

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 381 603**

51 Int. Cl.:  
**H01M 8/06** (2006.01)  
**H01M 8/04** (2006.01)  
**H01M 8/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08020114 .8**  
96 Fecha de presentación: **18.11.2008**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2061113**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.05.2009**

54 Título: **Sistema de celdas de combustible y procedimiento para su funcionamiento**

30 Prioridad:  
**19.11.2007 DE 102007055179**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**29.05.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**29.05.2012**

73 Titular/es:  
**ENYOTION GMBH  
WANNENACKERSTRASSE 71  
74078 HEILBRONN, DE**

72 Inventor/es:  
**Wieland, Steffen**

74 Agente/Representante:  
**Pons Ariño, Ángel**

ES 2 381 603 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Sistema de celdas de combustible y procedimiento para su funcionamiento

5 La invención se refiere a un sistema de celdas de combustible de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, así como a un procedimiento para su funcionamiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 8.

Las celdas de combustible son convertidores de energía electroquímicos que pueden producir corriente de manera inofensiva para el medio ambiente en relación con la generación de ruidos y la eficiencia energética. A tal efecto, las  
10 celdas de combustible transforman el hidrógeno o los combustibles con contenido de hidrocarburo directamente en corriente eléctrica. Como combustible para la celda de combustible se genera gas de síntesis, rico en hidrógeno, a partir de hidrocarburo. Cuando se usan combustibles con contenido de hidrocarburo en un reformador, el hidrocarburo se transforma con aire y vapor de agua en hidrógeno y otros subproductos como dióxido de carbono y monóxido de carbono. Según el grado de pureza requerido, que se determina mediante el tipo usado de celda de  
15 combustible, se pueden prever al menos una o varias etapas de preparación de gas. El reformador se puede calentar para el calentamiento durante la puesta en marcha con preferencia con un dispositivo térmico de puesta en marcha, en particular un quemador de gas en el que se desarrolla una combustión completa.

Por el documento DE10059578A1 se conoce la puesta en marcha de un sistema de metanol mediante la combustión  
20 completa de metanol.

El documento DE19945713A1 describe un sistema de calentamiento de las celdas de combustible mediante el calentamiento del aire de proceso a partir del aprovechamiento del calor residual de un reformador con la interconexión de filtros.

25 En especial las celdas de combustible de alta temperatura, como las descritas en el documento DE10155543, se deben operar por encima de 100 °C para lograr un funcionamiento eficiente. En este tipo de celdas de combustible existe una sensibilidad pequeña durante el funcionamiento de las celdas de combustible respecto a los subproductos en los gases de producto del reformador.

30 La eficiencia constante de una celda de combustible depende especialmente del correcto funcionamiento de los catalizadores situados aquí en la zona interior de reacción junto con el ánodo, el cátodo y el electrolito. Su funcionamiento se puede ver afectado si los residuos de combustión incompleta o subproductos no deseados, en particular hollín, a partir de la reacción de combustión del dispositivo térmico de puesta en marcha o con gases de producto del reformador, por ejemplo, en la fase de arranque, llegan a la zona interior de la celda de combustible, es decir, a la zona en la que se desarrollan las reacciones de las celdas de combustible, en especial al ánodo de la celda de combustible. Además, la celda de combustible es sensible al aire en el lado del ánodo debido al hidrógeno residual que en determinadas circunstancias se puede quemar aquí de forma descontrolada desde el punto de vista  
35 térmico. Especialmente en el caso de celdas de combustible de alta temperatura tampoco se debe producir agua líquida por el peligro de expulsión del electrolito y, por consiguiente, pérdidas de potencia durante la fase de puesta en marcha.

Por tanto, es problemático un calentamiento directo de la celda de combustible con los gases de escape del dispositivo térmico de puesta en marcha o los gases de producto del reformador a la temperatura requerida de  
45 funcionamiento superior a 100 °C. El calentamiento de la propia celda de combustible se realiza normalmente, por ejemplo, mediante el calentamiento eléctrico o el calentamiento del aire de proceso con intercambiadores de calor.

Un sistema de celdas de combustible y un procedimiento para su funcionamiento con las características del preámbulo de la reivindicación 1 o de la reivindicación 8 se conocen del documento WO2004/079846A2. En este  
50 dispositivo, el gas producido en un sistema generador de gas en caso de una puesta en marcha en frío no se conduce mediante la pila de celdas de combustible, sino con ayuda de una válvula conmutable de tres vías y un conducto de derivación alrededor del espacio del ánodo de la pila de celdas de combustible. Antes de llegar al conducto de derivación, el gas puede circular a través de un intercambiador de calor para que la pila de celdas de combustible se caliente más rápidamente por la transmisión de la energía térmica del gas.

