otra abertura de suministro se desvíen entre sí como máximo en un factor de 2, en particular como máximo en un factor de 1,5, preferentemente como máximo en un factor de 1,2, entre un punto de diseño de bajo valor calorífico y un punto de diseño de alto valor calorífico, en donde
 - el punto de diseño de bajo valor calorífico corresponde a un punto de diseño de funcionamiento con un combustible de diseño de bajo valor calorífico, cuyo valor calorífico específico en masa es de aproximadamente 5 MJ/kg, y el punto de diseño de alto valor calorífico corresponde a un punto de diseño de funcionamiento con un combustible de diseño de alto valor calorífico, cuyo valor calorífico específico de masa es de apenas 50 MJ/kg,
 - las energías térmicas de los dos puntos de diseño se corresponden entre sí,
 - el espacio de mezcla (608) está dispuesto en el centro del eje longitudinal (L) y es simétrico con respecto a dicho eje, y está delimitado en la parte inferior por una pared inferior (626), que está preferentemente orientada perpendicularmente al eje longitudinal (L), y periféricamente por una pared (609), y desemboca aguas abajo en el espacio de combustión (26) con una salida (612), en donde los componentes de gas fresco pueden ser suministrados al espacio de mezcla (608) de tal manera que se genera un flujo turbulento que tiene un componente direccional tangencial, y

- la abertura de suministro adicional está formada por una segunda abertura del combustible (616) en el espacio de mezcla (608), en donde la porción de flujo adicional comprende un segundo canal de combustible (603) que está orientado con un componente direccional axial con respecto al eje longitudinal (L).

- 5 3. Sistema de quemador (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque la disposición de suministro del oxidante/combustible (50) tiene un canal del oxidante (504) que tiene una salida (512) para abrirse a la cámara de combustión (6), una porción de salida (516) del canal del oxidante (504) está orientada a lo largo de un eje central (M) que, sustancialmente se extiende de manera axial, en paralelo con el eje longitudinal (L).
- 10 4. Sistema de quemador (1) según la reivindicación 3, caracterizado porque la disposición de suministro del oxidante/combustible (50) tiene el canal de combustible (502) que está delimitado por la pared (501), cuyo canal está diseñado para extenderse en paralelo, en particular coaxialmente al canal del oxidante (504), al menos con una porción de extremo (503) en el canal del oxidante (504), y cuya abertura del combustible (510) desemboca dentro del canal del oxidante (504) o en la salida (512) del mismo, formando la abertura del combustible (510) la primera abertura de suministro.
- 15 5. Sistema de quemador (1) según la reivindicación 4, caracterizado porque la abertura del combustible (510) tiene una sección transversal de flujo, en particular tiene un diámetro (d_3), que se reduce en comparación con la sección transversal del flujo, en particular que tiene un diámetro (d_2), del canal de combustible (502) que se extiende aguas arriba, o porque la abertura del combustible (510) tiene una sección transversal de flujo, en particular tiene un diámetro (d_3), que corresponde a la sección transversal del flujo, en particular que tiene un diámetro (d_2), del canal de combustible (502) que se extiende aguas arriba.
- 20 6. Sistema de quemador (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 3-5, caracterizado porque la sección transversal de flujo de la abertura del combustible (510) está diseñada de tal manera que, en el punto de diseño de bajo valor calorífico o en el punto de diseño de alto valor calorífico, la velocidad en la abertura del combustible (510) está entre +/- 50 %, preferentemente entre +/- 20 %, de la velocidad de la mezcla de gas fresco en la salida (512) hacia el espacio de combustión (24), siendo la porción que fluye a través de la abertura de derivación (528) igual a cero.
- 25 7. Sistema de quemador (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque están presentes varias secciones de flujo adicionales, que son en particular simétricas entre sí, por ejemplo, están dispuestas rotacionalmente de manera simétrica alrededor del eje central (M) y axialmente a la misma altura.
- 30 8. Sistema de quemador (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 3-7, caracterizado porque la abertura de derivación (528) está dispuesta axialmente dentro del canal del oxidante (504) aguas abajo de una porción de entrada (514) del canal del oxidante (504), que preferentemente tiene una longitud axial tal que los efectos de entrada del flujo del oxidante en el caso del flujo de entrada al canal del oxidante (504), en particular las separaciones de flujo locales han disminuido sustancialmente en la abertura de derivación (528), y/o porque la abertura de derivación (528) está dispuesta axialmente dentro del canal del oxidante (504) aguas arriba de una porción de salida (516) de la porción de extremo (503), que preferentemente tiene una longitud axial tal que los efectos de entrada en el caso de un componente de gas fresco que fluye hacia el otro han disminuido sustancialmente por la abertura del combustible (510).
- 35 9. Sistema de quemador (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 3-8, caracterizado porque la porción de flujo adicional comprende un canal de derivación (526) en la pared (501), cuyo canal se extiende radialmente en un ángulo (α) con respecto al eje central (M).
- 40 10. Sistema de quemador (1) según la reivindicación 9, caracterizado porque el ángulo (α) está entre 0° y 90° , en particular entre 10° y 60° , por ejemplo, entre 15° y 45° , o porque el ángulo (α) está entre 90° y 180° , en particular entre 110° y 170° , por ejemplo, entre 135° y 165° .
- 45 11. Sistema de quemador (1) según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 10, caracterizado porque el canal del oxidante (504) comprende una primera porción (520) en su recorrido axial y una segunda porción (522) aguas abajo de la primera porción (520), disponiéndose una reducción de sección transversal entre las dos porciones (520, 522), y porque la abertura del combustible (510) está dispuesta axialmente en, dentro o aguas abajo de la reducción de la sección transversal.
- 50 12. Sistema de quemador (1) según la reivindicación 2 o la reivindicación 7, caracterizado porque la disposición de suministro del oxidante/combustible (60) tiene al menos un canal del oxidante (604) que desemboca en el espacio de mezcla (608) en la periferia y que está orientado con un componente direccional
- 55
- 60
- 65

tangencial con respecto al eje longitudinal (L), el canal del oxidante (604) se asigna a la porción de flujo separada del oxidante, y/o

porque una región de distribución (40) para el combustible está asociada con el dispositivo de suministro del oxidante/combustible (50, 60), cuya región está dispuesta en particular simétrica con respecto, por ejemplo, al centro del eje longitudinal (L) y adyacente a la parte trasera de la pared inferior (626).

13. Sistema de quemador (1) según cualquiera de las reivindicaciones 2, 7 o 12, caracterizado porque la primera abertura de suministro está formada por al menos una primera abertura del combustible (614), que desemboca en el espacio de mezcla (608) en la periferia y que forma el extremo aguas abajo de un primer canal de combustible (602), una porción de extremo (601) del canal de combustible (602) que se extiende con un componente direccional tangencial con respecto al eje longitudinal.

14. Sistema de quemador (1) según la reivindicación 13, caracterizado porque una abertura del oxidante (610) del canal del oxidante (604) y la primera abertura del combustible (614) están dispuestas axialmente desplazadas entre sí, estando dispuesto el borde inferior axial de la abertura del oxidante (610) aguas arriba del borde inferior axial de la abertura del combustible (614), y/o porque la sección transversal de flujo total de la primera abertura del combustible (614) está diseñada de tal manera que la velocidad de entrada del combustible en el espacio de mezcla (608) en el punto de diseño de bajo valor calorífico está entre 10 % y 120 %, en particular entre el 15 % y el 80 %, de la velocidad de entrada del oxidante en la abertura del oxidante (610).

15. Sistema de quemador (1) según cualquiera de las reivindicaciones 2, 7 o 12-14, caracterizado porque la segunda abertura del combustible (616) está dispuesta en el espacio de mezcla (608) en una ubicación (B) en la que hay una presión más baja en un punto de diseño de alto valor calorífico que en una ubicación (A) de la primera abertura del combustible (614), y/o porque el segundo canal de combustible (603) forma una conexión de flujo entre la región de distribución (40) y el espacio de mezcla (608) y se extiende a través de la pared inferior (626), la segunda abertura del combustible (616) en particular se coloca para ser nivelado axialmente con la superficie de la pared inferior (626) en el lado del espacio de mezcla.

16. Sistema de quemador (1) según cualquiera de las reivindicaciones 2, 7 o 12-15, caracterizado porque la(s) sección(es) transversal(es) de flujo total de la(s) porción(es) de flujo adicional(es) está(n) diseñada(s) de tal manera que, en el punto de diseño de alto valor calorífico, una porción de al menos el 70 %, preferentemente al menos el 90 %, por ejemplo, 100 % del combustible fluye a través del segundo canal de combustible (603), y/o, en el punto de diseño de bajo valor calorífico, una porción de al menos el 30 %, preferentemente al menos el 70 %, por ejemplo, al menos el 90 % del combustible fluye a través del primer canal de combustible (602).

17. Método para generar gas caliente en una planta de turbina de gas con un sistema de quemador (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde se suministra oxidante y combustible a un espacio de combustión (24, 26) de una cámara de combustión (6) como componentes de gas fresco a través de al menos una disposición de suministro del oxidante/combustible (50, 60) de un cabezal de quemador (4), cada uno de los componentes de gas fresco fluye a través de una trayectoria de flujo que tiene porciones de flujo separadas dentro de la disposición de suministro del oxidante/combustible (50, 60) en un espacio de mezcla (508, 608) en donde se combinan las trayectorias de flujo de los componentes de gas fresco, el combustible fluye hacia la abertura hacia el espacio de mezcla (508, 608) que pasa por una primera abertura de suministro, caracterizado porque uno de los flujos de componentes de gas fresco dentro de la cabeza de quemador (4), en particular dentro de la disposición de suministro del oxidante/combustible (50, 60), se puede dividir en al menos dos porciones, una de las porciones dentro de la disposición de suministro del oxidante/combustible (50, 60) que fluye a través de al menos una porción de flujo adicional que tiene una abertura de suministro adicional y, en el caso de una geometría fija, la porción del componente de gas fresco que fluye a través de la porción de flujo adicional cambia con el valor calorífico del combustible, como resultado de una relación de presión cambiante, de tal manera que las velocidades en la primera abertura de suministro y/o en la siguiente abertura de suministro se desvíen entre sí como máximo en un factor de 2, en particular como máximo en un factor de 1,5, preferentemente como máximo por un factor de 1,2, entre un punto de diseño de bajo valor calorífico y un punto de diseño de alto valor calorífico.

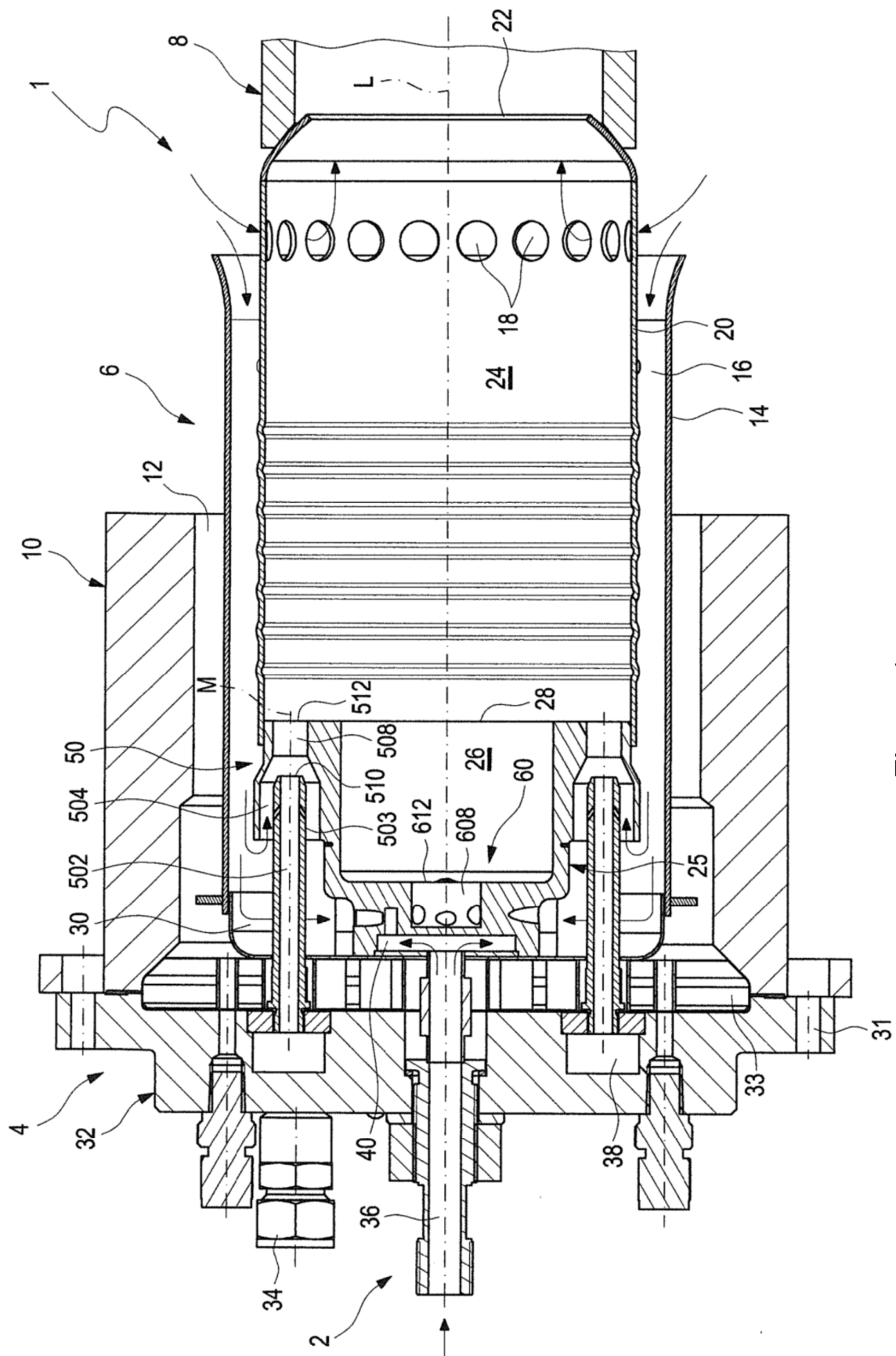


Figure 1

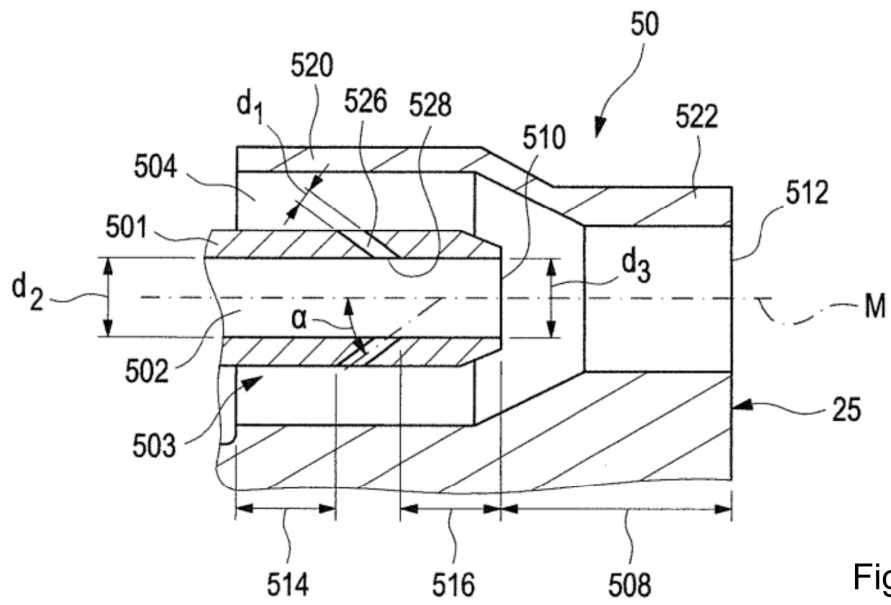


Figura 2A

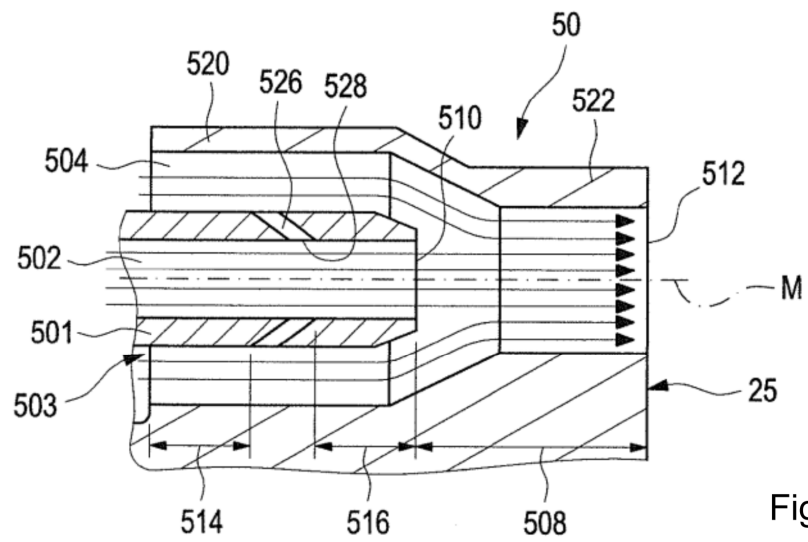


Figura 2B

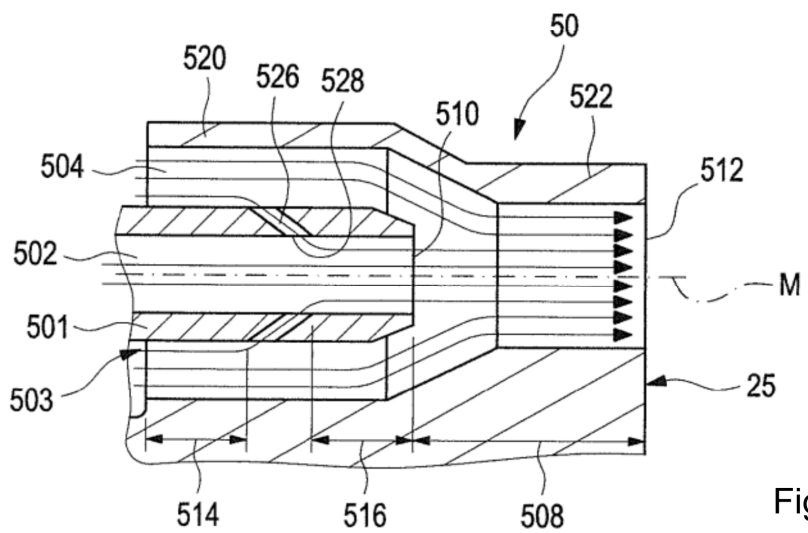


Figura 2C

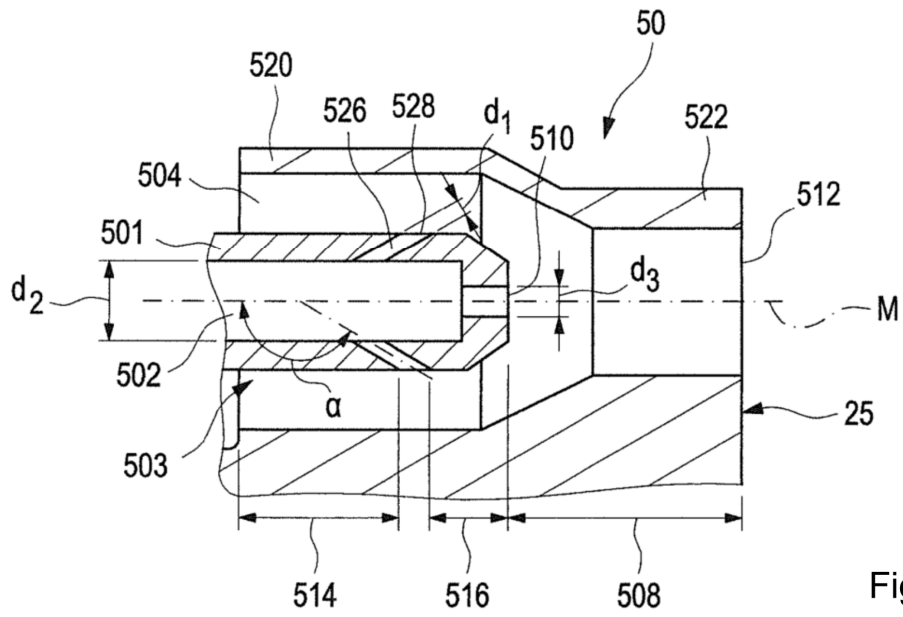


Figura 3A

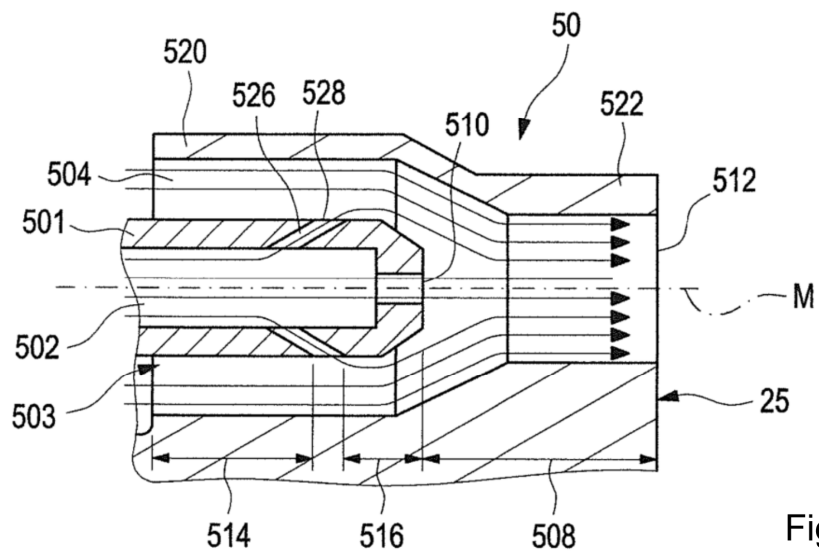


Figura 3B

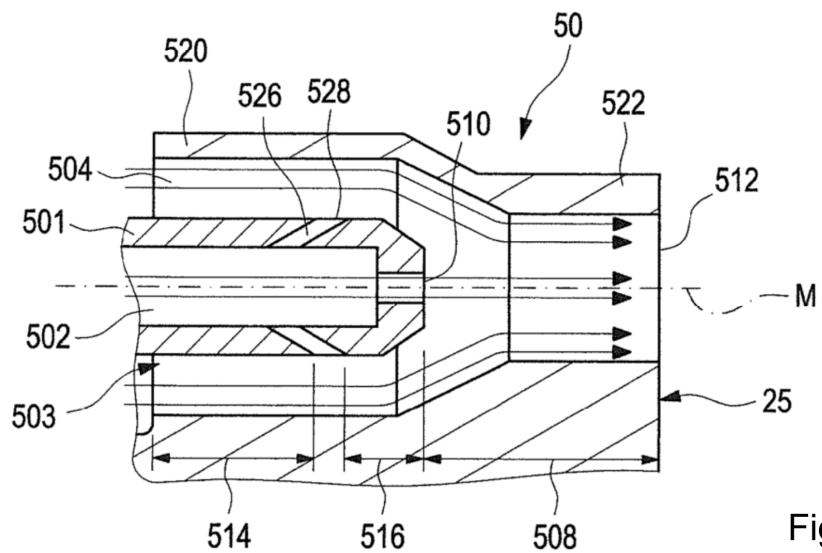


