

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 677 893**

51 Int. Cl.:

F23C 13/04 (2006.01)

F23C 99/00 (2006.01)

F24H 1/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.06.2006 PCT/EP2006/005686**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.12.2006 WO06136316**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.06.2006 E 06762035 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.04.2018 EP 1899642**

54 Título: **Método para quemado de hidrógeno y quemador del mismo**

30 Prioridad:

21.06.2005 IT CO20050019

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

07.08.2018

73 Titular/es:

**GIACOMINI S.P.A. (100.0%)
VIA PER ALZO 39
28017 SAN MAURIZIO D'OPAGLIO, IT**

72 Inventor/es:

GIACOMINI, CORRADO

74 Agente/Representante:

**INGENIAS CREACIONES, SIGNOS E
INVENCIONES, SLP**

ES 2 677 893 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 quemado de hidrógeno y quemador del mismo

5 **Antecedentes de la invención**

La presente invención se refiere a un método y quemador para el quemado/oxidación de hidrógeno en un catalizador de acuerdo con los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 4.

10 **Antecedentes de la invención**

Un quemador para quemado de una mezcla hidrógeno-aire ya se conoce por el documento EP 1 179 709 A2. En este quemador, para el cebado de la oxidación del hidrógeno, se proporcionan una etapa de operación primaria y un catalizador relacionado, en la que se usa una relación de la mezcla hidrógeno/aire mucho mayor que su punto de ignición (aproximadamente el 4 % en volumen de la relación de mezcla hidrógeno/aire) y que también se puede aproximar a condiciones de detonación muy peligrosas (una relación de mezcla hidrógeno/aire de hasta 12,5 % en volumen).

Dicha etapa de operación primaria y catalizador relacionado, además de requerir un sistema de ajuste en dos etapas para el ajuste del caudal de hidrógeno a la cámara de mezcla, o un primer caudal para dicha etapa primaria o de pre-quemado y un segundo caudal para la operación de quemado o combustión, representa una condición insegura evidente por sí misma para el personal, el medio ambiente que lo rodea y el quemador en sí, y susceptibles de dañar el catalizador.

Más aún, en dicho quemador previo, para el cebado de la oxidación del hidrógeno, es necesario proporcionar un suministro de potencia exterior.

A lo anterior ha de añadirse además que la mezcla de aire se suministra a través de un ventilador tangencial, que debe funcionar también para transportar los gases calientes de oxidación a través del intercambiador de calor para calentar el fluido térmico portador.

Un método acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y un quemador de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 4 son conocidos a partir del documento WO 2005/024301 A.

35 **Sumario de la invención**

En consecuencia, la finalidad de la presente invención es proporcionar un método y quemador o cámara de combustión para el quemado/oxidación de hidrógeno que sea muy simplificado y adaptado para funcionar bajo condiciones altamente seguras.

Esta finalidad se consigue, de acuerdo con la invención, mediante un método y quemador para el quemado/oxidación de hidrógeno que tenga los rasgos de caracterización de las reivindicaciones 1 y 4 respectivamente. El método de quemado y quemador para el quemado con seguridad de hidrógeno de acuerdo con la invención, proporciona las siguientes muy importantes ventajas.

En primer lugar, se eliminan la etapa de cebado primaria de oxidación del hidrógeno y el catalizador relacionado; más aún, se eliminan también el circuito de ajuste en dos etapas para el ajuste del caudal del hidrógeno y cualquier fuente de energía exterior para la realización de la etapa de oxidación de cebado mencionada; además se usa una mezcla hidrógeno/aire ampliamente menor que el 4 % en volumen, es decir mucho más pequeña que el punto de ignición, proporcionando de ese modo condiciones altamente seguras.