55 El documento US5,019,463A muestra una disposición de celdas de combustible, en la que se pueden suministrar opcionalmente aire ambiente o los gases de escape de un reformador a una conexión de aire y una conexión de camisa refrigerante de la celda de combustible.

La invención tiene el objetivo de prever un sistema de celdas de combustible, así como un procedimiento para su funcionamiento que elimine las desventajas del estado de la técnica y aproveche en especial el calor residual del reformador, en particular durante la puesta en marcha del sistema de celdas de combustible, de forma especialmente simple desde el punto de vista constructivo y de la técnica de procedimiento. Otro objetivo de la invención es poder arrancar con rapidez el sistema de celdas de combustible, en especial sistemas de celdas de combustible de alta temperatura, sin influencias perjudiciales de reacciones no deseadas en la zona interior de reacción de la celda o las celdas de combustible.

Según la invención, el objetivo se consigue mediante un dispositivo con las características de la reivindicación 1, así como mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 8. En las reivindicaciones secundarias se pueden encontrar variantes ventajosas.

El sistema de celdas de combustible según la invención comprende un reformador con dispositivo térmico de puesta en marcha, al menos una etapa de preparación de gas conectada a continuación del reformador y al menos una celda de combustible que está conectada a continuación de la etapa de preparación de gas y presenta una pluralidad de placas bipolares, con una zona interior de una reacción, en especial con ánodo, cátodo y electrolito, y una zona exterior con al menos un canal de refrigeración a través del que puede circular un medio refrigerante y sin comunicación de fluido con la zona interior. La celda de combustible tiene en la zona exterior estructuras de canal adicionales del reformador, que se pueden unir por fluido con el dispositivo de conmutación, de modo que los gases de producto se pueden conducir a través de las estructuras de canal adicionales y/o del canal de refrigeración. Corriente arriba, delante de la celda de combustible, está previsto un dispositivo de conmutación que se puede conmutar entre una posición de arranque, pudiéndose conducir en la posición de arranque los gases de producto del reformador y/o del dispositivo térmico de puesta en marcha al menos durante el proceso de puesta en marcha por la zona exterior de la celda de combustible para calentar la celda de combustible, y al menos una posición de funcionamiento, pudiéndose suministrar en la posición de funcionamiento los gases de producto del reformador y/o del dispositivo térmico de puesta en marcha a la zona interior de la celda de combustible.

La superficie del al menos un canal de refrigeración y/o de las estructuras de canal adicionales, a través del cual o las cuales circulan los gases de producto del reformador, está revestida con un catalizador.

Por tanto, según la invención está previsto desde el punto de vista constructivo que exista una unión térmica de la zona interior, por ejemplo, el ánodo, con el al menos un canal de refrigeración o los canales de refrigeración en la zona exterior de las celdas de combustible, en las que se guían los gases de escape aún calientes de un dispositivo térmico de puesta en marcha durante la fase de calentamiento del reformador. Por tanto, existe una unión térmica de los canales de refrigeración con el lado del ánodo, pero también preferentemente con el lado del cátodo de la celda de combustible. Estos canales de refrigeración están configurados ventajosamente como canales de aire para una refrigeración por aire de la celda de combustible durante la fase normal de funcionamiento. Según la invención, se logra así un buen acoplamiento de calor sin comunicación de fluido entre la zona interior correspondiente y la zona exterior correspondiente.

A fin de evitar según la invención que la celda de combustible sensible al aire se dañe en el lado del ánodo por el hidrógeno residual que se puede quemar aquí de forma descontrolada desde el punto de vista térmico y que especialmente en caso de celdas de combustible de alta temperatura se pueda producir agua líquida por el peligro de expulsión del electrolito y, por consiguiente, de pérdidas de potencia durante la fase de puesta en marcha, está prevista una válvula correspondiente de tres vías delante de la celda de combustible para desviar los gases de producto del reformador y/o del dispositivo térmico de puesta en marcha hacia la zona exterior al arrancarse la instalación.

Durante la fase normal de funcionamiento se puede conmutar entonces a una posición de funcionamiento, pudiéndose suministrar en la posición de funcionamiento los gases de producto del reformador y/o del dispositivo térmico de puesta en marcha a la zona interior de la celda de combustible, por ejemplo, al ánodo.

Preferentemente, en el caso del sistema de celdas de combustible de la invención, el al menos un canal de refrigeración puede discurrir en al menos una de las placas bipolares, y entre el dispositivo de conmutación y el al menos un canal de refrigeración puede haber una comunicación de fluido, de modo que los gases de producto se pueden conducir a través del al menos un canal de refrigeración. Se puede obtener así fácilmente desde el punto de vista constructivo un acoplamiento de calor muy bueno entre la zona interior correspondiente y la zona exterior correspondiente.

Las estructuras de canal adicionales están dispuestas preferentemente en las placas bipolares. Con las estructuras de canal adicionales opcionales se puede perfeccionar el acoplamiento de calor.

