

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 382 770**

51 Int. Cl.:
H01M 8/04 (2006.01)
H01M 8/10 (2006.01)
H01M 8/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09802476 .3**
96 Fecha de presentación: **09.07.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2304832**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **06.04.2011**

54 Título: **Procedimiento para limpiar al menos un canal de entrada para gas de funcionamiento de una pila de combustible de una disposición de pilas de combustible y disposición de pilas de combustible**

30 Prioridad:
28.07.2008 EP 08013520

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
13.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
13.06.2012

73 Titular/es:
**Siemens Aktiengesellschaft
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:
MATTEJAT, Arno

74 Agente/Representante:
Carvajal y Urquijo, Isabel

ES 2 382 770 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 limpiar al menos un canal de entrada para gas de funcionamiento de una pila de combustible de una disposición de pilas de combustible y disposición de pilas de combustible.

5 La invención se refiere a un procedimiento para limpiar al menos un canal de entrada para gas de funcionamiento de una pila de combustible de una disposición de pilas de combustible, en el que a través de pilas de combustible conectadas eléctricamente en serie se conduce gas de funcionamiento y corriente eléctrica. La invención se refiere además a una disposición de pilas de combustible con varias pilas de combustible conectadas eléctricamente en serie y un medio de control para controlar un suministro de gas de funcionamiento a las pilas de combustible y un flujo de corriente a través de las pilas de combustible.

10 En una instalación de pilas de combustible una pluralidad de pilas de combustible está conectada eléctricamente en serie para proporcionar una tensión suficiente, por ejemplo para el accionamiento de un vehículo. En caso de que en una de las pilas de combustible se produzca un defecto, que afecte considerablemente a la conversión de hidrógeno y oxígeno en corriente eléctrica y calor, entonces la tensión de pila en esta pila de combustible puede colapsar y la instalación de pilas de combustible puede generar menos potencia eléctrica.

15 Una posible causa de un colapso de la tensión de una pila de combustible es su obstrucción. Por las impurezas arrastradas en los gases de funcionamiento pueden obstruirse los canales de entrada, de modo que la pila de combustible afectada ya no se alimenta lo suficiente con el gas de funcionamiento correspondiente. En particular en el caso de pilas de combustible, que utilizan papeles de carbón como sustrato catalizador y para el transporte de corriente, puede suceder que estos papeles de carbón suelten fibras individuales, que se arrastran por la corriente
20 de gas y/o agua y se depositan en lugares con una velocidad de flujo menor. Estos lugares son preferiblemente puntos de interferencia del trayecto de gas, extremos de un tubo o canal, ramificaciones, puntos ciegos y similares. La alimentación de gas de una pila de combustible afectada se ve afectada, en el peor de los casos se impide por completo, con el resultado de una disminución del rendimiento hasta el fallo de la pila. Para un funcionamiento correcto de la disposición de pilas de combustible ésta debe limpiarse. Para ello se conoce descomponerla, limpiar sus canales y volver a montarla.

25 El documento EP 1 194 968 B1 da a conocer un procedimiento para limpiar canales de gas de funcionamiento de una pila de combustible de una disposición de pilas de combustible en el que se interrumpe el suministro del gas con contenido en hidrógeno con conservación de la corriente eléctrica y se realiza una electrólisis en al menos una de las pilas de combustible. La extracción mediante soplado de impurezas locales del suministro de gas de
30 funcionamiento se realiza mediante la introducción mediante soplado pulsada de gases inertes, mientras que la electrólisis se utiliza para eliminar las impurezas sobre la superficie del catalizador de electrodos.

Un objetivo de la presente invención es indicar un procedimiento sencillo para limpiar una disposición de pilas de combustible y una disposición de pilas de combustible, en la que pueda realizarse una limpieza sencilla.

35 El objetivo dirigido al procedimiento se soluciona mediante un procedimiento del tipo mencionado al principio, en el que según la invención se realiza una limpieza de al menos un canal de entrada para gas de funcionamiento en al menos una pila de combustible subalimentada con el gas de funcionamiento de una disposición de pilas de combustible de impurezas, que se acumulan en el al menos un canal de entrada en la zona de una abertura hacia un canal de alimentación que conduce el gas de funcionamiento, en el que a través de pilas de combustible conectadas eléctricamente en serie de la disposición de pilas de combustible se conduce el gas de funcionamiento y
40 corriente eléctrica, interrumpiéndose un suministro de gas de funcionamiento con conservación de la corriente eléctrica, en el que en al menos la al menos una pila de combustible subalimentada se crea una acumulación de gas y se genera un gas formado a este respecto en una cantidad, que el gas formado fluye al menos en parte por lo menos de la al menos una pila de combustible subalimentada por el al menos un canal de entrada al interior del canal de alimentación.

45 Por la interrupción del suministro de gas de funcionamiento con conservación de la corriente eléctrica se realiza una electrólisis en al menos una pila de combustible subalimentada con gas de funcionamiento, teniendo lugar en vez de una degradación de gas, tal como tiene lugar en el funcionamiento normal de una pila de combustible, una acumulación de gas.

50 El efecto en sí temido de la electrólisis puede utilizarse habiendo desconectado el gas de funcionamiento para limpiar la disposición de pilas de combustible, de modo que puede contrarrestarse un fallo de una pila de combustible.