La baja temperatura de operación se selecciona en un intervalo desde aproximadamente 200 a aproximadamente 560 °C, que corresponden a una temperatura de auto-cebado o auto-ignición de la llama de hidrógeno. Siendo dicha temperatura de operación preferentemente de aproximadamente 300 °C. Más aún, en este intervalo de temperaturas < 650 °C, se impide la formación de los óxidos de nitrógeno, permitiendo de ese modo llevar a cabo un proceso de quemado de "emisión cero". En dicho proceso de oxidación del hidrógeno sin llama, las impurezas contenidas en el aire suministrado, tales como polvo, no se queman por lo que no pueden obstruir los poros del catalizador para perjudicar una operación eficiente de este último y generar condiciones inseguras debido a la presencia de hidrógeno no oxidado. Esto, sin embargo, se impide que ocurra ventajosamente dado que la mezcla de aire se purifica preliminarmente, incrementando de ese modo la seguridad de la operación; más aún, mediante el uso de una mezcla hidrógeno/aire en una relación menor que la del punto de ignición, es ventajosamente posible hacer funcionar el quemador objeto incluso en entornos cerrados tales como edificios residenciales y similares. Adicionalmente, no es necesario almacenar el oxígeno de la oxidación del hidrógeno, como en quemadores de la técnica anterior.

Ventajosamente además, el ventilador previo se sustituye por un compresor, que funciona para purificar dicho aire

de alimentación, y adaptado para proporcionar con seguridad la alta presión requerida para “propulsar” los gases calientes del proceso de oxidación a través del intercambiador de calor, que será más eficiente cuantos más pasos de laberinto se realicen en él. Por ello, se obtiene una transmisión de calor mejorada al fluido portador térmico, tal como agua, permitiendo que dicho fluido portador térmico se use con un rendimiento óptimo, por ejemplo en sistemas domésticos de calefacción y/o de producción de agua caliente.

Mediante el cebado de la oxidación del hidrógeno sobre un catalizador a temperatura ambiente no se requiere ningún precalentamiento ni suministro relacionado de energía exterior.

Otra ventaja más es que el quemador de acuerdo con la invención proporciona una unidad modular a ser usada en cualquier número deseado para la formación de una caldera de potencia objetivo, por ejemplo de aproximadamente 30 - 35 kW, tal como se usa convencionalmente en aplicaciones de calefacción doméstica.

Al proporcionar un agua calentada en intercambiador en la forma de un cirio que se extiende longitudinalmente a través de la conducción de gas caliente y cámara de recogida, y usando elementos turbuladores para el guiado de dicho gas caliente y agua a través del quemador o camisa de la cámara de combustión, es además posible operar con muy alta eficiencia térmica.

Breve descripción de los dibujos

Serán más evidentes en el presente documento continuación características, ventajas y detalles adicionales del método de quemado de hidrógeno y quemador de acuerdo con la invención, a partir de la divulgación que sigue de una realización ejemplar de un quemador de acuerdo con la invención, y de la caldera que lo usa, como se muestra esquemáticamente en los dibujos adjuntos, en donde:

La Figura 1 es una vista esquemática que ilustra el principio de construcción y operación para la realización y operación del quemador de acuerdo con la invención;

la Figura 2 es una vista en sección transversal longitudinal media de una realización de ejemplo de un quemador modular de acuerdo con la invención;

la Figura 3 es una vista en sección transversal análoga a la Figura 2, de una construcción de quemador simplificada y parámetros de diseño relacionados; y

la Figura 4 es una vista en sección transversal de una caldera de ejemplo que incluye quemadores tal como se muestran en la Figura 2 y con una potencia adaptada para un uso doméstico.

En las figuras anteriormente mencionadas, los elementos iguales o equivalentes se han mostrado con iguales referencias.

Descripción de la realización preferida

Con referencia en primer lugar a la figura 1, el número de referencia 1 muestra en general un quemador o cámara de combustión para el quemado/oxidación de hidrógeno sin llama sobre un catalizador 2 para proporcionar calor con “cero emisiones” mediante operación a bajas temperaturas desde aproximadamente 200 a 560 °C, por ejemplo aproximadamente 300 °C, bajo condiciones altamente seguras, con una relación de mezcla hidrógeno/aire mucho menor del 4 % en volumen, que representa el punto de ignición de esta mezcla.

El catalizador 2 se diseña como un catalizador compuesto que incluye una secuencia de al menos dos series de catalizadores, de los cuales el primer catalizador 3, en el lado de entrada de la mezcla hidrógeno-aire, como se indica por las líneas discontinuas, está adaptado para cebar la oxidación del hidrógeno sin requerir medios de suministro de potencia exteriores.