5 Según otra configuración constructiva, por ejemplo, la zona de la entrada del ánodo de celdas de combustible está provista de canales adicionales que discurren en las placas bipolares en la zona exterior de forma separada en relación con el al menos un canal de refrigeración/los canales de refrigeración. Esta realización permite un calentamiento por separado del dispositivo de refrigeración de las celdas de combustible y, por tanto, se puede llevar a cabo de forma más simple desde el punto de vista de la técnica de seguridad.

10 Como medio refrigerante se puede usar en particular simplemente aire.

El sistema de celdas de combustible según la invención se puede usar de forma especialmente efectiva respecto a la evitación de las dificultades usuales del estado de la técnica (véase arriba), si la celda de combustible es una celda de combustible de alta temperatura en el intervalo de temperatura de entre 100-200 °C.

15

En el sistema de celdas de combustible de la invención, el dispositivo térmico de puesta en marcha puede ser un quemador adecuado para la combustión completa de los combustibles usados.

20 El procedimiento según la invención se refiere al arranque y al funcionamiento de un sistema de celdas de combustible con un reformador con dispositivo térmico de puesta en marcha, al menos una etapa de preparación de gas conectada a continuación del reformador y al menos una celda de combustible, que está conectada a continuación de la etapa de preparación de gas y presenta una pluralidad de placas bipolares, con una zona interior de una reacción, en especial con ánodo, cátodo y electrolito, y una zona exterior con al menos un canal de refrigeración, a través del que puede circular un medio refrigerante, y sin comunicación de fluido con la zona interior, 25 calentándose el reformador mediante el dispositivo térmico de puesta en marcha. Un dispositivo de conmutación corriente arriba delante de la celda de combustible se puede conmutar entre una posición de arranque, pudiéndose conducir en la posición de arranque los gases de producto del reformador y/o del dispositivo térmico de puesta en marcha al menos durante el proceso de puesta en marcha por la zona exterior de la celda de combustible para calentar la celda de combustible, y al menos una posición de funcionamiento, pudiéndose suministrar en la posición 30 de funcionamiento los gases de producto del reformador y/o del dispositivo térmico de puesta en marcha a la zona interior de la celda de combustible.

35 El procedimiento para la puesta en marcha de un sistema de celdas de combustible, en especial con celda de combustible de alta temperatura, se caracteriza porque durante el proceso de arranque se inicia el proceso de combustión con una combustión completa de combustible y aire en el dispositivo térmico de puesta en marcha. El gas de escape caliente producido aquí calienta componentes del reformador conectados a continuación, como las etapas de preparación de gas. Debido al suministro de los gases aún calientes a los canales de refrigeración o los canales adicionales se realiza, por una parte, según la invención un calentamiento rápido de la celda de combustible mediante la unión térmica. Por la otra parte, la separación espacial o por fluido según la invención respecto a la zona 40 interior, en particular al lado del ánodo, permite llevar de manera adecuada la celda de combustible o la zona interior de reacción de la celda de combustible a la temperatura de funcionamiento requerida. El gas de escape enfriado en la celda de combustible se introduce en el sistema de postcombustión realizado preferentemente como quemador catalítico y puede ceder aquí su calor residual (véase también figura 1).

45 Sólo a partir de alcanzarse la temperatura de reacción óptima en el reformador se regula la cantidad de aire, combustible y/o agua de acuerdo con los requerimientos establecidos de la oxidación parcial, del reformado autotérmico o del reformado con vapor. Inicialmente se genera un gas de producto que contiene aún subproductos no deseados. En esta fase, el gas de producto se conduce además a los canales de refrigeración (véase también las figuras 2a y 2b) o preferentemente a los canales adicionales de la celda de combustible.

50

En el caso del procedimiento de la invención, el dispositivo térmico de puesta en marcha se desconecta preferentemente al alcanzarse la temperatura de funcionamiento del reformador y los gases de producto del reformador se conducen después por la zona exterior de la celda de combustible, preferentemente a través del al menos un canal de refrigeración que discurre con especial preferencia en las placas bipolares, hasta que la celda de 55 combustible haya alcanzado su temperatura de funcionamiento.

Sólo entonces se conmuta a una posición de funcionamiento, suministrándose en la posición de funcionamiento los gases de producto del reformador y/o del dispositivo térmico de puesta en marcha a la zona interior de la celda de combustible.

En el caso del procedimiento de la invención, los gases de escape del dispositivo térmico de puesta en marcha o los gases de producto del reformador se pueden conducir preferentemente a través de estructuras de canal adicionales en la zona exterior.

