

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 746 964**

51 Int. Cl.:

F23C 13/04 (2006.01)

F23C 13/02 (2006.01)

F23L 7/00 (2006.01)

B63G 8/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.04.2012 E 12163463 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.07.2019 EP 2525146**

54 Título: **Procedimiento para la combustión de una mezcla de combustible-oxígeno**

30 Prioridad:

14.05.2011 DE 102011101616

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

09.03.2020

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP MARINE SYSTEMS GMBH
(100.0%)
Werftstrasse 112-114
24143 Kiel, DE**

72 Inventor/es:

KRUMMRICH, STEFAN

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 746 964 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

Procedimiento para la combustión de una mezcla de combustible-oxígeno

La invención se refiere un procedimiento para la combustión de una mezcla de combustible-oxígeno en un submarino.

5 En los submarinos con un motor de celdas de combustible, el hidrógeno necesario para accionar las celdas de combustible se genera por medio de reformadores de metanol. Para proporcionar el calor requerido para el procedimiento de reformación se emplean quemadores de llama de alta presión alimentados con oxígeno. Estos quemadores de llama son alimentados con metanol y un gas con débil contenido de energía, por ejemplo, un gas que contiene hidrógeno o CO. Sin embargo, para iniciar el reformador de metanol, es decir para calentar todos los componentes del reformador de metanol a la temperatura de accionamiento se quema una mezcla de metanol/oxígeno en el quemador de llama.

10 En submarinos militares, el quemador de llama puede accionarse solo con un exceso muy pequeño de oxígeno para que contenga un gas de escape que se emite en el entorno acuático del submarino y es capaz de disolverse en el agua de mar. Debido a este bajo exceso de oxígeno, surgen temperaturas de combustión muy altas de más de 2500 °C. Estas altas temperaturas requieren que el encendedor del quemador de la llama después del encendido de la llama no pueda permanecer en la cámara de combustión del quemador de la llama. Por lo tanto, el encendedor está diseñado de modo que sea movable neumáticamente para poder sacarlo de la cámara de combustión del quemador de llama después del encendido de una llama. Esta configuración móvil del encendedor requiere un volumen de construcción comparativamente grande y contiene el riesgo de fugas de gas ya que el encendedor tiene que sellarse de su entorno en el quemador de llama con una junta cargada dinámicamente, y la junta puede dañarse no solo debido a su carga dinámica, sino también debido al entorno muy caliente.

15 Además, el control de llama requerido resulta problemático en este quemador de llama. El control de llama no puede efectuarse con termopares debido a las altas temperaturas. En cambio, para este propósito, se emplea un procedimiento óptico en el que es necesario suministrar de manera desfavorable metanol adicional al procedimiento de combustión, incluso en el caso de combustión de una mezcla de gases de bajo poder energético para generar un potencial de ionización suficiente de la combustión y, en consecuencia, una señal de llama suficiente.

20 Finalmente, en el quemador de llama conocido la regulación del suministro de oxígeno también está configurada de manera problemática. Esta regulación se efectúa con base en los valores de oxígeno determinados por un sensor de oxígeno por el lado de salida del quemador de llama. Esto da como resultado largos tiempos muertos de control de más de treinta segundos entre el suministro de oxígeno y la medición de oxígeno, lo que puede provocar fluctuaciones en la composición de los gases de escape. De manera desfavorable, el gas de escape puede tener componentes insolubles en agua, pero estos deben evitarse sin falta en un submarino militar ya que el aumento de las burbujas de gas puede revelar la presencia de un submarino sumergido. El documento US5141823 divulga el preámbulo de la reivindicación 1.

25 En este contexto, el objetivo fundamental de la invención es proporcionar un procedimiento para la combustión de una mezcla de combustible y oxígeno en un submarino, el cual haga posible una combustión a un nivel de temperatura más bajo que en el quemador de llama conocido y una dosificación más exacta de suministro de oxígeno.

30 Este objetivo se logra mediante un procedimiento para la combustión de una mezcla de combustible y oxígeno en un submarino con las características indicadas en la reivindicación 1.

Desarrollos ventajosos del procedimiento según la reivindicación 1 se deducen de las reivindicaciones dependientes, de la siguiente descripción y del dibujo.

35 En el procedimiento según la invención para la combustión de una mezcla de combustible y oxígeno en un submarino, la combustión se efectúa en múltiples etapas y de manera catalítica. Primero, se suministra una mezcla subestequiométrica de combustible-oxígeno a un primer catalizador. El combustible puede ser, en teoría, cualquier combustible líquido y cualquier combustible gaseoso a base de hidrocarburos, y los combustibles líquidos tienen que vaporizarse antes de cargarse en el catalizador. Sin embargo, el metanol se usa preferiblemente como combustible; es decir, al primer catalizador se suministra una mezcla subestequiométrica de metanol-oxígeno. La mezcla de combustible y oxígeno se quema en presencia del catalizador; es decir, tiene lugar una oxidación de los componentes combustibles del gas.

40 Como la mezcla de combustible y oxígeno suministrada al primer catalizador es subestequiométrica, solo una parte del combustible se oxida allí. El exceso de combustible restante se convierte en un producto de gas combustible, por ejemplo, en una mezcla de hidrógeno y monóxido de carbono, debido a la temperatura predominante en el catalizador. Este gas producto se suministra al menos a otro catalizador donde se quema con el suministro de oxígeno.

De preferencia, la cantidad de oxígeno suministrado al segundo catalizador es tal que la combustión también transcurre de manera subestequiométrica en este catalizador, de modo que solo una parte del combustible se oxida y el gas producto restante se suministra al menos a otro catalizador donde se quema con la adición de oxígeno. De manera ventajosa, la reacción de oxidación exotérmica en los catalizadores individuales conduce a un calentamiento de los catalizadores individuales a un nivel de temperatura que está significativamente por debajo del nivel de temperatura durante la combustión en el quemador de llama conocido. Debido a la realización del procedimiento en múltiples etapas, en el que a cada catalizador participante se suministra una cantidad menor de oxígeno, el oxígeno requerido en comparación con el quemador de llama conocido puede dosificarse de mucho más exacto, de modo que el gas de escape al final del procedimiento presenta una fracción ostensiblemente menor de componentes insolubles en agua de mar que en el quemador de llama. El calor generado en los catalizadores puede disiparse a través de intercambiadores de calor y suministrarse a una planta que requiere calor en calidad de calor útil.

Preferiblemente, la mezcla de combustible-oxígeno en el procedimiento según la invención se quema en más de dos catalizadores dispuestos en serie, uno detrás del otro, conectados entre sí de manera fluida. Aquí, la combustión transcurre de modo ventajoso inicialmente en varios catalizadores dispuestos uno detrás del otro de manera subestequiométrica y de manera estequiométrica en un último catalizador. En consecuencia, la cantidad de oxígeno suministrado al gas producto en el segundo catalizador y en los catalizadores posteriores, con la excepción del último catalizador, se calcula de modo que respectivamente solo una parte del gas producto se quema, mientras que al gas producto en el último catalizador se agrega exactamente tanto oxígeno que el gas producto se quema de modo sustancialmente completo en este último catalizador con la formación de un gas de escape soluble en agua de mar.

Dado que el procedimiento de oxidación se produce solo a una temperatura de la mezcla de combustible y oxígeno que generalmente es más alta que la temperatura de la mezcla de combustible y oxígeno suministrada al primer catalizador, el primer catalizador y, asociada con esto, la mezcla de combustible-oxígeno que se encuentra en el catalizador preferiblemente se calienta eléctricamente hasta que se alcanza la temperatura requerida para activar el procedimiento de oxidación. El calentamiento ya no se requiere en los otros catalizadores que siguen al primer catalizador, ya que el gas producto suministrado a estos catalizadores ya tiene la temperatura requerida para producir una reacción de oxidación exotérmica por el lado de salida del primer catalizador.

Según la invención, la cantidad de oxígeno suministrado al por lo menos otro catalizador se ajusta por el lado de salida del catalizador en función de la temperatura del gas producto. Es decir, entre los catalizadores sucesivos directos, se determina la temperatura del gas producto. Aquí, la cantidad de oxígeno suministrado al catalizador se ajusta de modo que la temperatura de funcionamiento del funcionamiento en el procedimiento de combustión del catalizador no exceda una temperatura de funcionamiento máxima permitida del catalizador. Si el nivel de temperatura del procedimiento de combustión amenaza con exceder un valor permitido, opcionalmente puede agregarse agua a la mezcla de combustible y oxígeno o al gas producto para mantener el incremento de temperatura durante el procedimiento de combustión dentro de un margen deseado.

Principalmente al emplear el procedimiento de acuerdo con la invención en un submarino, se debe asegurar que el gas de escape descargado del submarino a su entorno tenga el menor número posible de componentes que no sean solubles en agua de mar. El oxígeno puro también pertenece a estos componentes de gas de escape. Por lo tanto, de modo ventajoso, la cantidad de oxígeno suministrada a un último catalizador se ajusta con base en una cantidad de oxígeno detectada en el gas producto por el lado de salida del último catalizador. En consecuencia, por el lado de salida del último catalizador, se determina la fracción de oxígeno del gas de escape que sale. Con base en esta fracción de oxígeno medido, se establece la cantidad de oxígeno que se suministrará al último catalizador, que se calcula de modo que, en caso de una combustión estequiométrica del gas producto en el último catalizador, en la medida de lo posible no queda oxígeno puro en el gas de escape.

Como ya se ha observado, en el procedimiento según la invención se aspira a que la temperatura del procedimiento no exceda un cierto nivel de temperatura. Para lograr esto, además del suministro de oxígeno dependiente de la temperatura a los catalizadores individuales, preferiblemente también se prevé enfriar el gas producto por el lado de salida de los catalizadores. De esta manera, este enfriamiento se lleva a cabo en la corriente de gas del producto entre catalizadores adyacentes, en cuyo caso se extrae calor de la corriente de gas producto a través de una corriente de refrigerante conducida a través de la corriente de gas producto. El calor extraído de la corriente de gas producto representa el calor útil que puede suministrarse a cualquier planta o componente de la planta.

Según la invención, el procedimiento está previsto para la combustión de una mezcla de combustible y oxígeno para calentar un reformador de metanol. Aquí, el calor requerido para el procedimiento de reformación en el reformador de metanol es proporcionado por el procedimiento de la presente invención suministrando el calor extraído de la corriente de gas producto entre catalizadores adyacentes al reformador de metanol.

Según la invención, después del primer catalizador se conecta al menos otro catalizador que está unido mediante un conducto con un suministro de oxígeno para alimentar oxígeno. De manera particularmente ventajosa, varios catalizadores están conectados en serie después del primer catalizador, que están conectados mediante un conducto respectivamente con un suministro de oxígeno y, de preferencia, respectivamente con un suministro de oxígeno especialmente asignado.

La cantidad de catalizadores empleados es básicamente arbitraria y depende principalmente de la cantidad de calor que va a generarse por el dispositivo. En particular, si el dispositivo para la combustión de una mezcla de combustible y oxígeno forma parte de un reformador de metanol en un submarino y hay que reemplazar allí un quemador de llama usado hasta el momento para la generación de calor, preferiblemente tiene seis catalizadores dispuestos sucesivamente, ya que se ha mostrado que el dispositivo puede proporcionar, por un lado, la cantidad de calor requerida para el procedimiento de reformado, pero por otro lado, las temperaturas de funcionamiento en los catalizadores individuales pueden mantenerse relativamente bajas.

Para calentar la mezcla de combustible-oxígeno a la temperatura de activación del procedimiento de oxidación en el primer catalizador, un lecho de catalizador del primer catalizador es capaz de calentarse eléctricamente. Por lo tanto, en el catalizador, por el lado de entrada del lecho de catalizador, se puede disponer un elemento de calentamiento eléctrico, por ejemplo, una bobina de calentamiento eléctrico, que está diseñada de manera que la mezcla de combustible y oxígeno se caliente a la temperatura necesaria para producir el procedimiento de oxidación; en una mezcla de metanol y oxígeno dicha temperatura puede encontrarse, por ejemplo, en un intervalo de temperatura de aproximadamente 60 ° Celsius - 100 ° Celsius.

En el dispositivo, preferiblemente todos los catalizadores dispuestos en serie, uno detrás del otro, están conectados con un suministro de oxígeno mediante un conducto. De modo conveniente, estos suministros de oxígeno conectados con los catalizadores mediante un conducto tienen un equipo para regular la cantidad de suministro de oxígeno que está conectado mediante una señal con los medios para detectar la temperatura del gas producto. Los medios para detectar la temperatura del gas producto, los cuales pueden ser ventajosamente termopares debido a la temperatura de procedimiento comparativamente baja en el dispositivo, se encuentran dispuestos preferiblemente por el lado de salida del catalizador respectivo al cual se abastece de oxígeno. En el equipo para controlar la cantidad de suministro de oxígeno, la cantidad de oxígeno se ajusta de modo que transcurra una combustión subestequiométrica en el catalizador, excepto el último catalizador del dispositivo, y la temperatura del procedimiento en el catalizador respectivo no exceda un valor límite predeterminado.

A diferencia de los abastecimientos de oxígeno dispuestos en la dirección del flujo del procedimiento, frente a esta, el dispositivo para regular la cantidad de suministro de oxígeno del abastecimiento de oxígeno conectada mediante conducto con el último catalizador en la dirección del flujo está conectado preferiblemente mediante una señal con un sensor de oxígeno. Este sensor de oxígeno está dispuesto de modo conveniente en la dirección del flujo detrás del último catalizador, es decir en un conducto de gas de escape del dispositivo y detecta la fracción de oxígeno del gas de escape que sale del último catalizador. En el equipo conectado mediante señal con el sensor de oxígeno para regular la cantidad de suministro de oxígeno, la cantidad de oxígeno que se suministrará al último catalizador se ajusta con base en los datos determinados por el sensor de oxígeno de manera que transcurra una combustión estequiométrica, es decir completa, en el catalizador y se mantenga tan baja como sea posible la fracción de oxígeno puro en el gas de escape.

En un desarrollo ventajoso del dispositivo, entre catalizadores adyacentes están dispuestos intercambiadores de calor para enfriar el gas producto. Es decir, en la conexión fluida entre dos catalizadores adyacentes se dispone respectivamente un intercambiador de calor en la corriente de gas producto; el intercambiador de calor extrae calor del gas producto de modo que la temperatura del procedimiento se mantiene en el dispositivo de acuerdo con la invención de forma permanente a un nivel de temperatura, que no es crítico para los catalizadores y los sensores instalados en el dispositivo, como termoelementos y sensores de oxígeno. Por lo tanto, estos sensores pueden estar dispuestos de modo ventajoso directamente detrás de los catalizadores de modo que solo haya tiempos muertos insignificantes entre la adquisición de datos por los sensores y el control del suministro de oxígeno, por lo que se garantiza una exactitud de control comparativamente alta con respecto a la cantidad de oxígeno suministrado.

A continuación, la invención se explica con más detalle por medio de un ejemplo de realización representado en el dibujo. El dibujo muestra en un diagrama de bloques esquemáticamente simplificado un dispositivo para la combustión de una mezcla de combustible y oxígeno.

El dispositivo representado para la combustión de una mezcla de combustible y oxígeno sirve para calentar todos los componentes de un reformador de metanol, no representado en el dibujo. Tiene seis catalizadores 2a, 2b, 2c, 2d, 2e y 2f. Estos catalizadores 2a, 2b, 2c, 2d, 2e y 2f están dispuestos en serie, uno detrás del otro, y respectivamente conectados de modo fluido entre sí a través de una línea de desbordamiento 4.

El primer catalizador 2a está conectado de modo fluido con un suministro de metanol 8 a través de un conducto de suministro 6. El metanol suministrado al catalizador 2a sirve como combustible. Además, el gas débil proporcionado al catalizador 2a desde el reformador de metanol también se suministra como combustible. Para este propósito, un suministro de gas débil 10 está conectado de modo fluido a través de un conducto de suministro 12 con el catalizador 2a. Juntos, el suministro de metanol 8 y el suministro de gas pobre 10 forman un suministro de combustible 14 del dispositivo para la combustión de una mezcla de combustible y oxígeno. El oxígeno requerido para la combustión es proporcionado por un suministro de oxígeno 16a, que está conectado de modo fluido con el catalizador 2a a través de un conducto de suministro 18.

Los catalizadores 2b, 2c, 2d, 2e y 2f que siguen al catalizador 2a son abastecidos igualmente de oxígeno desde los suministros de oxígeno 16b, 16c, 16d, 16e y 16f y para este propósito respectivamente por los conductos de suministro 18 con los respectivos catalizadores 2a, 2b, 2c, 2d, 2e y 2f conectados de modo fluido.

5 En los conductos de desbordamiento 4 entre los catalizadores directamente adyacentes 2a, 2b, 2c, 2d, 2e y 2f y por el lado de salida del catalizador 2f, se dispone respectivamente un intercambiador de calor 20. Con estos intercambiadores de calor 20 se extrae calor de la corriente de gas producto o de gas de escape; dicho calor se conduce luego a un reformador de metanol que no es visible en el d

10 Cada uno de los suministros de oxígeno 16a, 16b, 16c, 16d, 16e y 16f está provisto de un equipo, no representado, para regular la cantidad de suministro de oxígeno. Estos equipos para regular la cantidad de suministro de oxígeno de los suministros de oxígeno 16a, 16b, 16c, 16d y 16e están conectados respectivamente mediante señal con los medios para detectar la temperatura del gas producto en forma de un termoelemento 22.

15 A diferencia de los equipos para regular la cantidad de suministro de oxígeno, a los suministros de oxígeno 16a, 16b, 16c, 16d y 16e se une mediante señal el equipo para regular la cantidad de suministro de oxígeno, al suministro de oxígeno 16f se une un sensor de oxígeno 26 por medio de un conducto de señal 24. El sensor de oxígeno 26 está dispuesto por el lado de salida del catalizador 2f en un conducto de gas de escape 28.

El modo de funcionamiento del dispositivo representado para la combustión de una mezcla de combustible y oxígeno es el siguiente:

20 primero, se introduce metanol en el primer catalizador 2a desde el suministro de metanol 8 a través del conducto de suministro 6, desde el suministro de gas pobre 10 a través del conducto de suministro 12 se introduce gas débil y desde el suministro de oxígeno 16a mediante el conducto de alimentación 18 se introduce oxígeno. El metanol se introduce en el catalizador 2a en forma líquida y tiene que evaporarse para el procedimiento de combustión catalítica que transcurre en el catalizador 2a. Para este propósito, el primer catalizador 2a se calienta a una temperatura de aproximadamente 100° Celsius por medio de un elemento de calentamiento eléctrico, no representado en el dibujo, que está dispuesto en el lado de entrada del lecho de catalizador del catalizador 2a.

25 La cantidad de oxígeno introducida en el catalizador 2a desde el suministro de oxígeno 16a es tal que la combustión transcurre en el catalizador 2a de manera subestequiométrica. Como resultado, solo una parte del metanol y el gas pobre se oxida como combustible en el catalizador 2a. El exceso de combustible restante se convierte en una mezcla de hidrógeno y monóxido de carbono como gas producto debido a la temperatura que prevalece en el catalizador 2a. Este gas producto combustible se hace pasar a través del conducto de desbordamiento 4 al catalizador 2b y allí también se quema con oxígeno del suministro de oxígeno 16b igualmente de modo subestequiométrico. Esta combustión subestequiométrica del gas producto se repite en los catalizadores 2c, 2d y 2e; en este caso a estos catalizadores 2c, 2d y 2e se suministra la cantidad correspondiente de oxígeno desde los suministros 16c, 16d y 16e.

35 Aquí, la cantidad de oxígeno que se suministrará a los catalizadores 2a, 2b, 2c, 2d y 2e se ajusta mediante los respectivos equipos para regular la cantidad de suministro de oxígeno de los suministros de oxígeno 16a, 16b, 16c, 16d y 16e de modo que la temperatura de funcionamiento de los procedimientos de combustión que transcurren en los catalizadores en los catalizadores 2a, 2b, 2c, 2d y 2e no excede una temperatura de operación máxima posible. Para este propósito, la temperatura en una región de salida de los catalizadores 2a, 2b, 2c, 2d y 2e se mide con los termopares 22 y las cantidades de suministro de oxígeno a emitirse desde los suministros de oxígeno 16a, 16b, 16c, 40 16d y 16e se ajustan con base en los valores de temperatura detectados por los termopares 22.

Otra medida para impedir temperaturas excesivas en el dispositivo consiste en que se extrae calor de la corriente de gas producto en los conductos de desbordamiento 4 entre los catalizadores 2a, 2b, 2c, 2d, 2e y 2f, que se requiere para calentar el reformador de metanol por medio del intercambiador de calor 20.

45 En el último catalizador 2f del dispositivo en la dirección de la corriente, se prevé una combustión completa del gas producto. Por lo tanto, la cantidad de oxígeno suministrada al catalizador 2f desde el suministro de oxígeno 16f se ajusta de modo que el procedimiento de oxidación transcurra de modo estequiométrico en el catalizador 2f. Dado que el dispositivo representado en el dibujo está previsto para emplearse en un submarino militar, el oxígeno no es deseable como gas insoluble en agua de mar. Por lo tanto, la cantidad de oxígeno suministrada al catalizador 2f también se ajusta de modo que la fracción de oxígeno en el gas de escape sea despreciablemente pequeña, con base en la fracción de oxígeno en el gas de escape determinada por el sensor de oxígeno 26 en el conducto de gas 50 de escape 28 del equipo para regular la cantidad de suministro de oxígeno del suministro de oxígeno 16f.

Listado de números de referencia

- 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f - Catalizador
- 4 - conducto de desbordamiento
- 55 6 - conducto de suministro

ES 2 746 964 T3

- 8 - suministro de metanol
- 10 - suministro de gas débil
- 12 - conducto de suministro
- 14 - suministro de combustible
- 5 16a, 16b, 16c, 16d, 16e, 16f - suministro de oxígeno
- 18 - conducto de suministro
- 20 - intercambiador de calor
- 22 - termopar
- 24 - conducto de señal
- 10 26 - sensor de oxígeno
- 28 - tubo de escape

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la combustión de una mezcla de metanol y oxígeno en un submarino y provisto para calentar un reformador de metanol que se encuentra en el submarino, en donde a un primer catalizador (2a) se suministra una mezcla subestequiométrica de metanol-oxígeno y se quema de modo catalítico en el catalizador (2a), en donde el exceso de metanol es convertido en un gas producto que contiene monóxido de carbono e hidrógeno y el gas producto se agrega a al menos otro catalizador (2b, 2c, 2d, 2e, 2f), en donde se quema suministrando oxígeno, en donde la combustión transcurre de modo subestequiométrico en varios catalizadores (2a, 2b, 2c, 2d, 2e) dispuestos uno detrás de otro y en un último catalizador (2f) la combustión transcurre de modo estequiométrico y el gas de escape del último catalizador se libera en el agua del mar para su disolución, **caracterizado porque** se calienta eléctricamente el primer catalizador y, asociada con este, la mezcla de metanol-oxígeno que se encuentra allí hasta que logre la temperatura requerida para activar el procedimiento de oxidación y
- 10 la cantidad de oxígeno suministrada a otro catalizador (2b, 2c, 2d, 2e) se ajusta, con base en la temperatura del gas producto, por el lado de salida del catalizador (2b, 2c, 2d, 2e).
- 15 2. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores en el cual la cantidad de oxígeno suministrada a último catalizador (2f) se ajusta con base en una cantidad de oxígeno determinada en el gas producto por el lado de salida del último catalizador (2f).
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual el gas producto se enfría por el lado de salida de los catalizadores (2a, 2b, 2c, 2d, 2e).