55 La invención parte a este respecto de la idea, de que a través de una pila de combustible subalimentada con gas de funcionamiento por una obstrucción o acumulación en uno o todos sus canales de entrada con impurezas por la conexión en serie también fluye la misma corriente que a través del resto de pilas de combustible alimentadas de manera suficiente con gas de funcionamiento. Esta corriente fija una conversión de gas, que por la obstrucción no puede cubrir el gas de funcionamiento que fluye posteriormente. Se produce una subpresión, de modo que la pila de combustible subalimentada también succiona gas de funcionamiento de un canal de salida. El canal de salida se convierte así de manera temporal en un canal de entrada adicional. Este suministro por ambos lados de gas de

funcionamiento a la pila de combustible conduce a que por la pila de combustible ya no pase ningún flujo y así a que el gas inerte se acumule en la pila de combustible. En esta pila se forma así una composición de gases, que se distingue de la composición de gases de las pilas adyacentes, porque contiene más gas inerte que éstas.

5 Si el suministro de gas de funcionamiento a la disposición de pilas de combustible se retira en un estado tal, sin interrumpir la corriente, entonces las reservas de gas de funcionamiento contenidas en las pilas de combustible se consumen hasta que o bien el lado de oxígeno o bien el lado de hidrógeno de las pilas de combustible individuales ya no contiene ningún gas de funcionamiento. En este estado la tensión de pila colapsa. En una disposición de pilas de combustible, en la que la distribución de gas es uniforme, las tensiones de pila de las pilas de combustible también colapsan de manera uniforme o casi simultáneamente. Sin embargo, si en la disposición de pilas de combustible hay pilas de combustible subalimentadas, que contienen esencialmente más gas inerte que las adyacentes, entonces la reserva de gas de funcionamiento existente en las mismas se consume más rápido que en las demás pilas de combustible. La corriente sigue fluyendo, impulsada por las pilas de combustible que aún funcionan, y produce ahora en la pila de combustible afectada una acumulación de gas a través de una electrólisis, en la que en el lado de hidrógeno se forma oxígeno y en el lado de oxígeno se forma hidrógeno. En lugar de la degradación de gas tiene lugar una acumulación de gas.

20 El gas producido en la electrólisis, denominado a continuación también gas de electrólisis, se extrae mediante soplado desde un suministro de gas de funcionamiento desde la pila de combustible. En caso de que en la entrada de una pila de combustible se hayan acumulado impurezas, que hayan conducido a una interferencia de la alimentación de gas, entonces estas impurezas con una producción de gas lo suficientemente elevada pueden eliminarse mediante soplado de la misma, por ejemplo de vuelta a un canal de alimentación que conduce el gas de funcionamiento. Preferiblemente al mismo tiempo a través del gas de electrólisis también se extraen mediante soplado impurezas, que debido a una subpresión en la pila de combustible subalimentada pueden haberse formado por una succión de gas de funcionamiento en la zona de transición de un canal de salida a un canal de evacuación.

25 Aquí, es decir en el canal de alimentación o además en el canal de evacuación, las impurezas extraídas mediante soplado permanecen entonces en el caso ideal en un lugar en el que ya no interfieren en el acceso de gas del gas de funcionamiento a la pila de combustible. Es cierto que no puede impedirse de manera segura que las sustancias contaminantes eliminadas mediante soplado vuelvan a acumularse en el canal de alimentación delante de una entrada a la pila. Sin embargo, el procedimiento es adecuado al menos para mejorar temporalmente el rendimiento de la pila de combustible mediante una limpieza de lugares críticos dentro de la disposición de pilas de combustible.

30 La corriente a través de las pilas de combustible fluye a través de una carga conectada a la disposición de pilas de combustible, por ejemplo una batería o un motor, para cuyo funcionamiento la disposición de pilas de combustible está prevista de manera regular. Ventajosamente se conserva el flujo de corriente producido por esta carga cuando se interrumpe el suministro de gas de funcionamiento. De este modo puede conservarse un flujo de corriente elevado, que es adecuado para generar una cantidad considerable de gas de electrólisis para, en la extracción mediante soplado de las sustancias contaminantes, alcanzar una presión de gas ventajosamente elevada. En caso de que la carga sea un regulador de CC, la corriente puede seguir proporcionándose por ejemplo a una red eléctrica.

40 La interrupción del suministro de gas de funcionamiento se produce de manera conveniente rápidamente, en particular en 500 ms, de manera conveniente en 200 ms, por ejemplo mediante el cierre de una válvula de interrupción. La interrupción del suministro de gas de funcionamiento puede realizarse a este respecto manualmente por un usuario o de manera automatizada, por ejemplo de manera automática con una caída de la tensión de una pila por debajo del 90% de su valor de tensión normal.

45 El procedimiento según la invención puede realizarse como breve interrupción de un funcionamiento regular de la disposición de pilas de combustible. No es necesario detener completamente y por ejemplo lavar la disposición de pilas de combustible. Para finalizar la limpieza puede interrumpirse la corriente, de modo que se finalice la electrólisis y así la extracción mediante soplado. A continuación puede volver a iniciarse el funcionamiento normal, restableciendo el suministro de gas de funcionamiento y conectando de nuevo la carga. El gas de funcionamiento fluye a la disposición de pilas de combustible y por el gas de electrólisis y lo elimina en una oxidación generadora de calor. Para evitar la reacción generadora de calor el gas de electrólisis puede extraerse mediante soplado de la disposición de pilas de combustible o eliminarse mediante una breve evacuación.