5 La celda de combustible es preferentemente una celda de combustible de alta temperatura.

Una configuración constructiva según la invención prevé que los canales de refrigeración o los canales adicionales estén provistos de un catalizador (véase también figura 3). Debido al alto contenido de gases inflamables en el gas de producto, por ejemplo, hidrógeno, durante la fase de puesta en marcha del reformador, este gas se puede  
10 transformar térmicamente en los canales de refrigeración por la adición de oxígeno atmosférico en el catalizador. El calor generado aquí sirve para el calentamiento adicional de la celda de combustible, así como para el calentamiento en la fase de puesta en marcha. Los gases inflamables no transformados en los canales se pueden transformar ahora completamente en el quemador catalítico subsiguiente.

15 Según esta configuración ventajosa de la celda de combustible de alta temperatura y del procedimiento de funcionamiento correspondiente, está prevista una regulación de temperatura para controlar las transiciones de fase, estando colocado un medio para la medición de temperatura en la propia celda de combustible o en su salida.

Con la invención se crea fácilmente desde el punto de vista constructivo un arranque simple, rápido y adecuado o un  
20 funcionamiento para un sistema de celdas de combustible con preferencia con una membrana de alta temperatura, en el que se pueden evitar las técnicas de regulación relativamente costosas hasta el momento en especial en los procesos de arranque. Mediante la interconexión y el control según la invención de un dispositivo de conmutación, preferentemente una válvula, con mayor preferencia una válvula multivía, y, dado el caso, teniendo en cuenta una cantidad menor de parámetros fáciles de medir, por ejemplo, las temperaturas, se puede garantizar el calentamiento  
25 adecuado del sistema de celdas de combustible y en paralelo a esto, ningún material perjudicial puede llegar a la zona interior de la celda de combustible sensible. Por tanto, también el reformador tiene una mayor robustez. Éste es menos sensible a los residuos de reacción que se forman y a la humedad, porque el catalizador existente aquí se lleva durante la puesta en marcha a la temperatura de funcionamiento requerida para un funcionamiento sin hollín mediante un dispositivo térmico de puesta en marcha y después se puede iniciar de inmediato el proceso de  
30 reformado.

Variantes ventajosas se derivan de las reivindicaciones dependientes.

La invención se explica detalladamente a continuación a modo de ejemplo por medio del dibujo adjunto con las  
35 figuras 1 a 5.

La figura 1 representa un ejemplo de realización de la invención y muestra esquemáticamente con líneas discontinuas la interconexión de la pila de celdas de combustible durante la fase de puesta en marcha y con líneas  
40 continuas, la interconexión durante una fase de funcionamiento.

Las figuras 2a y 2b muestran esquemáticamente la estructura de placas bipolares con canales de refrigeración y canales adicionales, a través de los que circulan gases de producto calientes para la fase de puesta en marcha.

La figura 3 muestra esquemáticamente una placa bipolar con un revestimiento con un material de catalizador en el  
45 lado del medio refrigerante.

La figura 4 muestra esquemáticamente un desarrollo típico de las temperaturas, del contenido de hidrógeno, así como del contenido de monóxido de carbono de un gas de producto de un reformador.

50 La figura 5 muestra esquemáticamente otra forma de realización de la invención con un quemador por separado.

En las figuras se muestra un sistema de celdas de combustible o partes de este sistema de acuerdo con una forma de realización preferida de la invención. El sistema de celdas de combustible mostrado comprende, entre otros, un reformador (1) con dispositivo térmico de puesta en marcha, al menos una etapa de preparación de gas (2)  
55 conectada a continuación del reformador (1) y al menos una celda de combustible (3) que está conectada a continuación de la etapa de preparación de gas (2) y presenta una pluralidad de placas bipolares (4), con una zona interior (5) de una reacción, en especial con ánodo, cátodo y electrolito, y una zona exterior (6) con al menos un canal de refrigeración (7), a través del que puede circular un medio refrigerante, y sin comunicación de fluido con la zona interior (5). Además, corriente arriba delante de la celda de combustible (3), está previsto un dispositivo de

conmutación (9) que se puede conmutar entre una posición de arranque, pudiéndose conducir en la posición de arranque los gases de producto del reformador y/o del dispositivo térmico de puesta en marcha al menos durante el proceso de puesta en marcha por la zona exterior (6) de la celda de combustible (3) para calentar la celda de combustible (3), y al menos una posición de funcionamiento, pudiéndose suministrar en la posición de funcionamiento los gases de producto del reformador y/o del dispositivo térmico de puesta en marcha a la zona interior (5) de la celda de combustible (3).

Como se puede observar especialmente bien en las figuras 2a y 2b, el al menos un canal de refrigeración (7) discurre en al menos una de las placas bipolares (4), y entre el dispositivo de conmutación (9) y el al menos un canal de refrigeración (7) hay una comunicación de fluido, de modo que los gases de producto se pueden conducir a través del al menos un canal de refrigeración (7). Además, la celda de combustible (3) tiene en la zona exterior (6) estructuras de canal adicionales (8) que se pueden unir por fluido con el dispositivo de conmutación (9), de modo que los gases de producto se pueden conducir a través de las estructuras de canal adicionales (8) y del al menos un canal de refrigeración (7), estando dispuestas las estructuras de canal adicionales (8) preferentemente en las placas bipolares (4).