Este catalizador 3 de auto-cebado o auto-ignición comprende, en una realización de ejemplo, una construcción de grafito monolítico que usa, como elementos catalizadores de la oxidación, paladio (Pd 46) y platino (Pt 78), y que está adaptado para cebar o iniciar la oxidación del hidrógeno a temperatura de aire ambiente, con la relación de mezcla hidrógeno/aire anteriormente mencionada menor del 4 % en volumen. Tras el cebado de la oxidación del hidrógeno sobre el catalizador 3 de auto-cebado, la oxidación continuará en el catalizador 4 aguas abajo dispuesto en una relación en serie con el primero, y proporcionado como uno o más catalizadores dispuestos en tándem, como se muestra en las líneas discontinuas, de modo que proporcione un catalizador 2 compuesto global. El (los) catalizador(es) 4 está(n) constituido(s), por ejemplo, por paladio (Pd 46), platino (Pt 78) u otros metales y aleaciones adecuadas de los mismos sobre un soporte, por ejemplo de alúmina, o en forma monolítica, tal como pequeñas bolas, gránulos y similares.

La mezcla hidrógeno-aire, con una relación de mezcla menor del 4 % en volumen, se suministra mediante un compresor 6 que conduce a una cámara de mezcla 7, a la que también se conduce un conducto de suministro de hidrógeno a baja presión, cuya presión está en el intervalo de 16 a 25 milibares, preferentemente en aproximadamente 20 milibares. A través de una tobera 9 de mezcla y conducto 10, la mezcla de hidrógeno-aire incide sobre el catalizador compuesto 2, mediante su flujo, en primer lugar, sobre el catalizador 3 de auto-cebado, a

temperatura ambiente, y a continuación sobre los catalizadores 4 dispuestos aguas abajo.

El calor de oxidación del hidrógeno se elimina mediante un intercambiador de calor que tiene sustancialmente la forma de una camisa toroidal 11, a través de la que se hace pasar el agua a ser calentada; procediendo dicha agua de un conducto de entrada 12 y saliendo a través de la salida 13, en donde dicha camisa 11 puede incluir también en ella un conjunto de láminas de tubos, no mostrados, para el transporte de los gases de escape que salen de un tubo 14, por ejemplo, a un primer intercambiador de aire-agua exterior, no mostrado, para aprovechamiento adicional del calor del gas de escape. El número de referencia 16 muestra una salida de agua del proceso y elemento de recogida, siendo re-transportada ventajosamente dicha agua de proceso a un electrolizador, no mostrado, para la fabricación de hidrógeno.

En las figuras 2 y 3, el agua a ser calentada se suministra a través de un conducto 12A que longitudinalmente se extiende en un intercambiador 5 en la forma de un cirio, que a su vez se extiende longitudinalmente en la cámara 15 de conducción y recogida de gas caliente, y cuya salida 12 comunica con la camisa toroidal o cámara 11, en la que dicha agua se hace que pase a través de un turbulador de torbellino 18. En particular, los gases calientes se transportan a través del intercambiador 5 a través de un turbulador adicional 19. De ese modo, mediante el uso de dichos turbuladores 18 y 19, se obtiene un intercambio térmico de gas/agua o fluido portador térmico altamente eficiente.

En un uso práctico de una caldera doméstica, la salida de agua calentada 13 se acopla al lado de entrega de un sistema de agua caliente y calefacción (por ejemplo de un tipo de suelo radiante), mientras que el conducto de entrada 12A se acopla al lado de retorno de dicho sistema, que contiene preferentemente un recipiente de acumulación en él.

Con respecto al aire ambiente a ser mezclado con hidrógeno, dicho aire se purifica por un dispositivo de purificación de aire 17 dispuesto aguas arriba del compresor 6, y diseñado para realizar, por ejemplo, operaciones de filtrado, deshumedecimiento, eliminación de aceite y otras similares, mientras se eliminan simultáneamente materiales en polvo, para impedir que los poros del catalizador 2 compuesto se obturen; impidiendo así también por ello fallos de operación de dicho catalizador, y el riesgo de proporcionar de modo continuo un flujo de hidrógeno no oxidado.

Más aún, dicho compresor proporciona la presión necesaria para propulsar eficientemente el gas caliente de oxidación a través de un conjunto intercambiador térmico proporcionado en la camisa 11, mejorando de ese modo la transmisión térmica al fluido portador térmico, es decir al agua a ser calentada.

El quemador anteriormente divulgado, con sus parámetros de dimensionamiento de ejemplo de diseño mostrados a continuación, proporciona un quemador modular de potencia comparativamente baja, que tiene, por ejemplo, una potencia de aproximadamente 6 kW, que puede usarse para la realización de calderas de potencia mayor, por ejemplo de aproximadamente 30-35 kW, como las que se usan convencionalmente para aplicaciones de calefacción doméstica.

Dichos parámetros y tamaños de diseño, para un quemador y una caldera de acuerdo con la invención, podría ser como sigue:

Quemador

Caudal de aire: 830 l/min

Caudal de H₂: 30 l/min (≈ 3,5 % en volumen en la mezcla) → 1,8 Nm³

Valor calorífico superior del H₂ (el vapor de agua producido por el quemado se condensa y se aprovecha el calor relacionado): 3,050 kcal/Nm³

$$\text{Potencia térmica} = 1,8 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} \times 3.050 \frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3} \times \frac{4.186 \text{ kW.h}}{3.600 \text{ kcal}} = 6,38 \text{ kW}$$

Ejemplo lado del agua:

T_{entr}: 39 °C (retorno del suelo radiante)

T_{sal}: 45 °C (entrega al suelo radiante)

≈ 15 l/min

Diámetro interior del quemador = D catalizador = 76 mm

Grosor del "paquete" catalizador = 1 × 35 + 11 × 22 = 277 mm

(Para conseguir la relación de volumen catalizador/caudal de hidrógeno recomendada)

Longitud del quemador = 800 mm

Longitud de la cámara de mezcla = 200 mm

Caldera

5 POTENCIAS Y CAUDALES = 6 × potencia y caudales de un quemador simple

Tamaño de la “circunferencia” circunscrita = 410 mm

Extensión longitudinal = longitud del quemador = 800 mm

10 Mediante el uso de una única caldera 20 para seis quemadores 1, se han obtenido buenos resultados mediante una carcasa pentagonal 21 con quemadores 1 espaciados situados en las esquinas del pentágono y un quemador central separado por material térmicamente aislante.

15 A partir de la divulgación de construcción y operativa del quemador de acuerdo con la invención y su método de oxidación del hidrógeno, debería ser evidente que, mediante dicho quemador y método, es posible operar en condiciones altamente seguras, consiguiendo eficientemente de ese modo la finalidad anteriormente mencionada y proporcionando las ventajas mencionadas.

20 Los expertos en la materia podrán realizar modificaciones y variaciones, por ejemplo mediante la sustitución del catalizador de grafito de auto-cebado u otros catalizadores de paladio, platino o similares de operación continua, por otro catalizador funcionalmente equivalente, y proveer a dicho quemador con circuitos funcionales adicionales con medición, ajuste, parada de componentes y similares, sin apartarse del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método para la oxidación catalíticamente de una mezcla de hidrógeno y aire a baja temperatura ambiente, en un quemador, sin formación de llamas,

en el que dicha mezcla hidrógeno/aire tiene una relación de mezcla menor que un punto de ignición de la misma y se transporta en primer lugar sobre un catalizador de auto-cebado, adaptado para auto-cebar una oxidación de dicha mezcla, y a continuación sobre uno o más catalizadores aguas abajo para proporcionar una oxidación en operación continuada con "cero emisiones", y

en el que el calor de la oxidación del hidrógeno se elimina mediante un intercambiador de calor que tiene sustancialmente la forma de una camisa toroidal (11) a través de la que se hace que pase el agua a ser calentada,

caracterizado

por que el agua a ser calentada se suministra a través de un conducto (12A) que se extiende longitudinalmente en un intercambiador de calor (5) en la forma de un cirio, que se extiende a su vez longitudinalmente en una cámara de conducción y recogida de gas caliente (15), comunicando la salida (12) del intercambiador de calor (5) con la camisa toroidal (11),

por que el agua que sale del intercambiador de calor (5) se hace pasar a través de la camisa toroidal a través de un turbulador de torbellino (18) colocado en la camisa toroidal (11), y

por que los gases calientes producidos por la oxidación del hidrógeno se transportan a través del intercambiador de calor (5) a través de un turbulador adicional (19) que se coloca en la cámara de conducción y recogida de gas caliente (15) entre el intercambiador de calor (5) y la camisa toroidal (11).

2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el agua a ser calentada se almacena en un tanque y se usa, por ejemplo, para calefacción y/o para la producción de agua caliente para aplicaciones sanitarias.

3. Método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que dicho aire se purifica, antes de la formación de dicha mezcla de oxidación, para la eliminación de él de humedad y sustancias contaminantes, tales como materiales en polvo, para impedir que dichas sustancias contaminantes se depositen sobre dichos catalizadores y obstruyan los poros del catalizador.

4. Un quemador para la oxidación de hidrógeno mediante un método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende:

- un cuerpo de quemador que tiene, en su interior, una cámara de oxidación del hidrógeno que contiene un catalizador (2) de oxidación de hidrógeno a baja temperatura y, en su exterior, una camisa toroidal (11) que funciona como un intercambiador de calor para calentamiento de un fluido portador térmico por los gases calientes quemados,

- una cámara de mezcla de hidrógeno y aire para la formación de dicha mezcla hidrógeno-aire, estando acoplada dicha cámara de mezcla a un conducto de suministro de hidrógeno y a un conducto de suministro de aire con medios de suministro de aire asociados,

en el que dicho catalizador comprende un catalizador compuesto que comprende un primer catalizador de auto-cebado, adaptado para cebar la oxidación del hidrógeno en aire a temperatura ambiente, con una relación de mezcla menor que el punto de ignición de la misma, y sin suministro de potencia exterior, y uno o más catalizadores dispuestos aguas abajo para la realización de una operación de oxidación de hidrógeno continua,

caracterizado por que

- el quemador comprende un conducto (12A) para transportar agua a ser calentada, extendiéndose el conducto (12A) longitudinalmente en un intercambiador de calor (5) en la forma de un cirio,

- el intercambiador de calor (5) se extiende longitudinalmente a través de una cámara (15) de recogida y transporte de gas caliente, y se proporciona con una salida (12) que comunica con la camisa toroidal (11), para el transporte del agua desde el intercambiador de calor a la camisa toroidal (11) a ser calentada adicionalmente,

- la camisa toroidal (11) comprende un creador de turbulencias de torbellino (18),

- se coloca un turbulador adicional (19) en dicha cámara de conducción y recogida de gas caliente (15) entre el intercambiador de calor (5) y la camisa toroidal (11) para el transporte de los gases calientes producidos por la oxidación del hidrógeno a través del intercambiador de calor (5).

5. Método de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado por que** dichos medios de suministro de aire de mezcla comprenden un compresor (6) y que, aguas arriba de dicho compresor (6), se proporciona un dispositivo de purificación de aire (17), para la eliminación de dicho aire de humedad, polvo y otras sustancias extrañas.

6. Quemador, de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado por que** dicho catalizador (3) de auto-cebado comprende una construcción monolítica de grafito poroso que incluye, como elementos catalizadores de la oxidación, paladio (Pd 46) y platino (Pt 78), comprendiendo dicho catalizador (4) para la oxidación de modo continuo del hidrógeno paladio (Pd 46), platino (Pt 78), u otros materiales metálicos adecuados y aleaciones de los mismos,

sobre un soporte, tal como alúmina, o en una forma monolítica, tal como pequeñas bolas, gránulos y similares.

7. Una caldera para sistemas de calefacción y/o agua caliente, **caracterizada por que** dicha caldera (20) comprende una pluralidad de quemadores (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 4 a 6, alojados en una carcasa y estando separados y térmicamente aislados entre sí, por ejemplo seis quemadores en una carcasa que tiene una sección transversal pentagonal.
- 5