50 A menudo se acumulan sustancias contaminantes en el lado de hidrógeno de una pila de combustible. Si sólo se interrumpe el suministro del gas con contenido en hidrógeno con conservación del suministro del gas con contenido en oxígeno y de la corriente eléctrica, entonces puede liberarse mediante soplado sólo el lado de hidrógeno de una pila de combustible afectada, lo que sin embargo habitualmente es suficiente. En general, una interrupción de uno de los gases de funcionamiento, por ejemplo del gas de funcionamiento con contenido en hidrógeno, puede ser suficiente para realizar el procedimiento de manera rápida y eficaz.

55 En una forma de realización ventajosa de la invención se registra una tensión de pila negativa que aparece tras la interrupción del suministro de gas de funcionamiento y se interrumpe la corriente en función de la tensión de pila negativa, por ejemplo mediante la retirada de la carga en funcionamiento de la disposición de pilas de combustible. La dependencia puede estar en algún parámetro de la tensión de pila negativa, por ejemplo su duración, tamaño, su

recorrido. Esto significa que la corriente se interrumpe por ejemplo cuando se alcanza un determinado valor límite de tensión de pila negativa. La elección de un parámetro adecuado y de su valor crítico, en el que se interrumpe la corriente, depende a este respecto de la construcción de la disposición de pilas de combustible, de un tipo de pila de combustible utilizado, de los gases de funcionamiento, etc. y debe establecerse por separado para cada disposición de pilas de combustible. Puede evitarse que la cantidad de gas de electrólisis sea incontroladamente grande, para evitar una reacción térmica incontrolada mediante oxidación de gas de electrólisis y gas de funcionamiento. La tensión de pila negativa indica la aparición de la electrólisis y así la generación del gas de electrólisis.

Preferiblemente tras un periodo crítico puede interrumpirse la corriente y así también la generación de aún más gas de electrólisis. El periodo crítico puede ser un tiempo establecido de manera fija o un tiempo calculado según uno o varios parámetros de la disposición de pilas de combustible en el momento o antes. Alternativamente en lugar de la interrupción de corriente puede restablecerse el suministro de gas de funcionamiento y de este modo impedirse la generación de aún más gas de electrólisis.

La cantidad del gas de electrólisis generado puede controlarse aún mejor cuando durante la aparición de la tensión de pila negativa se forma una integral de la corriente según el tiempo y al sobrepasar un valor de integral crítico se interrumpe la corriente o se restablece el suministro de gas de funcionamiento. Como la cantidad del gas de electrólisis generado depende de la intensidad y la duración de la corriente, la cantidad está relacionada directamente con la integral de tiempo de la corriente. En caso de que el resultado de esta integral sobrepase el valor predeterminado, entonces se interrumpe el flujo de corriente y termina la generación del gas de electrólisis.

Cuanto mayor es una corriente de gas de gas de electrólisis desde la pila de combustible afectada, mejor pueden eliminarse mediante soplado las sustancias contaminantes de la pila de combustible. Por tanto es ventajoso que la corriente de gas sea elevada al menos de forma breve. Puede conseguirse una corriente de gas elevada cuando en la disposición de pilas de combustible inmediatamente antes de la interrupción del gas de funcionamiento fluye corriente, preferiblemente cuando la disposición de pilas de combustible se hace funcionar durante al menos 30 segundos a al menos el 50% de su carga nominal, en particular una duración de al menos 2 minutos a al menos el 90% de su carga nominal. Mediante la corriente elevada relacionada con ello a través de una pila de combustible obstruida puede generarse una proporción de gas inerte elevada en esta pila de combustible, porque esta pila de combustible mediante el elevado consumo de gas succiona gas de funcionamiento de ambos lados y ya no fluye gas a través de la misma. Cuanto mayor es la proporción de gas inerte en la pila de combustible, antes colapsa su tensión de pila y más gas de electrólisis puede generarse, antes de que colapse la tensión de pila de las demás pilas de combustible de la disposición de pilas de combustible y así también la corriente necesaria para la electrólisis. Aún más ventajoso es un funcionamiento de al menos 5 minutos a al menos el 90%, en particular el 100% de la carga nominal.

Como posibilidad alternativa o adicional para alcanzar una corriente de gas elevada desde una pila de combustible ocupada u obstruida la disposición de pilas de combustible puede hacerse funcionar de manera ventajosa inmediatamente antes de la interrupción del suministro del gas de funcionamiento a una temperatura superior en al menos 5 K con respecto a una temperatura teórica prevista para un funcionamiento de carga nominal. Mediante la temperatura elevada se eleva la presión de gas parcial del agua siempre presente en las pilas de combustible, lo que corresponde a un aumento de la proporción de gas inerte. Cuanto más vapor de agua esté presente en las pilas de combustible, menor espacio habrá disponible para los gases de funcionamiento. Así, con una presión parcial de vapor de agua elevada colapsa la tensión de una pila de combustible ocupada u obstruida más rápido y puede generarse más gas de electrólisis. De manera conveniente la disposición de pilas de combustible se hace funcionar a una temperatura superior en al menos 10 K con respecto a la temperatura teórica prevista para el funcionamiento de valor nominal.

Para una extracción mediante soplado satisfactoria de una pila de combustible ocupada u obstruida es ventajoso cuando el gas de electrólisis se genera especialmente rápido en la pila de combustible. La cantidad del gas de electrólisis generado depende directamente de la intensidad de la corriente a través de la pila de combustible obstruida. Una gran cantidad de gas de electrólisis puede generarse en poco tiempo cuando tras la interrupción del gas de funcionamiento para elevar la corriente se genera un cortocircuito en el circuito eléctrico de la disposición de pilas de combustible.