Como se puede observar en la figura 3, al menos la superficie de los canales de refrigeración (7) puede estar revestida con un catalizador (10) en la zona exterior (6) de las placas bipolares (4).

En la fase de puesta en marcha, el reformador (1) se lleva al funcionamiento nominal, ya que en esta fase el contenido de CO es demasiado alto debido a las relaciones no estacionarias (aún) y al nivel de temperatura demasiado bajo aún de las etapas de preparación de gas. El hidrógeno en el gas de producto con un alto valor calorífico no se puede transformar entonces en la celda de combustible (3), sino que se ha de transformar térmicamente en el exterior, o sea, oxidar.

La figura 4 muestra un desarrollo típico de las temperaturas, del contenido de hidrógeno, así como del contenido de monóxido de carbono del gas de producto del reformador durante las tres fases típicas de la puesta en marcha/funcionamiento del reformador.

Preferentemente puede estar previsto un postquemador diseñado sólo para la combustión de los gases residuales de bajo poder calorífico con bajo contenido de hidrógeno en la celda de combustible. Si durante la fase de puesta en marcha mencionada arriba, el gas de producto del reformador se conduce directamente a este postquemador, este se sobrecalentaría.

Para una transformación completa, el gas de producto o grandes partes de éste se pueden transformar ventajosamente en un quemador por separado (véase figura 5, número de referencia 11), preferentemente un quemador catalítico, y los gases de escape de este quemador por separado se pueden aprovechar para el calentamiento de la celda de combustible al conducirse estos gases de escape calientes, por ejemplo, a través de los canales de refrigeración.

A este respecto, se puede ejecutar preferentemente un procedimiento con las tres fases siguientes (véase figura 4):

Primera fase: Calentamiento del sistema a.) eléctrico b.) combustión convencional en el postquemador.

Segunda fase: Cuando se alcanza la temperatura de encendido del reformador, éste se llena de combustible y aire (eventualmente vapor de agua, en caso de que el calentamiento mediante el quemador haya sido suficiente para generar el vapor de agua). De este modo tiene lugar la generación de gas de producto con hidrógeno y altas concentraciones de monóxido de carbono en el reformador, que se ha de conducir alrededor de la celda de combustible (posición de arranque). Esto se lleva a cabo hasta que las temperaturas de funcionamiento de todas las etapas de generación de gas se encuentren en la temperatura de funcionamiento nominal.

Se realiza una combustión del gas de producto del reformador con altas concentraciones de CO: a.) en el postquemador en la medida permitida por la restricción térmica del material o catalizador en el quemador b.) todo el porcentaje en un quemador catalítico por separado que se encuentra en el recorrido de salida de aire de todo el sistema (ningún otro uso térmico) o en el dispositivo delante de la celda de combustible para su calentamiento. A este respecto, el ventilador de refrigeración puede servir simultáneamente como medio de transporte de aire del aire de combustión para la oxidación del gas de producto del reformador.

- 5 Tercera fase: Funcionamiento nominal, estando conectado el dispositivo de conmutación (9) en la posición de funcionamiento. Por ejemplo, en la primera fase, se calienta el catalizador del reformador o del postquemador catalítico mediante el dispositivo térmico de puesta en marcha, con preferencia mediante un calentamiento eléctrico del catalizador o de los eductos que circulan en la primera fase a través del catalizador, hasta la temperatura de activación del catalizador en el intervalo de 250 a 500 °C, con preferencia 420 °C. El tiempo de calentamiento depende de la masa térmica y en caso de un portador de calor dimensionado de manera suficiente es de 2 a 10 minutos, preferentemente 4 minutos.
- 10 En la segunda fase, el catalizador se carga para el reformado, por ejemplo, con hidrocarburos y aire suministrado en forma subestequiométrica en el intervalo lambda de aire de 0,1 a 0,8, preferentemente 0,2, de modo que el catalizador reacciona exotérmicamente hasta su temperatura de funcionamiento en el intervalo de 500 a 900 °C, con preferencia 750 °C. A fin de posibilitar un tiempo de puesta en marcha muy corto y alcanzar rápidamente la temperatura de funcionamiento en el reformador y sobre todo las etapas suficientes de preparación de gas, los
- 15 eductos se deberán dosificar en correspondencia con la carga nominal.