Figura 3C

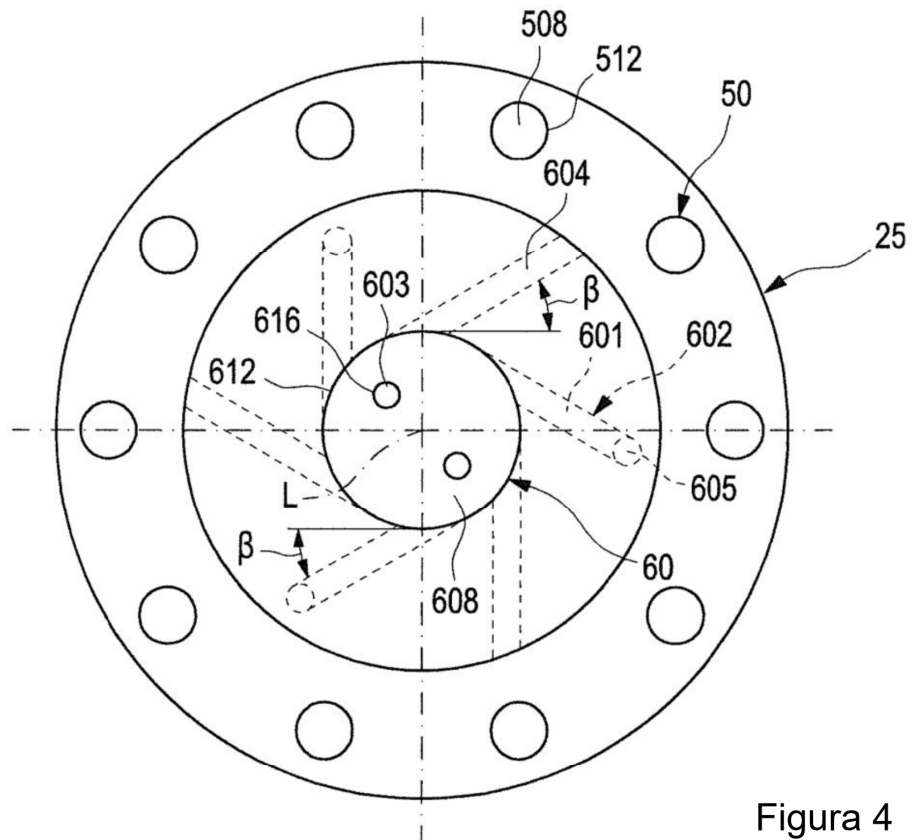


Figura 4

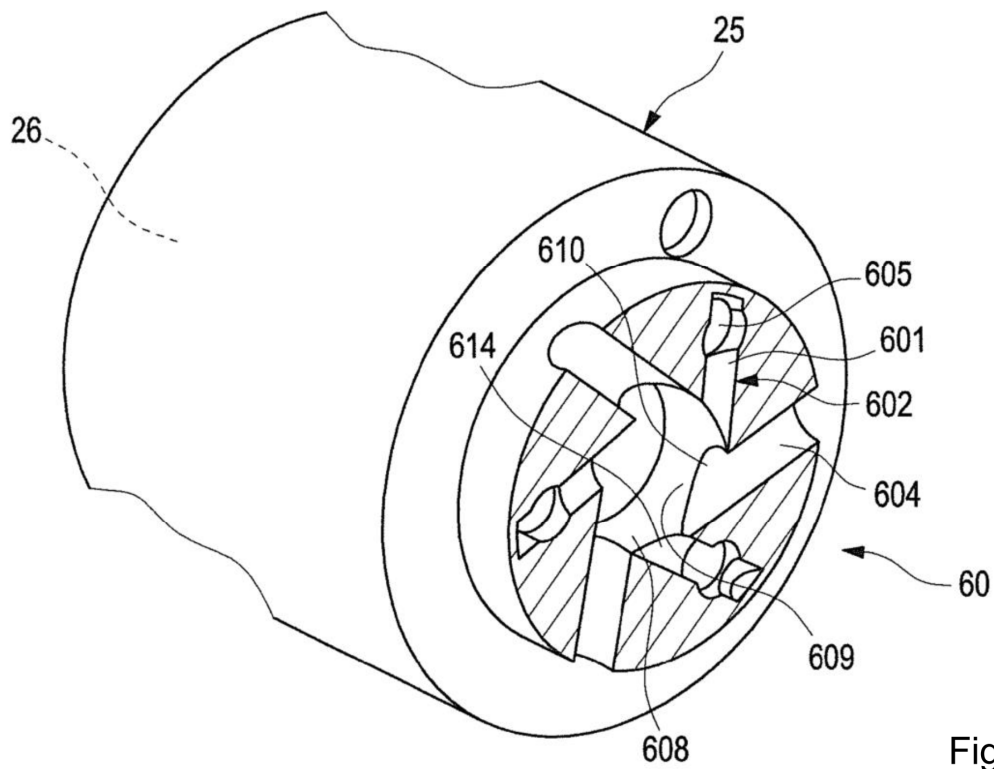


Figura 5