De manera conveniente el cortocircuito se conduce a través de una resistencia de cortocircuito que limita la corriente de cortocircuito, para mantener la carga eléctrica de la disposición de pilas de combustible en un intervalo aceptable. La resistencia de cortocircuito se enfría ventajosamente mediante un refrigerador previsto para la refrigeración y en particular menor que una resistencia mínima de la carga conectada a la disposición de pilas de combustible, que se hace funcionar a través de la disposición de pilas de combustible, con la misma corriente. La corriente generada a través de este cortocircuito conducido es además convenientemente mayor que la corriente generada en un funcionamiento regular con la carga. La aparición de una obstrucción no tiene que ser un proceso regular, sino que a veces puede aparecer más rápidamente y otras más lentamente. Por tanto es ventajoso que la disposición de pilas de combustible puede monitorizarse con respecto a una aparición o aumento de una obstrucción. Una monitorización de este tipo puede conseguirse cuando la tensión de pila de una pila de combustible se registra en función de la corriente a través de la pila de combustible. En caso de que la tensión de pila disminuya hasta un valor por debajo de un valor mínimo predeterminado, entonces esto indica que a partir de este valor mínimo se produce

una succión del gas de funcionamiento desde la salida de pila o una abertura de salida y se impide un flujo a través de la pila de combustible de gas de funcionamiento, de modo que en ésta se acumula cada vez más gas inerte y la tensión de pila colapsa. Ahora puede interrumpirse el suministro de gas de funcionamiento con conservación de la corriente eléctrica, de modo que se inicia el procedimiento de limpieza. El suministro de gas de funcionamiento no tiene que producirse inmediatamente después de detectar la presencia de una impureza, sino que también puede producirse después.

También el aumento de la temperatura de funcionamiento puede utilizarse para monitorizar las pilas de combustible con respecto a una sustancia contaminante. Mediante la mayor proporción de vapor de agua en las pilas de combustible, en particular con una carga nominal, una obstrucción a través de un colapso de la tensión de una pila de combustible también puede detectarse cuando la pila de combustible en un funcionamiento regular, es decir en un funcionamiento con la temperatura de funcionamiento menor, todavía no es llamativo. Ahora, la disposición de pilas de combustible puede seguir haciéndose funcionar un tiempo y puede seleccionarse un instante adecuado para una limpieza sin afectar al funcionamiento.

Con la misma ventaja el gas de funcionamiento puede mezclarse con un gas inerte puro de manera conveniente e introducirse en la disposición de pilas de combustible. También con esta condición ya disminuye la tensión de pila de una pila de combustible ligeramente obstruida, sin que esto tenga que producirse con un funcionamiento regular sin gas inerte introducido adicionalmente. Además el suministro del gas inerte al gas de funcionamiento también puede aprovecharse para elevar la producción de gas de electrólisis. Por la elevada proporción de gas inerte en el gas de funcionamiento puede conseguirse una proporción de gas inerte especialmente elevada en la pila de combustible obstruida, de modo que su tensión de pila con la interrupción del suministro de gas de funcionamiento pueda invertirse especialmente rápido y generarse mucho gas de electrólisis.

El objetivo dirigido a la disposición de pilas de combustible se soluciona mediante una disposición de pilas de combustible del tipo mencionado al principio, en la que según la invención el medio de control está previsto para interrumpir el suministro de gas de funcionamiento con conservación del flujo de corriente eléctrico a través de las pilas de combustible y realizar el procedimiento según la invención. Puede conseguirse una extracción mediante soplado de gas de electrólisis desde la pila de combustible obstruida, que de este modo puede limpiarse.

La corriente eléctrica conservada es de manera conveniente el 70%, en particular el 100% de la corriente nominal, es decir, de la corriente que aparece a carga completa. El medio de control está previsto ventajosamente para controlar uno, varios o todos los detalles de procedimiento descritos anteriormente.

Por regla general se depositan sustancias contaminantes en la zona de entrada de las pilas de combustible, de modo que al invertir el sentido del flujo de gas pueden eliminarse mediante soplado. Para que esta extracción mediante soplado sea especialmente eficaz es ventajoso que el gas de electrólisis salga preferiblemente por la entrada prevista para un suministro de gas de funcionamiento de una pila de combustible subalimentada y no por su salida prevista para la descarga de los gases de funcionamiento.

Para ello las pilas de combustible están unidas ventajosamente en cada caso mediante una disposición de canales de entrada con un canal de alimentación y una disposición de canales de salida con un canal de evacuación, presentando la disposición de canales de entrada una resistencia al flujo menor que la disposición de canales de salida. En caso de que la resistencia al flujo en la entrada sea pequeña y en la salida sea mayor, el gas de electrólisis producido se sopla hacia fuera sobre todo hacia la entrada, es decir, en el lugar en el que debe eliminarse la obstrucción.

La resistencia al flujo puede ajustarse mediante el número de canales, de modo que la disposición de canales de entrada presente preferiblemente más canales de entrada que canales de salida presenta la disposición de canales de salida. Alternativa o adicionalmente la disposición de canales de entrada puede ser más larga que la disposición de canales de salida. También es posible que la disposición de canales de entrada presente una sección transversal más estrecha mayor que la disposición de canales de salida.

La invención se explica en más detalle mediante ejemplos de realización que se representan en los dibujos. Muestran:

la figura 1 un fragmento de una disposición de pilas de combustible con una unidad de control y una carga eléctrica en una representación esquemática y

la figura 2 una representación en corte esquemática a través de una cámara de gas de una pila de combustible.

La figura 1 muestra un fragmento de una disposición 2 de pilas de combustible en una representación funcional esquemática. La disposición 2 de pilas de combustible está realizada como bloque de pilas de combustible y comprende una pluralidad de pilas 4 de combustible PEM (membrana de electrolito de polímero o membrana de intercambio de protones), de las que por motivos de claridad sólo se han indicado algunas. Las pilas 4 de combustible comprenden en cada caso dos cámaras 6 de gas, de las que en la figura 1 sólo se representa una en cada caso. Las dos cámaras 6 de gas son una cámara de gas de hidrógeno y una cámara de gas de oxígeno, estando dispuesto en cada caso entre una cámara de gas de hidrógeno de una pila de combustible y una cámara de

gas de oxígeno de una pila 4 de combustible adyacente un electrolito 8.

Las pilas 4 de combustible se alimentan con gas 10 de funcionamiento, que se acerca a través de un canal 12 de alimentación a las pilas 4 de combustible y a través de una disposición 14 de canales de entrada llega a la cámara 6 de gas correspondiente de las pilas 4 de combustible. A través de una disposición 16 de canales de salida el gas 10 de funcionamiento no consumido vuelve a salir de las pilas 4 de combustible y se descarga a través de un canal 18 de evacuación desde las pilas 4 de combustible. De este modo las pilas 4 de combustible individuales de la disposición 2 de pilas de combustible se alimentan en paralelo con ambos gases de funcionamiento. Como gas de funcionamiento con contenido en hidrógeno se utiliza gas con un contenido en hidrógeno en una proporción de hidrógeno de más del 98% y una proporción de gas inerte reducida. Como gas con contenido en oxígeno se considera aire u oxígeno altamente concentrado.

Las pilas 4 de combustible están conectadas eléctricamente en serie, como se indica mediante un circuito 20 eléctrico con una carga 22. La carga 22 es un motor para accionar un vehículo. El circuito 20 eléctrico puede interrumpirse y cerrarse mediante un conmutador 24, que se controla mediante una unidad 26 de control. Por medio de un conmutador 28 adicional puede cerrarse un circuito 30 de cortocircuito a través de una resistencia 32 de cortocircuito, de manera conveniente con el conmutador 24 abierto.

También controlada por la unidad 26 de control hay una válvula 34 para abrir y cerrar el canal 12 de alimentación, de modo que pueda interrumpirse y abrirse un suministro de gas de funcionamiento por ejemplo del gas 10 de funcionamiento con contenido en hidrógeno. La válvula 34 es una válvula esférica, que con un control correspondiente se cierra en un periodo de tiempo de menos de 200 ms y así cierra el canal 12 de alimentación.

Durante el funcionamiento de la disposición 2 de pilas de combustible se acumulan impurezas 36 en lugares dentro de la corriente de gas, en los que la corriente de gas está impedida o retardada, por ejemplo en dobleces, estrechamientos o puntos sin salida. En la figura 1 se representa a modo de ejemplo cómo las impurezas 36 se han acumulado en la abertura de una disposición 14 de canales de entrada hacia el canal 12 de alimentación y obstruyen en gran medida la disposición 14 de canales de entrada. De este modo durante el funcionamiento de carga nominal de la disposición 2 de pilas de combustible por ejemplo ya sólo llega la mitad de gas 10 de funcionamiento con contenido en hidrógeno a la cámara 6 de gas de hidrógeno correspondiente de la pila 4 de combustible obstruida.

Sin embargo, a través de la conexión eléctrica en serie de las pilas 4 de combustible por todas las pilas 4 de combustible de la disposición 2 de pilas de combustible se conduce la misma corriente. Como para conservar la tensión de pila de la pila 4 de combustible afectada no está disponible suficiente gas 10 de funcionamiento con contenido en hidrógeno, esta pila 4 de combustible succiona gas 10 de funcionamiento desde el canal 18 de evacuación a su cámara 6 de gas de hidrógeno, tal como se indica mediante las flechas 38. A través de la cámara 6 de gas de hidrógeno ya no fluye gas 10 de funcionamiento y a lo largo del tiempo cada vez se acumula más gas inerte en la cámara 6 de gas de hidrógeno. Cuanto mayor es la proporción de gas inerte, más cae la tensión de pila, hasta que finalmente colapsa y falla la pila 4 de combustible.

Las impurezas se representan en la figura 1 sólo en una desembocadura de una disposición 14 de canales de entrada en el canal 12 de alimentación, mientras que en el funcionamiento regular de la disposición 2 de pilas de combustible las impurezas 36 pueden acumularse en muchos lugares dentro de la disposición 2 de pilas de combustible. De este modo a lo largo del tiempo pueden fallar muchas pilas 4 de combustible y afectar al rendimiento de la disposición 2 de pilas de combustible.

Para retardar este proceso de contaminación en un primer ejemplo de realización sencillo puede interrumpirse al mismo tiempo el suministro de gas de funcionamiento de ambos gases de funcionamiento bajo carga. A continuación se espera hasta que colapsa la tensión total de la disposición de pilas de combustible. La impureza puede haberse eliminado ahora mediante soplado llevándola de un lugar crítico a otro punto. A continuación puede restablecerse el suministro de gas de funcionamiento y volver a iniciarse el funcionamiento normal.

A continuación se describen posibilidades adicionales para perfeccionar el procedimiento. Así, la corriente puede interrumpirse en un instante adecuado para finalizar la electrólisis. También es posible evacuar la instalación 2 de pilas de combustible antes de continuar con el funcionamiento o lavarla con gas inerte, por ejemplo con N_2 .

Además puede monitorizarse la tensión de pila de las pilas 4 de combustible por la unidad 26 de control. Para ello se une a través de conducciones 40 eléctricas, de las que en la figura 1 por motivos de claridad sólo se representan tres para monitorizar dos pilas 4 de combustible adyacentes, con las pilas 4 de combustible. La tensión de pila de las pilas 4 de combustible individuales se registra en función de la intensidad de corriente y se detecta cuando una tensión de pila cae intensamente o colapsa.

En caso de un colapso de una tensión de pila el funcionamiento de la disposición 2 de pilas de combustible ya está considerablemente afectado. Para poder detectar a tiempo un fallo inminente de una pila 4 de combustible, la unidad 26 de control controla una unidad 42 refrigerante de tal manera, que se eleva la temperatura dentro de la disposición 2 de pilas de combustible en más de 5 K, en particular en más de 10 K, con respecto a una temperatura teórica para un funcionamiento de carga nominal. La unidad 42 refrigerante puede comprender un refrigerador y el medio

refrigerante que fluye a través de la disposición 2 de pilas de combustible con un medio de regulación o control para ajustar la temperatura.

5 Mediante la temperatura elevada se eleva la presión parcial de vapor de agua dentro de las pilas 4 de combustible, de modo que en las cámaras 6 de hidrógeno para conservar la reacción electroquímica en el electrolito 8 está disponible menos gas 10 de funcionamiento con contenido en hidrógeno. Con una carga elevada, por ejemplo con un funcionamiento a carga nominal, esto es, con un funcionamiento a carga completa, la tensión de pila colapsa de este modo con un flujo insuficiente a través de una pila 4 de combustible en parte obstruida con más rapidez. Mediante este funcionamiento de prueba ya puede reconocerse una afección por impurezas 36, cuando todavía no es visible en un funcionamiento regular.

10 El mismo efecto puede conseguirse añadiendo gas inerte desde un depósito 44 de gas inerte al gas 10 de funcionamiento en el canal 12 de alimentación. Para ello la unidad 26 de control está conectada a una válvula 46, con cuya apertura entra gas inerte al interior del canal 12 de alimentación. También a través del aumento de la proporción de gas inerte en el gas 10 de funcionamiento colapsa la tensión de pila de una pila 4 de combustible en parte obstruida con un funcionamiento de prueba de este tipo, más rápido que en el funcionamiento regular, de modo que puede detectarse una interferencia que está iniciándose.

15 Cuando se detecta una interferencia que está iniciándose o ya presente en el funcionamiento regular, entonces se limpia la disposición 2 de pilas de combustible. Para ello en primer lugar puede elevarse la proporción de gas inerte y/o la proporción de vapor de agua en la pila 4 de combustible afectada. Además se hace funcionar la disposición 2 de pilas de combustible por un periodo de tiempo a carga nominal, de modo que en la cámara de gas de la pila 4 de combustible afectada se acumule la mayor cantidad posible de gas inerte. El periodo de tiempo puede fijarse de antemano, por ejemplo en 10 minutos o al menos 10 minutos, o fijarse a partir de parámetros de funcionamiento, por ejemplo determinarse en función de la tensión residual de la pila 4 de combustible obstruida. En caso de que la tensión de pila quede por debajo de un valor predeterminado, entonces puede terminarse el funcionamiento de carga nominal e iniciarse la limpieza.

25 Tras estas preparaciones se cierra la válvula 34 y de este modo se interrumpe el suministro de gas de funcionamiento. La corriente a través de las pilas 4 de combustible se conserva a través de la carga 22 que sigue conectada, de modo que sigue la reacción electroquímica en todas las pilas 4 de combustible. Una vez que el gas de funcionamiento se ha consumido en la pila 4 de combustible obstruida, colapsa la tensión de pila e invierte su signo por la corriente conducida adicionalmente a través de esta pila 4 de combustible. De este modo comienza una electrólisis, mediante la que por ejemplo en la cámara 6 de gas de hidrógeno de la pila 4 de combustible obstruida se forma oxígeno. Con una formación suficiente de oxígeno se produce una sobrepresión en la cámara 6 de gas de hidrógeno y el gas se sopla desde la pila 4 de combustible. Las impurezas 36 se eliminan al menos parcialmente mediante soplado y se limpia la disposición 14 de canales de entrada, de modo que a través de ésta puede volver a entrar suficiente gas de funcionamiento a la pila 4 de combustible antes obstruida para garantizar un funcionamiento regular.

35 Para que de manera incontrolada no se genere mucho gas de electrólisis, la unidad 26 de control monitoriza el periodo de tiempo durante el que está presente la tensión de pila negativa, es decir, de la tensión de pila con signo invertido con respecto al funcionamiento regular, e interrumpe el circuito 20 eléctrico tras una duración predeterminada. En una forma de realización mejorada la unidad 26 de control mediante la medición de la intensidad de corriente y la duración de la tensión de pila negativa forma la integral de tiempo de la intensidad de corriente desde el instante en el que la tensión de pila se vuelve negativa, hasta el momento actual. En caso de que el resultado de la integral sobrepase un valor predeterminado se interrumpe el circuito 20 de corriente.

40 Para intensificar la electrólisis puede cerrarse el conmutador 28 y abrirse el conmutador 24, de modo que se produzca un cortocircuito por la disposición 2 de pilas de combustible, que sin embargo discurre convenientemente de manera controlada por la resistencia 32 de cortocircuito, de modo que la disposición 2 de pilas de combustible no se ve afectada. De este modo la electrólisis puede realizarse con tal intensidad que un empuje de gas desde la pila 4 de combustible obstruida provoque una limpieza intensa de la disposición 2 de pilas de combustible.

45 El gas de electrólisis sale de la pila de combustible afectada cuando junto con el gas inerte forma una sobrepresión en relación con el entorno, es decir con el canal 12 de alimentación y el canal 18 de evacuación. Para conseguir una limpieza a través de una salida de gas es ventajoso que el gas salga hacia la entrada a la pila 4 de combustible y lo menos posible a través de la salida, porque aquí no se consigue una inversión en el sentido de la corriente de gas. Para ello la resistencia al flujo es menor en la entrada que en la salida. En la figura 1 se representa mediante una sección transversal de canal mayor de la disposición 14 de canales de entrada con respecto a la disposición 16 de canales de salida. Además la disposición 14 de canales de entrada está realizada más corta que la disposición 16 de canales de salida, con lo que también puede conseguirse una resistencia al flujo menor en la disposición 14 de canales de entrada.

50 La figura 2 muestra otra posibilidad de un ajuste de la resistencia al flujo en la disposición 14 de canales de entrada y la disposición 16 de canales de salida. En la representación esquemática de la figura 2 se muestra que la disposición 14 de canales de entrada comprende cuatro canales 48 de entrada y la disposición 16 de canales de

- 5 salida sólo tres canales 50 de salida. Como medida adicional, los canales 50 de salida son más largos que los canales 48 de entrada. Como tercera medida la sección transversal de flujo más estrecha de los canales 48 de entrada es mayor que la de los canales 50 de salida. Si bien las secciones transversales de flujo de los canales 48 de entrada y de los canales 50 de salida son iguales por la longitud de los canales, en sus extremos externos sin embargo existen estrechamientos 52, que en cada caso forman la sección transversal de flujo más estrecha. Los estrechamientos 52 están realizados en los canales 48 de entrada menores que en los canales 50 de salida. También de este modo la resistencia al flujo de la disposición 14 de canales de entrada es menor que la de la disposición 16 de canales de salida.
- 10 Aunque que la figura 2 muestra las tres medidas en combinación, evidentemente también puede recurrirse a éstas por separado para el ajuste deseado de las resistencias al flujo. Además las medidas para el aumento del empuje de gas desde la pila 4 de combustible y las medidas para el análisis de una obstrucción también pueden aplicarse por separado.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para limpiar al menos un canal de entrada para gas de funcionamiento de al menos una pila de combustible subalimentada con el gas de funcionamiento de una disposición (2) de pilas de combustible de impurezas, que se acumulan en el al menos un canal de entrada en la zona de una abertura hacia un canal de alimentación que conduce el gas de funcionamiento, en el que a través de las pilas (4) de combustible conectadas eléctricamente en serie de la disposición (2) de pilas de combustible se conduce el gas (10) de funcionamiento y corriente eléctrica, interrumpiéndose un suministro de gas de funcionamiento con conservación de la corriente eléctrica, en el que en al menos la al menos una pila de combustible subalimentada se crea una acumulación de gas y se genera un gas formado a este respecto en una cantidad, que el gas formado fluye al menos en parte por lo menos de la al menos una pila de combustible subalimentada por el al menos un canal de entrada al interior del canal de alimentación.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el suministro de gas de funcionamiento se restablece y el gas (10) de funcionamiento fluye al gas formado.
- 15 3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque a través de las pilas (4) de combustible se conducen gas con contenido en oxígeno y con contenido en hidrógeno como dos gases (10) de funcionamiento y se interrumpe el suministro del gas con contenido en hidrógeno con conservación del suministro del gas con contenido en oxígeno y de la corriente eléctrica.
- 20 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se registra una tensión de pila negativa que aparece tras la interrupción del suministro de gas de funcionamiento y se interrumpe la corriente al alcanzar un valor límite de tensión de pila negativo.
- 25 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque se registra una tensión de pila negativa que aparece tras la interrupción del suministro de gas de funcionamiento, porque se registra una duración de la aparición de la tensión de pila negativa y porque al sobrepasar una duración crítica se interrumpe la corriente.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque se registra una tensión de pila negativa que aparece tras la interrupción del suministro de gas de funcionamiento y una duración de la aparición de la tensión de pila negativa, porque durante la aparición de la tensión de pila negativa se forma una integral de la corriente según el tiempo y al sobrepasar un valor de integral crítico se interrumpe la corriente.
- 30 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la disposición (2) de pilas de combustible se hace funcionar inmediatamente antes de la interrupción del suministro de gas de funcionamiento durante al menos 2 min a al menos el 90% de su carga nominal.
- 35 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la disposición (2) de pilas de combustible se hace funcionar inmediatamente antes de la interrupción del suministro de gas de funcionamiento a una temperatura superior en al menos 5 K con respecto a una temperatura teórica prevista para un funcionamiento de carga nominal.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque tras la interrupción del suministro de gas de funcionamiento para elevar la corriente se genera un cortocircuito en un circuito (20) eléctrico de la disposición (2) de pilas de combustible.
- 40 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la tensión de pila de las pilas (4) de combustible se registra en función de la corriente a través de las pilas (4) de combustible y con una caída de la tensión de pila a un valor por debajo de un valor mínimo se interrumpe el suministro de gas de funcionamiento con conservación de la corriente eléctrica.
- 45 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el gas (10) de funcionamiento se introduce mezclado con un gas inerte en la disposición (2) de pilas de combustible.
12. Disposición (2) de pilas de combustible con varias pilas (4) de combustible conectadas eléctricamente en serie y un medio (26) de control para controlar un suministro de gas de funcionamiento a las pilas (4) de combustible y un flujo de corriente a través de las pilas (4) de combustible, caracterizada porque el medio (26) de control está previsto para interrumpir el suministro de gas de funcionamiento con conservación del flujo de corriente eléctrico a través de las pilas (4) de combustible y realizar un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11.
- 50 13. Disposición (2) de pilas de combustible según la reivindicación 12, caracterizada porque las pilas (4) de combustible están unidas en cada caso mediante una disposición (14) de canales de entrada con un canal (12) de alimentación y una disposición (16) de canales de salida con un canal (18) de evacuación y la disposición (14) de canales de entrada presenta una resistencia al flujo menor que la disposición (16) de canales de salida.
14. Disposición (2) de pilas de combustible según la reivindicación 13, caracterizada porque la disposición (14) de canales de entrada presenta más canales (48) de entrada que canales (50) de salida presenta la disposición (16) de

canales de salida.

15. Disposición (2) de pilas de combustible según la reivindicación 13 ó 14, caracterizada porque la disposición (14) de canales de entrada es más larga que la disposición (16) de canales de salida.

FIG 1

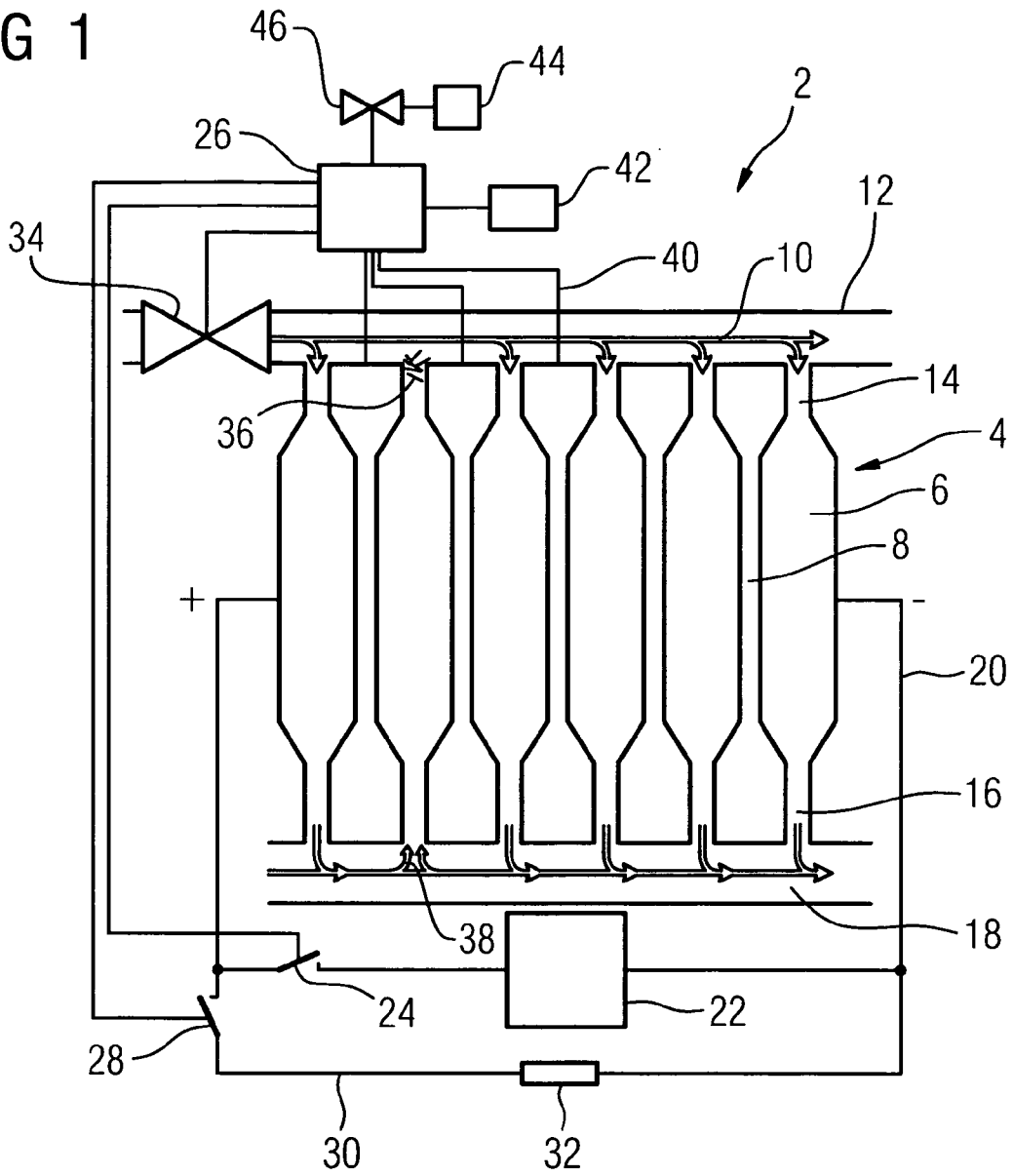


FIG 2