La segunda fase dura, por ejemplo, hasta que las etapas de depuración de gas estén a la temperatura de funcionamiento y la concentración de CO alcance entre 20 y 200 ppm, con preferencia, 50 ppm para una celda de combustible de baja temperatura y 1% a 3% para una celda de combustible de alta temperatura. El tiempo de funcionamiento de la segunda fase depende de las masas térmicas de los catalizadores, así como de su comportamiento de transformación en dependencia de la temperatura y en caso de un dimensionamiento suficiente es de 2 a 50 minutos, preferentemente 10 minutos.

El hidrógeno que se genera en el reformador no se puede transformar en la segunda fase en la celda de combustible debido a la desviación activada de los gases de producto alrededor de la celda de combustible (posición de arranque). Una configuración de la invención prevé que este hidrógeno se queme en un quemador por separado (véase figura 5, número de referencia 11), con preferencia un quemador catalítico, por ejemplo, mediante el suministro adicional de oxígeno atmosférico en proporción de aire subestequiométrica de 1,1 a 4,5. El calor generado aquí puede servir para calentar los componentes del sistema, en especial las celdas de combustible de alta temperatura. En caso de calentarse la celda de combustible de alta temperatura, ésta se debe calentar hasta una temperatura de funcionamiento de 140-200 °C, con preferencia 160 °C, antes de que se pueda llevar a cabo la fase de funcionamiento (tercera fase) o el funcionamiento nominal.

La figura 5 muestra esquemáticamente otra forma de realización de la invención, estando dispuesto un quemador (11) por separado, en el caso mostrado un quemador catalítico, en la zona de las estructuras de canal adicionales o del al menos un canal de refrigeración como revestimiento catalítico.

## REIVINDICACIONES

1. Sistema de celdas de combustible que comprende un reformador (1) con dispositivo térmico de puesta en marcha, al menos una etapa de preparación de gas (2) conectada a continuación del reformador (1) y al menos una celda de combustible (3) que está conectada a continuación de la etapa de preparación de gas (2) y presenta una pluralidad de placas bipolares (4), dicha celda de combustible (3) con una zona interior (5) de una reacción, en especial con ánodo, cátodo y electrolito, y una zona exterior (6) con al menos un canal de refrigeración (7) a través del que puede circular un medio refrigerante y sin comunicación de fluido con la zona interior (5), así como estructuras de canal adicionales opcionales (8) que se pueden unir por fluido con el dispositivo de conmutación (9), de modo que los gases de producto del reformador se pueden conducir a través de las estructuras de canal adicionales (8) y/o del al menos un canal de refrigeración (7), estando previsto corriente arriba, delante de la celda de combustible (3), un dispositivo de conmutación (9) que se puede conmutar entre una posición de arranque, pudiéndose conducir en la posición de arranque para los gases de producto del reformador y/o del dispositivo térmico de puesta en marcha al menos durante el proceso de puesta en marcha una vía de flujo por la zona exterior (6) de la celda de combustible (3) para calentar la celda de combustible (3), y al menos una posición de funcionamiento, pudiéndose crear en la posición de funcionamiento para los gases de producto del reformador y/o del dispositivo térmico de puesta en marcha una vía de flujo hacia la zona interior (5) de la celda de combustible (3), **caracterizado porque** la superficie del al menos un canal de refrigeración (7) y/o de las estructuras de canal adicionales (8), a través de los que circulan los gases de producto del reformador, está revestida con un catalizador (10).
2. Sistema de celdas de combustible de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el al menos un canal de refrigeración (7) discurre en al menos una de las placas bipolares (4), y entre el dispositivo de conmutación (9) y el al menos un canal de refrigeración (7) hay una comunicación de fluido, de modo que los gases de producto se pueden conducir a través del al menos un canal de refrigeración (7).
3. Sistema de celdas de combustible de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** las estructuras de canal adicionales (8) están dispuestas preferentemente en las placas bipolares (4).
4. Sistema de celdas de combustible de acuerdo con la reivindicación 1 a 3, **caracterizado porque** el medio refrigerante es aire.
5. Sistema de celdas de combustible de acuerdo con la reivindicación 1 a 4, **caracterizado porque** la celda de combustible (3) es una celda de combustible de alta temperatura en el intervalo de temperatura de entre 100-200 °C.
6. Sistema de celdas de combustible de acuerdo con la reivindicación 1 a 5, **caracterizado porque** un quemador por separado (11), preferentemente un quemador catalítico, está dispuesto en la zona de las estructuras de canal adicionales (8) y/o del al menos un canal de refrigeración (7).
7. Sistema de celdas de combustible de acuerdo con la reivindicación 1 a 6, **caracterizado porque** el dispositivo térmico de puesta en marcha es un quemador adecuado para la combustión completa de los combustibles usados.
8. Procedimiento para el arranque y el funcionamiento de un sistema de celdas de combustible con un reformador con dispositivo térmico de puesta en marcha, al menos una etapa de preparación de gas conectada a continuación del reformador y al menos una celda de combustible que está conectada a continuación de la etapa de preparación de gas y presenta una pluralidad de placas bipolares, con una zona interior de una reacción, en especial con ánodo, cátodo y electrolito, y una zona exterior con al menos un canal de refrigeración, a través del que puede circular un medio refrigerante, y sin comunicación de fluido con la zona interior, calentándose el reformador mediante el dispositivo térmico de puesta en marcha, estando previsto corriente arriba, delante de la celda de combustible, un dispositivo de conmutación que se puede conmutar entre una posición de arranque, pudiéndose conducir en la posición de arranque los gases de producto del reformador y/o del dispositivo térmico de puesta en marcha al menos durante el proceso de puesta en marcha por la zona exterior de la celda de combustible para calentar la celda de combustible, y al menos una posición de funcionamiento, pudiéndose suministrar en la posición de funcionamiento los gases de producto del reformador y/o del dispositivo térmico de puesta en marcha a la zona interior de la celda de combustible, **caracterizado porque** los gases de producto del reformador, mediante un revestimiento catalítico de la superficie del al menos un canal de refrigeración y/o de la estructuras de canal adicionales, a través de los que circulan los gases de producto del reformador, se transforman químicamente para la generación de calor adicional.

