(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 551 930**

(51) Int. Cl.:

F23C 13/00 (2006.01)
F23C 13/08 (2006.01)
F23R 3/12 (2006.01)
F23R 3/40 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.08.2004** **E 04763827 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.09.2015** **EP 1654497**

(54) Título: **Método para la combustión de un combustible fluido, así como quemador, en particular para una turbina de gas, para ejecutar el método**

(30) Prioridad:

13.08.2003 EP 03018417

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.11.2015

(73) Titular/es:

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
WITTELSBACHERPLATZ 2
80333 MÜNCHEN, DE

(72) Inventor/es:

PRADE, BERND

(74) Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 551 930 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

Método para la combustión de un combustible fluido, así como quemador, en particular para una turbina de gas, para ejecutar el método.

La presente invención hace referencia a un quemador para la combustión de un combustible fluido, en donde la salida de combustible de un quemador catalítico se encuentra dispuesta antes de la salida de combustible de un quemador principal en la dirección de flujo del combustible en un canal de flujo, de manera que el combustible reacciona de forma catalítica, donde el quemador catalítico presenta una cantidad de elementos que actúan de forma catalítica, los cuales se encuentran dispuestos de manera que en el canal de flujo se forma un flujo rotacional y los elementos que actúan de forma catalítica se encuentran dispuestos en un plano perpendicular con respecto a la dirección de flujo, donde la salida de combustible de los elementos que actúan de forma catalítica desemboca en el canal de flujo.

La presente invención hace referencia además a una cámara de combustión que presenta un quemador de esa clase, así como a una turbina de gas con una cámara de combustión de ese tipo.

La presente invención hace referencia también a un método para quemar un combustible fluido en un quemador de la clase mencionada en la introducción, donde el combustible se convierte en una reacción catalítica y a continuación combustible que ha reaccionado previamente de forma catalítica continúa siendo quemado en una reacción posterior, donde al combustible que ha reaccionado previamente se aplica un componente de turbulencia.

Como un combustible fluido se entiende a continuación en particular fueloil y/o gas de combustión, tal como el que se utiliza en especial para turbinas de gas. Como fueloil se entienden todos los líquidos combustibles, por ejemplo petróleo, metanol, etc. y como gas de combustión todos los gases combustibles, por ejemplo gas natural, gas de carbono, gas de síntesis, biogás, butano, etc. Quemadores de esa clase con reacción catalítica se describen por ejemplo en el documento EP-A-491 481.

Los sistemas de quemador de esa clase son adecuados también para aplicaciones en turbomáquinas, como por ejemplo turbinas de gas. Por lo general, una turbina de gas se compone de una parte del compresor, de una parte del quemador y de una parte de la turbina. La parte del compresor y la parte de la turbina se encuentran generalmente sobre un eje común, el cual al mismo tiempo acciona un generador para producir electricidad. En la parte del compresor se comprime aire fresco precalentado a la presión requerida en la parte del quemador. En la parte del quemador se quema el aire fresco comprimido y precalentado con un combustible, como por ejemplo gas natural o fueloil. El gas residual caliente del quemador es suministrado a la parte de la turbina y allí es expandido generando rendimiento.

Durante la combustión del aire fresco comprimido y precalentado con el gas de combustión se producen sustancias nocivas como productos particularmente no deseados de la combustión, por ejemplo óxidos de nitrógeno NO_x o monóxido de carbono CO. Los óxidos de nitrógeno, junto con el dióxido de azufre, son considerados los causantes principales del problema ambiental de la lluvia ácida. Por ese motivo - también debido a estrictas especificaciones legales de los valores límite para la emisión de NO_x - se considera conveniente mantener al mínimo la emisión de NO_x de una turbina de gas y, al mismo tiempo, no afectar en alto grado la potencia de la turbina de gas.

De este modo, por ejemplo, la disminución de la temperatura de la llama, así como del pico de temperatura de la llama en la parte del quemador, produce un efecto reductor del óxido de nitrógeno. Al gas de combustión o al aire fresco comprimido y precalentado se suministra vapor de agua o se inyecta agua en el espacio de combustión. Las medidas mencionadas, las cuales por sí mismas reducen la emisión de óxido de nitrógeno de la turbina de gas, se denominan medidas primarias para la reducción del óxido de nitrógeno. De forma correspondiente, se denominan como medidas secundarias todas las medidas en las cuales los óxidos de nitrógeno contenidos una vez en el gas residual de una turbina de gas - o también de forma general de un proceso de combustión - son reducidos a través de medidas posteriores.

A este respecto, se ha implementado en todo el mundo el método de la reducción catalítica selectiva (SCR), en donde los óxidos de nitrógeno, junto con un agente reductor, preferentemente amoníaco, se ponen en contacto en un catalizador, formando nitrógeno no perjudicial y agua. Sin embargo, la utilización de esa técnica se asocia forzosamente al consumo de agentes reductores. Los catalizadores dispuestos en el canal de gas residual para la reducción del óxido de nitrógeno inducen naturalmente una caída de presión en el canal de gas residual, la cual implica una pérdida de potencia de la turbina. En el caso de una potencia de la turbina de gas de por ejemplo 150 MV y de un precio de venta de la energía de aproximadamente 8 centavos por kWh de energía, aun una pérdida de potencia al nivel de algunos tantos por mil repercute gravemente en el resultado que puede alcanzarse con un equipo de esa clase.

Nuevas consideraciones con respecto al diseño del quemador se basan en el hecho de que un quemador de difusión corriente, utilizado normalmente en la turbina de gas, o un quemador de premezcla estabilizado frente a turbulencias, es reemplazado por un sistema de combustión catalítico. Con un sistema de combustión catalítico, ya a través del proceso de combustión en sí mismo se alcanzan emisiones de óxidos de nitrógeno más reducidas en comparación con las posibilidades de los tipos de quemadores convencionales antes mencionados. De este modo, pueden superarse las desventajas conocidas del método SCR (grandes volúmenes del catalizador, consumo de agentes reductores, elevada pérdida de presión).

En la solicitud EP 1 359 377 A1 se describe un quemador con una cantidad de catalizadores que desembocan en un espacio de salida. En el espacio de salida, una mezcla caliente de combustible oxidante que ha reaccionado de forma parcial ingresa a lo largo de una dirección de flujo, donde tiene lugar una ignición espontánea de la mezcla. Las aberturas de los catalizadores se encuentran dispuestas en el espacio de salida de manera que el ingreso de la mezcla que ha reaccionado de forma parcial al espacio de salida tiene lugar en un plano que se extiende perpendicularmente con respecto a la dirección de flujo en el espacio de salida, de manera que la mezcla que está ingresando obtiene una turbulencia.

En la solicitud WO03/072919 A1 se describe un sistema de quemador con un quemador piloto catalítico.

En las solicitudes US 2002/0182555 A1, WO 96/41991 y EP 0 953 806 A2 se describen disposiciones de quemadores axialmente simétricas con catalizadores a través de los cuales circula combustible en la dirección axial. En la solicitud US 2002/0182555 A1 la sección de salida del catalizador está diseñada como generador de turbulencia. En la solicitud EP 0 953 806 A2 un generador de turbulencia se encuentra dispuesto aguas abajo del catalizador, de forma dinámica en cuanto al flujo.

Una aplicación de un proceso catalítico se revela por ejemplo también en la solicitud EP 0 832 397 B1, donde en dicho documento se muestra un quemador catalítico de una turbina de gas. De este modo, una parte del gas de combustión se sustrae a través de un sistema de conductos, se conduce sobre un nivel catalítico y a continuación se suministra finalmente al gas de combustión para disminuir su temperatura de ignición catalítica. El nivel catalítico se encuentra diseñado aquí como un nivel de preformación que comprende una instalación del catalizador, proporcionada para transformar un hidrocarburo obtenido en el gas de combustión en un alcohol y/o en un aldehído o en H_2 y CO.

En la solicitud EP 0 832 399 B1 se revela un quemador para la combustión de un combustible, en donde la salida de combustible de un quemador de soporte, en la dirección de flujo del combustible, en un canal de flujo antes de la salida del combustible de un quemador principal, se proporciona para estabilizar el quemador principal, en donde se produce la combustión catalítica de un flujo de combustible piloto. De este modo, referido a la sección transversal del canal de flujo para el combustible, el quemador catalítico se encuentra dispuesto en el centro y el quemador principal en forma de corona.

Los sistemas de combustión catalíticos antes descritos se componen de un catalizador que se encuentra dispuesto de forma axial. En el catalizador se libera sólo una parte de la energía contenida en el combustible, gracias a lo cual se mejora la estabilización del quemado total de la parte residual de la energía químicamente ligada en dirección axial aguas abajo, desde el catalizador hacia un espacio de combustión. Esta reacción principal comienza después de un tiempo determinado, el así llamado tiempo de auto-ignición, el cual esencialmente depende de la temperatura y de la composición del gas en la salida del catalizador.

A este respecto, se considera problemática en general la utilización de las disposiciones conocidas para el funcionamiento con combustibles muy diferentes entre sí, puesto que el catalizador generalmente debe adaptarse de forma específica para combustibles determinados. En particular, lo mencionado dificulta también la utilización de un catalizador que ha sido diseñado para gas natural como reactor para hacer reaccionar hidrocarburos de cadena larga (en particular fueloil pre-evaporado), ya que las propiedades correspondientes de la cinética de la reacción claramente son otras. Por este motivo, las disposiciones de este tipo son adecuadas sólo de forma limitada para posibilitar un funcionamiento de la turbina de gas con un combustible líquido.

Es objeto de la presente invención proporcionar un método para la combustión de un combustible fluido, con el cual pueda alcanzarse una reacción lo más completa posible del combustible fluido, con emisiones reducidas de sustancias nocivas. Otro objeto de la invención consiste en indicar un quemador, en particular para una turbina de gas, el cual sea adecuado para ejecutar el método.

El objeto referido al método, conforme a la invención, se alcanzará a través de un método para la combustión de un combustible fluido en un quemador de la clase mencionada en la introducción, donde el combustible se transforma en una reacción catalítica y a continuación, combustible que ha reaccionado previamente de forma catalítica continúa siendo quemado en una reacción posterior, donde al combustible que ha reaccionado previamente se imprime un componente de turbulencia, donde el quemador está diseñado según una de las reivindicaciones 1 a 5 y

el combustible que ha reaccionado previamente ingresa al canal de flujo bajo un ángulo de 15º a 75º, referido a un eje principal definido por la dirección de flujo.

La presente invención se basa en el hecho de que la reacción posterior inicia después de un tiempo determinado que depende esencialmente de la temperatura y de la composición del gas de los productos de la reacción después de la reacción catalítica. La reacción posterior que sigue a la reacción catalítica debe efectuarse en caliente en una conversión lo más completa posible. El combustible que continúa quemándose en la reacción posterior debe quemarse por completo, donde en el gas residual deben evitarse el monóxido de carbono e hidrocarburos.

La presente invención toma como base la consideración de que por ejemplo los combustibles líquidos, como el fueloil, los cuales en una reacción catalítica no pueden transformarse de forma segura o sólo pueden transformarse de modo insuficiente, por lo general no deben quemarse hasta agotarse en un volumen de reacción existente de forma limitada, en tanto no tenga lugar una estabilización aerodinámica. Del mismo modo, con dimensiones dadas convenientes, se presenta el problema de que, también con una reacción catalítica parcial, los tiempos de reacción para la reacción disponibles después de sustraer el tiempo de auto-ignición son demasiado cortos para quemar sin CO.

A través de la invención se indica de ahora en adelante una vía completamente nueva para alcanzar la combustión de un combustible fluido, donde la reacción catalítica y la reacción posterior se sincronizan de forma apropiada una con respecto a otra para completar el quemado total del combustible. De manera preferente, un combustible fluido puede ser también una mezcla de combustible-aire, la cual se obtiene mezclando el combustible fluido con aire de combustión, formando una mezcla de combustible-aire que se hace reaccionar de forma catalítica. Se sugiere que al combustible que ha reaccionado previamente, así como a una mezcla de combustible-aire que ha reaccionado previamente a partir de la reacción catalítica, se aplique un componente de turbulencia. A través de la turbulencia del combustible que ha reaccionado previamente se logra que el combustible que se libera a partir de la reacción catalítica disponga de más tiempo de reacción que en el caso de una coordenada de la reacción sin turbulencia, es decir puramente axial, de los sistemas de combustión catalíticos tradicionales. Debido a la turbulencia, el combustible que ha reaccionado previamente alcanzará el tiempo de auto-ignición en un recorrido marcadamente reducido - observado en una coordenada axial - porque a través de la turbulencia se reduce el componente axial de la velocidad del combustible que ha reaccionado previamente, produciendo un componente de la velocidad circunferencial, inducido por la turbulencia, donde ante todo se genera una zona de flujo inverso. Con ello, para la reacción posterior en donde se quemará después el combustible que ha reaccionado previamente, se dispone de un volumen de reacción suficiente, de manera que el combustible - sin una ampliación axial importante del espacio de construcción del sistema de combustión - puede quemarse hasta agotarse por completo.

De este modo, en el caso de una conversión catalítica parcial, después de sustraer el tiempo de auto-ignición, se dispone de un tiempo de reacción para la reacción posterior marcadamente más prolongado en comparación con los sistemas de combustión catalíticos convencionales, de manera que en particular se alcanza una combustión completa libre de CO. Con los sistemas convencionales sin aplicación de turbulencia se necesitaba para esto una ampliación considerable de la longitud de construcción del espacio de combustión para la reacción posterior, lo cual conduce a que dichos sistemas requieran más tiempo para su construcción, sean más costosos y difíciles de manejar. Desde este momento, con la presente invención pueden superarse esas desventajas, donde en el procedimiento pueden utilizarse diferentes combustibles fluidos, es decir tanto combustibles líquidos como también gaseosos, donde en caso necesario pueden quemarse combustibles líquidos también del modo convencional, en forma de una llama estabilizada en cuanto a turbulencias, suprimiendo el catalizador.

En una variante ventajosa, el combustible que ha reaccionado previamente afectado por la turbulencia es transferido a un espacio de combustión para la reacción posterior, donde se conforma un flujo rotacional.

De este modo, preferentemente a través del ajuste del tiempo de permanencia del combustible que ha reaccionado previamente para la transferencia, en el espacio de combustión se induce una ignición controlada de la reacción posterior. El tiempo de permanencia puede ajustarse a través del ajuste de la turbulencia y la formación del flujo rotacional inducido de este modo, en lo que se refiere a la cantidad y a la dirección del flujo de combustible. De esta forma, al menos en el medio, referido a una distribución del tiempo de permanencia de los productos de la reacción catalítica afectados por la turbulencia, el punto de auto-ignición puede fijarse de modo espacialmente correcto, garantizando con ello una estabilización suficiente del quemado total para la reacción posterior.

Preferentemente, como reacción posterior se inicia una reacción posterior no-catalítica. De modo aún más preferente, el combustible se quema por completo en la reacción posterior. De este modo, una reacción previa catalítica se combina ventajosamente con una reacción posterior no-catalítica, donde a través del componente de turbulencia del combustible que ha reaccionado previamente o de un combustible líquido inyectado eventualmente en caso necesario aguas abajo del catalizador, se garantiza una ignición espacialmente controlada de la reacción posterior homogénea no- catalítica.

En una variante preferente, como combustible fluido se quema un combustible gaseoso o un combustible líquido, en particular gas de combustión o fueloil.

El objeto referido a un quemador, conforme a la invención, se alcanzará a través de un quemador para la combustión de un combustible fluido, en donde la salida de combustible de un quemador catalítico se encuentra dispuesta antes de la salida de combustible de un quemador principal en la dirección de flujo del combustible en un canal de flujo, de manera que el combustible reacciona de forma catalítica, donde el quemador catalítico presenta una cantidad de elementos que actúan de forma catalítica, los cuales se encuentran dispuestos de manera que en el canal de flujo se forma un flujo rotacional y los elementos que actúan de forma catalítica se encuentran dispuestos en un plano perpendicular con respecto a la dirección de flujo, donde la salida de combustible de los elementos que actúan de forma catalítica en el canal de flujo tiene lugar bajo un ángulo de 15º a 75º, referido a un eje principal definido por la dirección de flujo.

La dirección de flujo del combustible en el canal de flujo indica la dirección axial de flujo a lo largo del propio canal de flujo, la cual está determinada por un eje longitudinal del canal de flujo. El flujo rotacional que se forma mediante la disposición de los elementos que actúan de forma catalítica debe entenderse como un flujo rotacional o flujo afectado por una turbulencia en la dirección de flujo o dirección de flujo principal del combustible en el canal de flujo.

De manera preferente, el flujo rotacional se conforma en el extremo de los elementos que actúan de forma catalítica, después de la salida de combustible, donde por ejemplo la salida de combustible desemboca en el canal de flujo perpendicularmente con respecto a un eje longitudinal del canal de flujo, que se encuentra desplazado con relación al eje longitudinal de la salida de combustible, de manera que se produce una turbulencia. Al inducir un flujo rotacional o flujo turbulento en el extremo de los elementos que actúan de forma catalítica, al combustible fluido se le imprime de forma conveniente un componente de turbulencia, de manera que se genera un componente (central) de la velocidad circunferencial y el componente axial de la velocidad a lo largo del eje longitudinal, es decir a lo largo de la dirección de flujo del componente en el canal de flujo, se reduce en correspondencia con la aplicación de turbulencia, a través de la disposición geométrica de los elementos que actúan de forma catalítica.

Los elementos que actúan de forma catalítica están dispuestos en un plano de forma perpendicular con respecto a la dirección de flujo, donde la salida de combustible de los elementos que actúan de forma catalítica desembocan en el canal de flujo. De este modo es posible que una pluralidad de elementos que actúan de forma catalítica se encuentren dispuestos a lo largo de una circunferencia en el plano, de forma perpendicular con respecto a la dirección de flujo, donde respectivamente a través de la dirección de la descarga de las salidas de combustible es posible lograr un componente tangencial al ingresar en el canal de flujo. A través de una cantidad y disposición correspondientes de los elementos que actúan de forma catalítica, los cuales en su totalidad conforman el quemador catalítico para la reacción catalítica del combustible, el flujo rotacional puede generarse de forma predeterminada, de manera que en el espacio de combustión resulta una distribución deseada del tiempo de permanencia, la cual permite una ignición espacialmente controlada de una reacción posterior homogénea no-catalítica. De manera ventajosa, el sistema puede disponerse también de modo que en caso necesario, al utilizar un combustible por ejemplo líquido, pueda ajustarse también una combustión convencional, es decir, no-catalítica. De este modo, el quemador es adecuado en particular también para combustibles líquidos, superando la desventaja de los sistemas de combustión hasta el momento catalíticos, en particular para turbinas de gas, los cuales son conocidos solamente como quemadores de un solo componente para combustibles gaseosos.

Preferentemente, para ajustar un tiempo de permanencia predeterminado del combustible en el canal de flujo, la longitud axial del canal de flujo puede adaptarse de forma correspondiente. A través del diseño constructivo y de la adaptación de la longitud del canal de flujo, es decir a través de la determinación de la distancia de la salida del quemador principal desde la salida de combustible del quemador catalítico, considerando el flujo rotacional producido a causa de la turbulencia imprimida y del tiempo de auto-ignición relevante, es posible ajustar un tiempo de permanencia adecuado para el inicio y el soporte de la combustión del quemador principal. De este modo, el quemador puede adaptarse de forma especialmente flexible a la reacción principal que comienza después de un tiempo determinado (tiempo de auto-ignición) en el quemador principal, la cual depende esencialmente de la temperatura y de la composición del gas en la salida de combustible del quemador catalítico, donde la misma se efectúa como reacción posterior de la reacción catalítica que tiene lugar aguas arriba. Debido a esta adaptación conveniente es posible una conversión completa en la reacción principal.

En un diseño preferente, un elemento que actúa de forma catalítica se encuentra diseñado como un catalizador de panal que, como componente elemental, presenta al menos una de las siguientes sustancias, dióxido de titanio, óxido de silicio y óxido de circonio.

De manera aún más preferente, como componente catalíticamente activo el catalizador de panal presenta un metal precioso u óxido de metal que presenta un efecto oxidante sobre el combustible fluido. Éstos son por ejemplo metales preciosos como platino, rodio, renio, iridio y óxidos de metal, como por ejemplo los óxidos de metales de transición óxido de vanadio, óxido de wolframio, óxido de molibdeno, óxido de cromo, óxido de cobre, óxido de

manganeso y óxidos de los lantánidos, como por ejemplo óxido de cerio. Igualmente pueden emplearse iones metálicos- zeolita y óxidos de metal del tipo de la espinela.

La estructura de panal de los elementos que actúan de forma catalítica resulta especialmente ventajosa, ya que la misma se encuentra formada por una pluralidad de canales que se extienden a lo largo de un eje del elemento que actúa de forma catalítica. Esto favorece la reacción catalítica debido al aumento de la superficie catalíticamente activa a través de los canales, favoreciendo por otra parte una homogeneización del flujo dentro del catalizador de panal, de manera que se alcanza una descarga del flujo bien definida del combustible que ha reaccionado previamente de forma catalítica, desde la salida de combustible, donde de forma definida y de modo correspondiente se origina un componente de turbulencia al ingresar en el canal de flujo.

En una variante especialmente preferente, el quemador acorde a la invención se proporciona en una cámara de combustión. La cámara de combustión comprende un espacio de combustión, en donde preferentemente el quemador sobresale hacia dentro, así como desemboca, junto con la salida de combustible del quemador principal.

De manera preferente, una cámara de combustión de esa clase es adecuada para la utilización en una turbina de gas, donde un gas de combustión caliente, generado en la cámara de combustión, se usa para accionar una parte de la turbina, de la turbina de gas.

Las ventajas de una cámara de combustión de esa clase y de una turbina de gas de esa clase resultan de las explicaciones antes mencionadas sobre el método de combustión y sobre el quemador.

A continuación, la invención se explica en detalles mediante un dibujo. En una representación simplificada y no realizada a escala, las figuras muestran:

Figura 1: un corte a la mitad, a través de una turbina de gas;

Figura 2: en una vista en sección, una representación simplificada de un quemador según la invención;

y

Figura 3: el quemador representado en la figura 2 en una vista en la dirección de flujo principal del combustible.

Las mismas piezas poseen los mismos símbolos de referencia en todas las figuras.

La turbina de gas según la figura 1 presenta un compresor 2 para el aire de combustión, una cámara de combustión 4, así como una turbina 6 para accionar el compresor 2 y un generador o máquina no representados en detalle. La turbina 6 y el compresor 2 están dispuestos sobre un árbol de la turbina 8, denominado también como rotor de la turbina, al cual se encuentra conectado también el generador o la máquina, donde dicho árbol se encuentra montado de modo que pueda rotar alrededor de su eje central 9. La cámara de combustión 4, diseñada a modo de una cámara de combustión anular, se encuentra provista de una cantidad de quemadores 10 para la combustión de un combustible líquido o gaseoso. El quemador 10 está conformado como un sistema de combustión catalítico y se encuentra diseñado para una reacción de combustión catalítica, así como para una reacción de combustión no-catalítica, o para combinaciones de ambas. La estructura y el modo de funcionamiento del quemador 10 se abordarán más en detalle con relación a las figuras 2 y 3.

La turbina 6 presenta una cantidad de álabes del rotor 12 giratorios que se encuentran conectados al árbol de la turbina 8. Los álabes del rotor 12 están dispuestos en forma de una corona en el árbol de la turbina 8, formando así una cantidad de hileras de álabes del rotor. Además, la turbina 6 comprende una cantidad de álabes de guía fijos 14 que se encuentran fijados en una carcasa interna 16 de la turbina 6, igualmente a modo de una corona formando hileras de álabes de guía. Los álabes del rotor 12 sirven para accionar el árbol de la turbina 8 a través de la transmisión de pulso desde medio caliente que circula a través de la turbina 6, el medio de operación M. En cambio, los álabes de guía 14 sirven para conducir el flujo del medio de operación M entre respectivamente dos hileras de álabes del rotor o límites de álabes del rotor sucesivos, observado en la dirección de flujo del medio de operación. Un par sucesivo en base a una corona de álabes de guía 14 o a una hilera de álabes de guía, y a una corona de álabes del rotor 12 o a una hilera de álabes del rotor, se denomina también como nivel de la turbina. Cada álabe de guía 14 presenta una plataforma 18 denominada también base del álabe, la cual se encuentra dispuesta como elemento de pared para la fijación del respectivo álabe de guía 14 en la carcasa interna 16 de la turbina. La plataforma 18 consiste en un componente térmico, comparativamente cargado en alto grado, el cual forma la delimitación externa de un canal de gas caliente para el medio de operación M que circula a través de la turbina 6. De modo análogo, cada álabe del rotor se encuentra fijado en el árbol de la turbina mediante una plataforma denominada también como base del álabe. Entre las plataformas 18, distanciadas una de otra, de los álabes de guía 14 de dos hileras contiguas de álabes de guía, se encuentra dispuesto respectivamente un anillo de guía 21 en la carcasa interna 16 de la turbina 6. Del mismo modo, la superficie externa de cada anillo de guía 21 se encuentra

expuesta al medio de operación M caliente que circula a través de la turbina 6 y, en dirección radial, se encuentra separada de los extremos externos 22 de los álabes del rotor 12 situados de forma opuesta a la misma, a través de una abertura. Los anillos de guía 21 dispuestos entre hileras contiguas de álabes de guía sirven en particular como elementos cobertores que protegen la pared interna 16 u otras partes de la carcasa de la carga térmica a través del medio de operación M caliente que circula por la turbina 6. La cámara de combustión 4 está delimitada por una carcasa 29 de la cámara de combustión, donde una pared 24 de la cámara de combustión se encuentra conformada del lado de dicha cámara. En el ejemplo de ejecución, la cámara de combustión 4 está diseñada como una así llamada cámara de combustión anular, donde una pluralidad de quemadores dispuestos en dirección circunferencial alrededor del árbol de la turbina 8 desemboca en un espacio común de la cámara de combustión o espacio de combustión 27. Para ello, la cámara de combustión 4 está diseñada en su totalidad como una estructura anular que se encuentra posicionada alrededor del eje de la turbina 8.

Para generar el medio de operación M caliente, un combustible fluido B, así como aire de combustión A, se suministran al quemador 10, formando y quemando una mezcla de combustible-aire. Para lograr una combustión completa y ampliamente libre de sustancias nocivas, el quemador 10 está diseñado como un sistema de combustión catalítico con el cual puede alcanzarse una conversión completa del combustible B. El gas caliente resultante del proceso de combustión, el medio de operación M, presenta temperaturas comparativamente elevadas de 1000 °C hasta 1500 °C, para alcanzar un grado de efectividad correspondientemente elevado de la turbina de gas 1. Para ello, la cámara de combustión 4 se encuentra diseñada para temperaturas correspondientemente elevadas. Para lograr una vida útil comparativamente prolongada también en el caso de estos parámetros de funcionamiento desfavorables para los materiales, la pared de la cámara de combustión 24, sobre su lado que se encuentra orientado hacia el medio de operación M, se encuentra provista de un revestimiento de la cámara de combustión, conformado por elementos de blindaje térmico 26. Debido a las temperaturas elevadas en el interior de la cámara de combustión 4 puede proporcionarse además un sistema de refrigeración para los elementos de blindaje térmico 26, el cual no se encuentra representado en detalle.

En la figura 2, el quemador 10 acorde a la invención que se utiliza en la cámara de combustión 4 de la turbina 1 se representa en una vista en sección muy simplificada, con el fin de explicar a modo de ejemplo el concepto catalítico de combustión que se toma como punto de partida. El quemador 10 para la combustión del combustible fluido B presenta un quemador catalítico 35A, 35B, así como un quemador principal 37. El quemador principal 37 comprende un primer canal de flujo 31A, así como un segundo canal de flujo 31B que rodea concéntricamente el primer canal de flujo. El quemador catalítico 35A se encuentra asociado al primer canal de flujo 31A y el quemador catalítico 35B se encuentra asociado al segundo canal de flujo 31B. El canal de flujo 31A, 31B se extiende a lo largo de un eje principal o dirección de flujo 33. Durante el suministro de un combustible fluido B, la dirección de flujo 33 es al mismo tiempo la dirección axial de flujo o la dirección de flujo principal del combustible B en el canal de flujo 31A, 31B. El quemador catalítico 35A presenta elementos que actúan de forma catalítica 43C, 43D. El quemador catalítico 35B presenta elementos que actúan de forma catalítica 43A, 43B. Los elementos que actúan de forma catalítica 43A, 43B, 43C, 43D están diseñados por ejemplo como catalizadores de panal que constan de un componente fundamental y de un componente catalíticamente activo, donde el componente catalíticamente activo ejerce un efecto oxidante sobre el combustible fluido B. Los elementos que actúan de forma catalítica 43A, 43B se encuentran en conexión de flujo con el canal de flujo 31B, mientras que los elementos catalíticamente activos 43C, 43D se encuentran en una conexión de flujo con el canal de flujo 31A. De este modo, respectivamente una salida de combustible 41 de los quemadores catalíticos 35A, 35B desemboca en el canal de flujo 31A, 31B asociado. El quemador principal 37 se encuentra dispuesto a lo largo de la dirección de flujo 33 del combustible B, después de la salida de combustible 41 del quemador catalítico 35A, 35B y, mediante el canal de flujo 31A, 31B, se encuentra en conexión de flujo con el quemador catalítico 35A, 35B. El quemador principal 37 presenta una salida de combustible 39. De manera correspondiente, en la dirección de flujo 33 del combustible B, en el canal de flujo 31A, 31B, antes de la salida de combustible 39 del quemador principal 37, se proporciona la salida de combustible 41 del quemador catalítico 35A, 35B. El quemador catalítico 35A, 35B sirve para la conversión catalítica o conversión parcial del combustible B, iniciando una reacción catalítica previa que, después de un tiempo de auto-ignición (autoignition-time), induce una ignición del combustible B que ha reaccionado previamente, en el quemador principal 37. Esto conduce a que se estabilice la combustión total y a que se complete la combustión total en una zona de combustión total 45, la cual se forma en las proximidades de la salida de combustible 39 del quemador principal 37. Para ajustar un tiempo de permanencia predeterminado del combustible B en el canal de flujo 31A, 31B, la longitud L del canal de flujo 31A, 31B se encuentra adaptada, en particular a los tiempos de reacción y a las velocidades de flujo del combustible B que deben considerarse. Los elementos que actúan de forma catalítica 43A, 43B, 43C, 43D están dispuestos de manera que en el canal de flujo 31A, 31B se forma un flujo rotacional. Este último se conforma en el extremo de los elementos que actúan de forma catalítica 43A, 43B, 43C, 43D, después de su salida de combustible 41.

La figura 3 muestra una vista a lo largo de la dirección de flujo 33 del quemador 10 mostrado en la figura 2. Los elementos que actúan de forma catalítica 43A, 43B están dispuestos en un plano de forma perpendicular con respecto a la dirección de flujo 33, donde la salida de combustible 41 de los elementos que actúan de forma catalítica 43A, 43B desemboca en el canal de flujo 31B. De forma análoga, los elementos que actúan de forma catalítica 43C, 43D están dispuestos en un plano de forma perpendicular con respecto a la dirección de flujo 33,

donde la salida de combustible 41 de los elementos que actúan de forma catalítica 43C, 43D desembocan en el canal de flujo 31A. Los quemadores catalíticos 35A, 35B están dispuestos a lo largo de la dirección de flujo 22, separados unos de otros. A través de la disposición de los elementos que actúan de forma catalítica 43A, 43B; al ingresar el combustible fluido B a través de la salida de combustible 41 en el canal de flujo 31B externo anular, se imprime al combustible B un componente de turbulencia. Lo mismo aplica durante el suministro del combustible B mediante los elementos que actúan de forma catalítica 43C, 43D en el canal de flujo 31A interno anular, donde se imprime una turbulencia correspondiente al combustible B.

Durante el funcionamiento del quemador 10, el combustible fluido B es suministrado a un quemador catalítico 35A, 35B y allí es convertido al menos de forma parcial en una reacción catalítica. A continuación, el combustible B que ha reaccionado previamente así de forma catalítica continúa siendo quemado en una reacción posterior, en la zona de combustión total 45 del quemador principal. Al combustible B que ha reaccionado previamente se le imprime un componente de turbulencia. El combustible B que ha reaccionado previamente afectado por la turbulencia es transferido a una zona de combustión total 45 para la reacción posterior, donde en el canal de flujo 31A, 31B se conforma un flujo rotacional. A través del ajuste del tiempo de permanencia del combustible B que ha reaccionado previamente para la transferencia, en la zona de combustión total 45 se induce una ignición espacialmente controlada de la reacción posterior. A través de la selección y el ajuste del componente de turbulencia puede generarse un flujo turbulento deseado en el canal de flujo 31A, 31B y, con ello, a modo de ejemplo- tal como se representa - puede determinarse de forma correspondiente la longitud axial L del canal de flujo 31B. Gracias a ello, el espacio de construcción, en particular la extensión axial del quemador 10 se limita a dimensiones manejables y, al mismo tiempo, se garantiza una ignición espacialmente controlada de la reacción posterior en la zona de combustión total 45 asociada al quemador principal 37. Debido al flujo rotacional del combustible fluido B, la zona de combustión total 45 se encuentra limitada de forma correspondiente en su dimensión axial, de manera que es factible una realización con cámaras de combustión 4 dimensionadas de modo habitual y espacios de combustión 27 (véase la figura 1), en particular para la utilización en una turbina de gas 1. En la zona de combustión total 45 se inicia una reacción posterior homogénea no catalítica, la cual conduce a una combustión total completa del combustible B que ya ha reaccionado previamente al menos de forma parcial en el quemador catalítico 35A, 35B.

En los ejemplos de ejecución mostrados según las figuras 2 y 3, dos quemadores catalíticos 35A, 35B se encuentran conectados de forma dinámica en cuanto al flujo con un respectivo canal de flujo 31A, 31B. Sin embargo, una realización de la invención puede lograrse también a través de un quemador 10 con un solo quemador catalítico 35A y un canal de flujo 31A asociado al mismo, o también con una pluralidad de quemadores de esa clase y canales de flujo asociados. Con el quemador 10 de la invención por primera vez es posible un funcionamiento con diferentes combustibles fluidos B para un sistema de combustión basado en un proceso de combustión catalítico. Esto significa que se consideran tanto combustibles B líquidos, como también gaseosos. De este modo, el quemador 10, por ejemplo en caso de utilizar un combustible líquido, por ejemplo fueloil, en caso necesario puede ser operado también en un modo de funcionamiento convencional, con combustión no-catalítica, lo cual aumenta la flexibilidad. Para ello, el combustible líquido se mezcla con aire de combustión, formando una mezcla de combustible-aire. De manera preferente, al aire de combustión se le imprime previamente un componente de turbulencia, por ejemplo a través del suministro del aire de combustión, mediante los elementos del catalizador que producen turbulencias o mediante otros elementos de turbulencia. Al aire de combustión se le inyecta un combustible líquido aguas abajo del elemento del catalizador que produce turbulencias.

De forma alternativa, una mezcla de combustible-aire puede producirse a través de la mezcla de un combustible fluido, en particular líquido, con aire de combustión, donde dicha mezcla se convierte al menos parcialmente en una reacción catalítica y, a continuación, la mezcla de combustible-aire que ha reaccionado previamente de forma catalítica continúa siendo quemada, donde a la mezcla de combustible-aire que ha reaccionado previamente se le imprime un componente de turbulencia. El quemador acorde a la invención - dependiendo de la selección del combustible - puede ser operado a través de la circulación de los elementos que actúan de forma catalítica, con un combustible fluido o con una mezcla de combustible-aire o - en especial en el caso de combustibles líquidos - mediante la circulación con aire de combustión y una inyección consecutiva del combustible líquido.

REIVINDICACIONES

1. Quemador (10) para la combustión de un combustible fluido (B), en donde la salida de combustible (41) de un quemador catalítico (35A, 35B) se encuentra dispuesta antes de la salida de combustible (39) de un quemador principal (37) en la dirección de flujo (33) del combustible (B) en un canal de flujo (31A, 31B), de manera que el combustible (B) reacciona de forma catalítica, donde el quemador catalítico (35A, 35B) presenta una cantidad de elementos que actúan de forma catalítica (43A, 43B, 43C, 43D), los cuales se encuentran dispuestos de manera que en el canal de flujo (31A, 31B) se forma un flujo rotacional y los elementos que actúan de forma catalítica (43A, 43B, 43C, 43D) se encuentran dispuestos en un plano perpendicular con respecto a la dirección de flujo (33), donde la salida de combustible (41) de los elementos que actúan de forma catalítica (43A, 43B, 43C, 43D) desemboca en el canal de flujo (31A, 31B), caracterizado porque la descarga de los elementos que actúan de forma catalítica (43A, 43B, 43C, 43D) tiene lugar en el canal de flujo (31A, 31B) bajo un ángulo de 15º a 75º, referido a un eje principal definido por la dirección de flujo (33).

2. Quemador (10) según la reivindicación 1, caracterizado porque el flujo rotacional se forma en el extremo de los elementos que actúan de forma catalítica (43A, 43B, 43C, 43D) después de su salida de combustible (41).

3. Quemador (10) según una de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque para ajustar el tiempo de permanencia predeterminado del combustible (B) en el canal de flujo (31A, 31B) puede adaptarse la longitud (L) del canal de flujo (31B, 31B).

4. Quemador (10) según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque un elemento que actúa de forma catalítica (43A, 43B, 43C, 43D) se encuentra diseñado como un catalizador de panal que, como componente elemental, presenta al menos una de las sustancias dióxido de titanio, óxido de silicio y óxido de circonio.

5. Quemador (10) según la reivindicación 4, caracterizado porque como componente catalíticamente activo el catalizador de panal presenta un metal precioso u óxido de metal que presenta un efecto oxidante sobre el combustible fluido (B).

6. Cámara de combustión (4), la cual contiene un quemador (10) según una de las reivindicaciones 1 a 5.

7. Turbina de gas (1), la cual comprende una cámara de combustión (4) según la reivindicación 6.

8. Método para quemar un combustible (B) en un quemador según el preámbulo de la reivindicación 1, donde el combustible (B) se convierte en una reacción catalítica y a continuación combustible (B) que ha reaccionado previamente de forma catalítica continúa siendo quemado en una reacción posterior, donde al combustible (B) que ha reaccionado previamente se imprime un componente de turbulencia, caracterizado porque el quemador está diseñado según una de las reivindicaciones 1 a 5 y el combustible (B) que ha reaccionado previamente ingresa al canal de flujo (31A,31B) bajo un ángulo de 15º a 75º, referido a un eje principal definido por la dirección de flujo (33).

9. Método según la reivindicación 8, caracterizado porque el combustible (B) que ha reaccionado previamente afectado por la turbulencia es transferido al espacio de combustión (27) para la reacción posterior, donde se conforma un flujo rotacional.

10. Método según la reivindicación 9, caracterizado porque a través del ajuste del tiempo de permanencia del combustible (B) que ha reaccionado previamente para la transferencia en el espacio de combustión (27) se induce una ignición controlada de la reacción posterior.

11. Método según la reivindicación 10, caracterizado porque se enciende una reacción posterior homogénea no catalítica.

12. Método según una de las reivindicaciones 8 a 11, caracterizado porque el combustible (B) es quemado completamente en la reacción posterior.

13. Método según una de las reivindicaciones 8 a 12, caracterizado porque como combustible fluido (B) se quema un gas o un combustible líquido, en particular gas de combustión o fueloil.

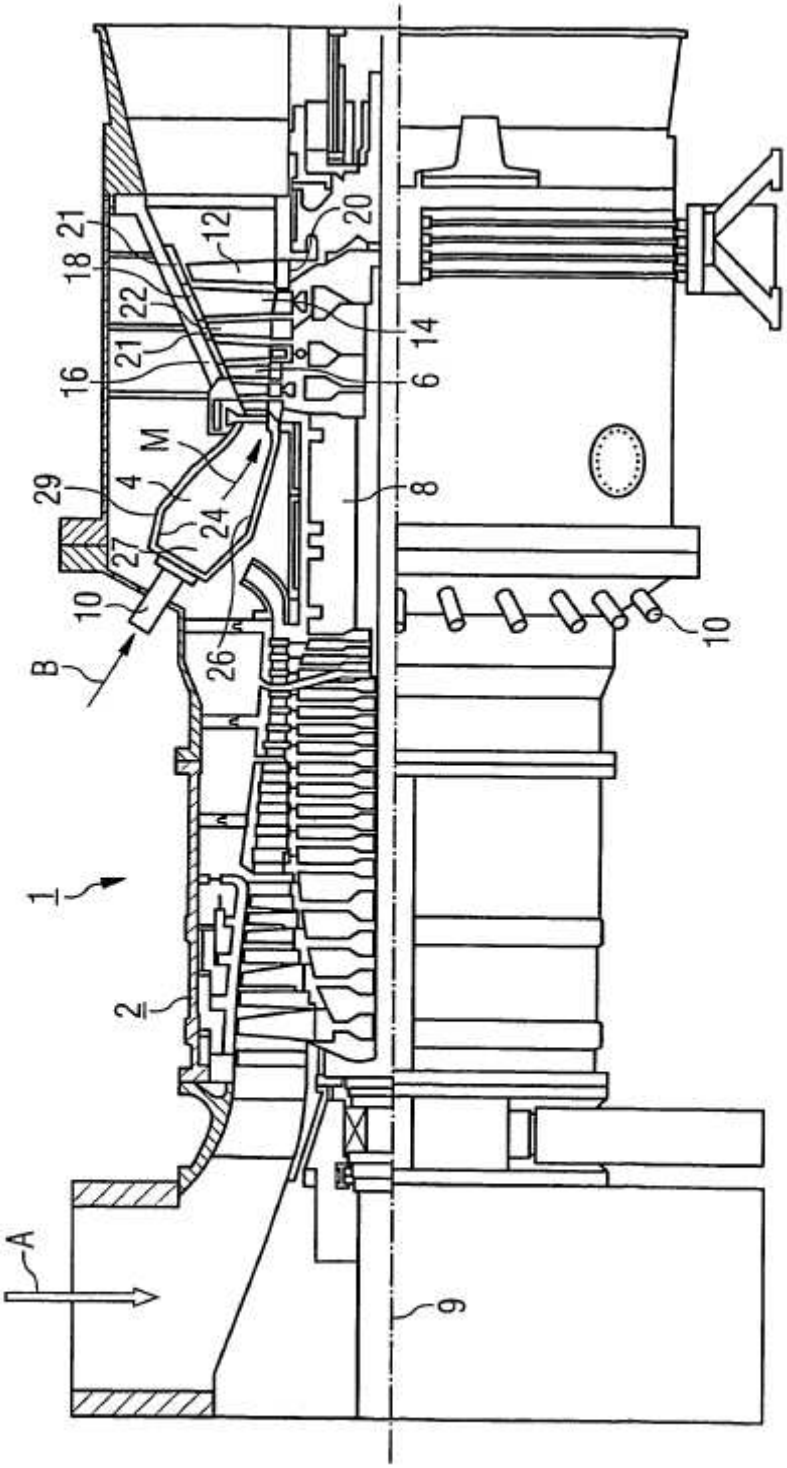


FIG 1

FIG 2

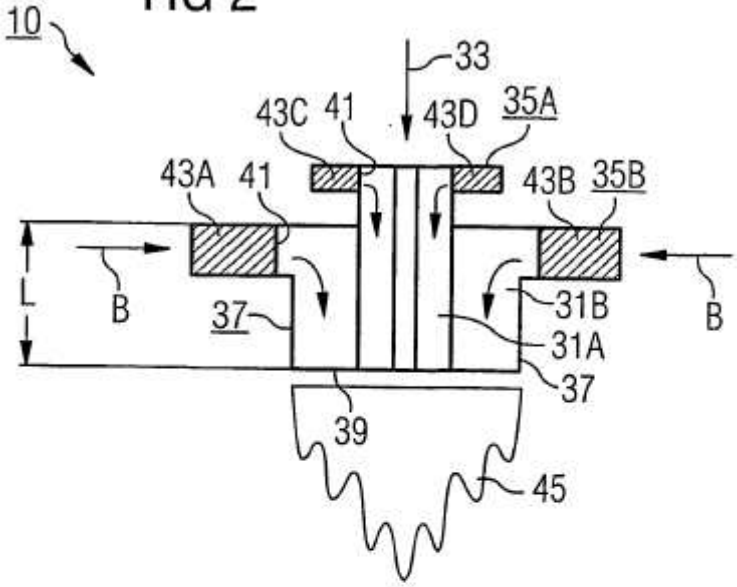
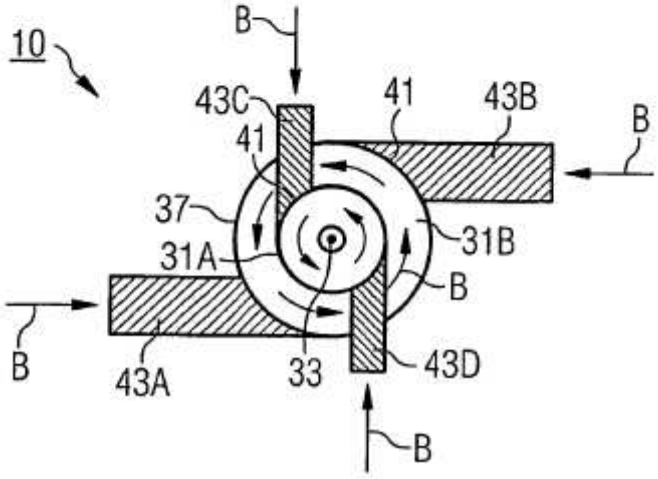

10
33
43C
41
43D
35A
43A
41
43B
35B
L
B
37
31B
31A
37
B
39
45

FIG 3


B
10
43C
41
41
43B
B
37
31B
31A
B
B
43A
33
43D
B