9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado porque** el dispositivo térmico de puesta en marcha se desconecta al alcanzarse la temperatura de funcionamiento del reformador y los gases de producto del reformador se conducen después por la zona exterior de la celda de combustible, preferentemente a través del al menos un canal de refrigeración que discurre con especial preferencia en las placas bipolares, hasta que la celda de combustible ha alcanzado su temperatura de funcionamiento.
10. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8 ó 9, **caracterizado porque** los gases de escape del dispositivo térmico de puesta en marcha o los gases de producto del reformador se conducen a través de estructuras de canal adicionales en la zona exterior.
11. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8 a 10, **caracterizado porque** la celda de combustible es una celda de combustible de alta temperatura.
- 15 12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8 a 11, **caracterizado porque** la transformación se lleva a cabo mediante una conmutación a la posición de arranque en una fase de puesta en marcha del reformador.
- 20 13. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8 a 12, **caracterizado porque** en la posición de arranque durante la fase de puesta en marcha, el reformador se calienta en su funcionamiento nominal y el exceso de hidrógeno generado durante el funcionamiento nominal del reformador, que se transforma en la posición de funcionamiento en la celda de combustible, se transforma en la posición de arranque en el quemador por separado mediante la adición de aire.
- 25 14. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8 a 13, **caracterizado porque** el calor generado sirve para el precalentamiento de componentes del sistema.

Figura 1:

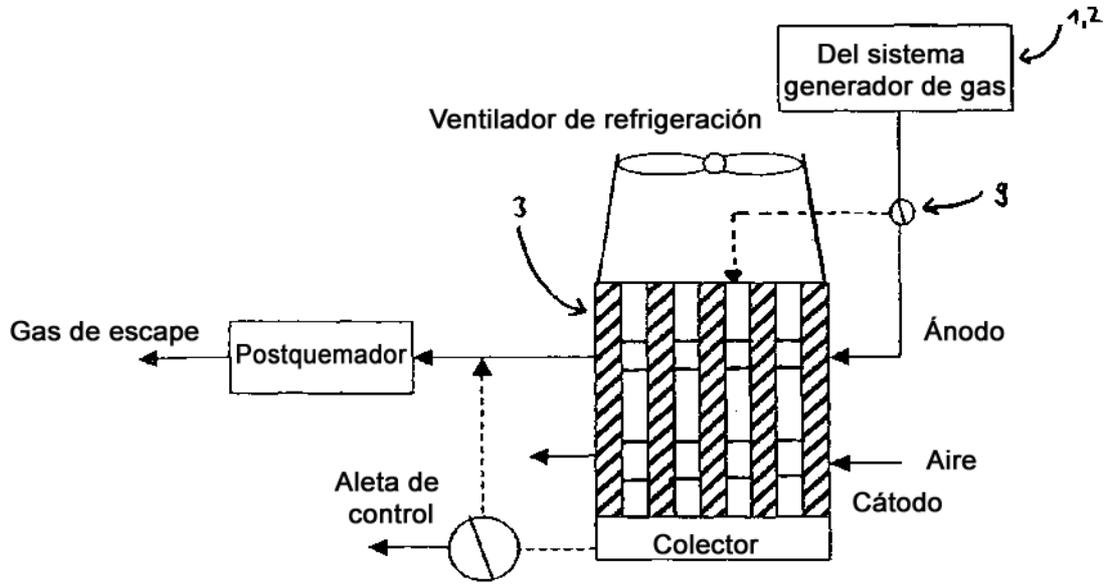


Figura 2:

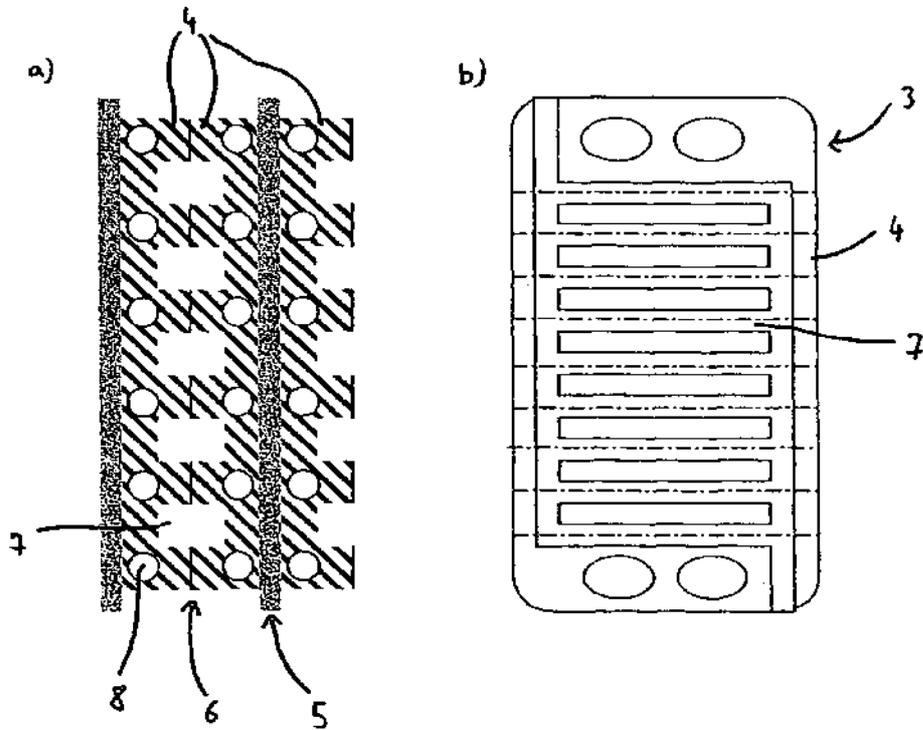


Figura 3:

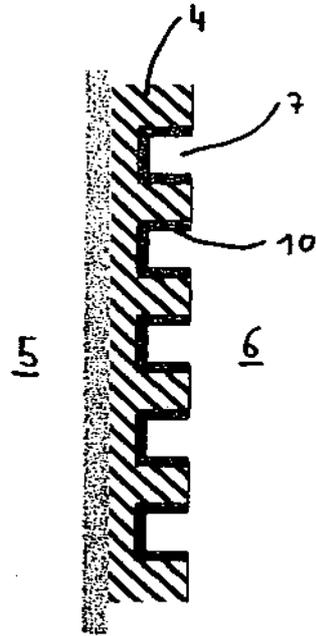


Figura 4:

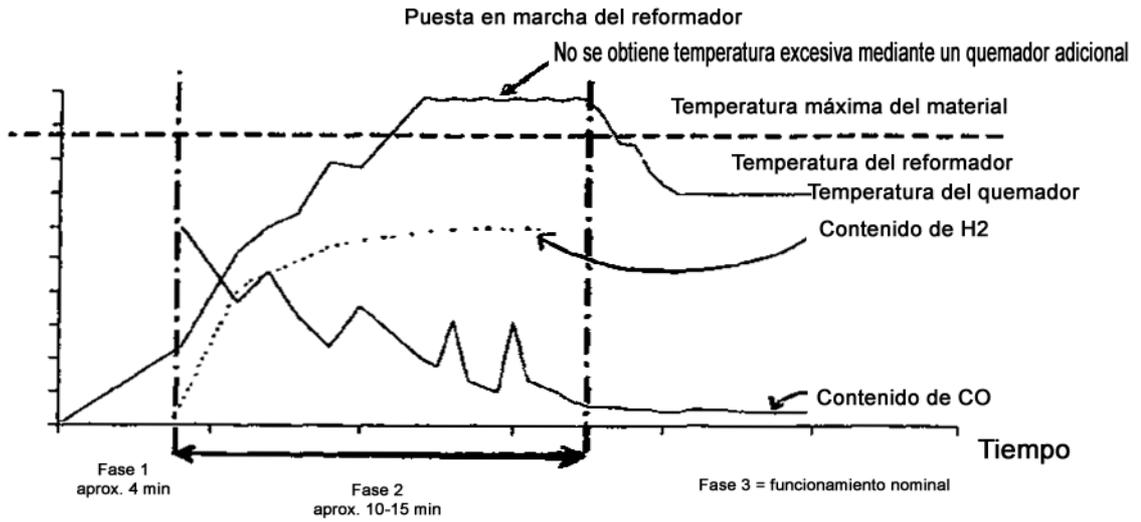


Figura 5:

