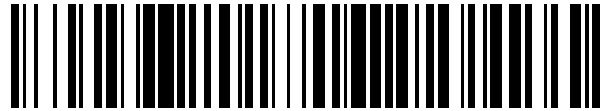


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 539 175**

51 Int. Cl.:

**H01M 8/04** (2006.01)

**H01M 8/24** (2006.01)

**H01M 8/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2012 E 12712133 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2015 EP 2681791**

54 Título: **Pila de combustible con cámara anódica que consta, en la cámara anódica, de una superficie de condensación y de evacuación de agua, y procedimiento de condensación y de evacuación de agua formada en dicha cámara**

30 Prioridad:

**02.03.2011 FR 1100628**

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

**26.06.2015**

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET  
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)  
Bâtiment "Le Ponant D" 25, rue Leblanc  
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**FAUCHEUX, VINCENT;  
LATOIR, ANTOINE;  
THERY, JESSICA y  
VALON, BRUNO**

74 Agente/Representante:

**POLO FLORES, Carlos**

**ES 2 539 175 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

Pila de combustible con cámara anódica que consta, en la cámara anódica, de una superficie de condensación y de evacuación de agua, y procedimiento de condensación y de evacuación de agua formada en dicha cámara.

5

### Campo técnico de la invención

La invención se refiere a una pila de combustible que comprende una cámara anódica en la que desemboca una entrada de hidrógeno.

10

### Estado de la técnica

En las pilas de combustible de tipo con cámara anódica que puede albergar uno o más ánodos, la producción de electricidad se realiza gracias a la oxidación en un ánodo de un combustible de tipo hidrógeno, y a la reducción en un cátodo de un oxidante de tipo oxígeno del aire. De manera general, el ánodo y el cátodo están separados por una membrana electrolítica a menudo de Nafion®. En el ejemplo particular del hidrógeno como combustible, este último se disocia a nivel del ánodo ( $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ ) para dar iones  $H^+$  que atraviesan la membrana y reaccionan a nivel del cátodo, donde circula el oxidante, para generar agua.

15

$(\frac{1}{2}O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O)$ . Sin embargo, una parte del agua generada en el lado del cátodo se retrodifunde

20

por la membrana, y se recupera en forma de vapor en la cámara anódica. En función de las condiciones exteriores (temperatura, humedad) y de trabajo (rendimiento, confinamiento del sistema), esta retrodifusión puede afectar del 10% al 40% del agua generada a nivel del cátodo.

Por otro lado, si el hidrógeno se genera aguas arriba del ánodo por hidrólisis de un hidruro químico, esto impone que cierta carga de agua esté presente en el gas, resultante de la hidrólisis, que ha sido llevado a nivel del ánodo.

25

De este modo, durante el funcionamiento de la pila de combustible, la cámara anódica se llena de vapor de agua que se condensa poco a poco, conllevando una disminución del rendimiento de la pila de combustible en la medida en que el agua condensada obstaculiza el paso del hidrógeno hacia sitios catalíticos del ánodo.

30

El documento US2006/0121326 describe una pila de combustible provista, a nivel de un ánodo, de un canal de entrada de hidrógeno, y de un canal de salida del hidrógeno que no haya reaccionado y de impurezas. Este canal de salida está configurado para purgar las impurezas, consta de una válvula que se abre durante un periodo determinado.

35

El sistema de purga del documento US2006/0121326 no puede ser aplicado a las pilas de combustible del tipo con cámara anódica. En efecto en estas últimas, el agua se condensa en la cámara anódica y se vuelve estancada. Pudiendo la pila de combustible funcionar en todas las posiciones, es difícil colocar una válvula de purga sin conllevar una pérdida consecuente del rendimiento de la pila de combustible durante la evacuación del agua estancada, ya que un volumen consecuente de hidrógeno será entonces también evacuado fuera de la cámara anódica.

40

Una pila de combustible provista de medios de evacuación de agua condensada se describe en el documento US2003/0068543.

45

### Objeto de la invención

El objeto de la invención pretende formar una pila de combustible capaz de realizar una purga eficaz de agua contenida en la cámara anódica sea cual sea la posición de la pila de combustible. Se tiende hacia este objeto por las reivindicaciones adjuntas.

50

Breve descripción de los dibujos

Otras ventajas y características serán más claramente evidentes a partir de la descripción a continuación de realizaciones particulares de la invención dadas a modo de ejemplos no limitantes y representadas en los dibujos adjuntos, en los que:

55

- la figura 1 representa una vista en corte de una primera realización de una pila de combustible,

- la figura 2 representa una vista en corte de una segunda realización de una pila de combustible,

5 - la figura 3 representa una vista en corte de una variante de la segunda realización de una pila de combustible,

- la figura 4 ilustra una vista en corte centrada sobre una región de condensación equipada con un sensor de presencia de agua,

10 - la figura 5 ilustra una vista en corte centrada sobre una región de condensación equipada con un elemento de almacenamiento y de evaporación de agua,

- la figura 6 ilustra una variante de realización de regiones de condensación.

### 15 Descripción de realizaciones preferentes de la invención

La pila de combustible descrita a continuación permite evacuar el agua condensada en la cámara anódica, concretamente por retrodifusión del agua generada a nivel del cátodo de la pila de combustible, durante su funcionamiento gracias a una zona que favorece a la vez la condensación del agua y la evacuación del agua condensada.

En las figuras 1 a 3, la pila de combustible 1 comprende una cámara anódica 2 en la que desemboca una entrada 3 de hidrógeno. Una pared 4 separa el interior del exterior de la cámara anódica 2. La pared 4 consta de una región principal 5 que tiene una primera resistencia térmica de conducción entre el exterior y el interior de la cámara anódica 2. La pared 4 consta, además, de una región de condensación de agua 6 privilegiada que tiene una segunda resistencia térmica de conducción entre el exterior y el interior de la cámara anódica 2 estrictamente inferior a la primera resistencia térmica de conducción para delimitar una superficie 7 de condensación de agua en el interior de la cámara anódica 2.

30 Un canal 8 de evacuación del agua condensada conecta la superficie de condensación 7 con el exterior de la cámara anódica 2. Preferentemente, el canal 8 de evacuación atraviesa la región de condensación de agua 6. El canal 8 de evacuación puede constar de un estado abierto en el que el agua puede ser evacuada y un estado cerrado en el que el interior de la cámara anódica 2 es estanco con respecto al exterior de la cámara anódica 2 a nivel de dicho canal 8 de evacuación. El canal de evacuación 8 puede ser un capilar. El capilar forma un tubo que permite el desplazamiento del agua en dicho tubo por sobrepresión del interior de la cámara anódica 2 hacia el exterior de la cámara anódica 2.

Esta disposición particular permite favorecer la condensación del agua presente en forma de vapor en la cámara anódica 2 sobre la superficie de condensación 7. Eso se hizo posible mediante la presente pila de combustible aprovechando la diferencia de temperatura a nivel de la pared 4 entre el interior y el exterior de la cámara anódica 2 de modo que al menos un punto de la superficie interna de la cámara anódica 2 (es este caso la superficie de condensación 7) esté a una temperatura estrictamente inferior al resto de la región principal 5.

De hecho, la resistencia térmica de conducción permite definir un elemento en función de su resistencia al paso de un flujo de conducción térmica entre dos superficies. De este modo, cuanto mayor es la resistencia térmica, menor es la cantidad de calor que atraviesa el elemento. Por definición, se dirá que un material aislante térmicamente posee una resistencia de conducción térmica importante. Por lo tanto, las características particulares de la región principal 5 y de la región de condensación 6 definidas anteriormente permiten favorecer la condensación en un punto particular de una pila de combustible, preferentemente cuando la temperatura interior  $T_{int}$  de la cámara anódica 2 es estrictamente superior a la temperatura exterior  $T_{ext}$  de la cámara anódica 2.

En el ejemplo particular de las figuras 1 a 3, la cámara anódica 2 puede constar de varias paredes que delimitan, con una membrana electrolítica 9 y/o al menos un ánodo 10, el interior de la cámara anódica 2. Una pared consta de una primera superficie que delimita al menos una parte del interior de la cámara anódica 2 y una segunda superficie que delimita al menos una parte del exterior de la cámara anódica 2. La membrana 9, por ejemplo de Nafion®, está en contacto con el ánodo 10 dispuesto en el interior de la cámara anódica 2. Un cátodo 11 asociado al ánodo está dispuesto contra la membrana 9 en el exterior de la cámara anódica 2. Según el ejemplo ilustrado, la pila de combustible 1 consta de varias células elementales (tres en el ejemplo) delimitadas por pares de electrodos (ánodo/cátodo), estando cada par separado por una membrana electrolítica 9. Una membrana electrolítica 9 puede

ser propia de cada célula elemental. En este caso, la pila de combustible consta de varias membranas individuales que corresponden, cada una, a una célula elemental. Según una alternativa, una misma membrana electrolítica 9 es común a al menos dos células elementales. Los ánodos están todos dispuestos en la cámara anódica 2 de modo que el hidrógeno pueda difundirse sobre sitios catalíticos de los ánodos para favorecer la reacción  $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ .

- 5 Cuando la pila de combustible consta de varias paredes, estas paredes constan, cada una, de al menos una región principal. Al menos una de las paredes consta de al menos una región de condensación 6 que tiene las propiedades mencionadas anteriormente. Preferentemente, la membrana tiene una resistencia térmica de conducción superior a la de la o las regiones de condensación para evitar la condensación de agua a nivel de los ánodos en la cámara anódica 2. Preferentemente, la resistencia térmica de conducción de una región de condensación 6 entre el interior y
- 10 el exterior de la cámara es estrictamente inferior a la resistencia térmica de conducción entre el interior y el exterior de la cámara de todas las regiones principales. Por supuesto, una pared puede constar de varias regiones de condensación y sus canales de evacuación asociados. Por otro lado, las diferentes paredes pueden constar, cada una, de una o más regiones de condensación y sus canales de evacuación asociados.
- 15 La figura 1 ilustra una primera realización en la que la región de condensación 6 está formada por un inserto que llena un agujero de la pared 4 que hace que el interior de la cámara anódica 2 comunique con el exterior de la cámara anódica 2.

- Preferentemente, el inserto está hecho de un material cuya conductividad térmica es superior al(a los) material(es) utilizado(s) para delimitar la región principal 5. Por ejemplo, la región principal 5 puede estar hecha de un material plástico aislante térmicamente, y el inserto de un metal, por ejemplo aluminio, acero inoxidable, cobre, níquel, etc. La forma del inserto es, preferentemente, cilíndrica o cónica, sin embargo cualquier forma que permita insertarse en un agujero correspondiente de la pared 4 puede ser adecuada. El inserto garantiza también, preferentemente, la estanqueidad de la cámara anódica 2 para evitar las pérdidas de hidrógeno del interior de la cámara anódica 2 hacia
- 25 el exterior de la cámara anódica 2 a nivel de dicho inserto cuando el canal 8 de evacuación está cerrado. El inserto puede encolarse o insertarse a la fuerza. El inserto está, preferentemente, recubierto por una capa protectora que evita su corrosión en el interior y en el exterior de la cámara 2. La superficie del inserto que forma la superficie 7 de condensación en el interior de la cámara anódica 2 está, preferentemente, comprendida entre  $0,05 \text{ mm}^2$  y  $1 \text{ cm}^2$ . Estas superficies corresponden prácticamente al tamaño de una gota de agua capaz de formarse por condensación
- 30 en una cámara anódica de una pila de combustible de 10 W.

El inserto también puede estar formado únicamente por el canal de evacuación 8 cuando este último es un capilar, en este caso, la superficie 7 de condensación es igual a la sección del capilar.

- 35 En la figura 2 que ilustra una segunda realización, la región de condensación 6 está formada por un adelgazamiento 12 local de la pared 4 en la cámara anódica 2. El adelgazamiento local de la pared 4 puede presentarse en forma de un rebaje practicado en la pared 4 en el interior de la cámara anódica 2. Dicho de otro modo, la región principal 5 tiene un grosor estrictamente superior al grosor de la región de condensación 6. De este modo, incluso si la región principal 5 y la región de condensación 6 están formadas en un mismo material, las resistencias térmicas de
- 40 conducción térmica entre el interior de la cámara anódica 2 y el exterior de la cámara anódica 2 serán diferentes. En esta realización, el canal de evacuación 8 conecta, preferentemente, el fondo del adelgazamiento 12 con el exterior de la cámara anódica 2. El fondo del adelgazamiento 12 forma entonces la superficie de condensación 7.

- La figura 3 ilustra una variante de la segunda realización. En esta variante, la región de condensación 6 está
- 45 formada, a la vez, por un adelgazamiento local 12 y por una protuberancia 13 dispuesta en el exterior de la cámara anódica 2 a nivel del adelgazamiento 12 local.

- La protuberancia 13 desempeña, en esta variante, un papel favoreciendo los intercambios térmicos entre el exterior de la cámara anódica 2 y la superficie de condensación 7 mediante el aumento de la superficie de intercambio
- 50 térmico en el exterior de la cámara anódica 2.

- La segunda realización y su variante presentan una ventaja de ejecución con respecto a la primera realización. En efecto, la estanqueidad de la cámara anódica 2 será más fácil de ejecutar a partir de un adelgazamiento local de la pared 4 en la cámara anódica 2 que con la recolocación de un inserto en un agujero de la pared 4 como en la figura
- 55 1.

En las diferentes realizaciones previstas anteriormente, el estado cerrado o abierto del canal 8 de evacuación puede implementarse mediante una válvula 14 (figuras 1 a 3). Dicho de otro modo, el canal 8 de evacuación está conectado a una válvula 14 que controla la evacuación del agua condensada sobre la superficie 7 de condensación

mediante dicho canal 8 de evacuación.

Según una implementación para una pila de 10 W que proporciona aproximadamente 1 g de agua por hora, la válvula 14 puede abrirse durante 1 ms cada 10 s. Sin embargo, esta implementación secuencial genera una pérdida de hidrógeno en el caso en el que no estuviera presente agua condensada a nivel de la superficie de condensación 7. Existe, por lo tanto, una necesidad de limitar las pérdidas de hidrógeno durante el funcionamiento de la pila de combustible 1.

En la figura 4, para responder a esta necesidad, la superficie de condensación 7 de la región 6 está equipada con un sensor 15 de presencia de agua sobre dicha superficie de condensación 7. Este sensor 15 de presencia está conectado a la válvula 14 para desencadenar una evacuación en caso de presencia de agua 16 sobre la superficie de condensación 7. Por ejemplo, el sensor 15 de presencia está conectado a un elemento de control (no representado) conectado, a su vez, a la válvula 14. Este sensor de presencia 15 puede constar de dos terminales 15a, 15b conductores de la electricidad aislados eléctricamente entre sí, y dispuestos a nivel de la superficie de condensación 7 para ser puertos en contacto eléctrico en caso de presencia de agua sobre la superficie de condensación 7. Preferentemente, el canal 8 consta de una abertura dispuesta entre los terminales 15a, 15b del sensor de presencia 15. Midiendo la conductividad eléctrica a nivel de los terminales 15a, 15b, es posible detectar la presencia o no de agua líquida. Si el agua está ausente, el circuito formado por los dos terminales 15a, 15b está en circuito abierto y la resistencia es infinita. Si el agua 16 está presente (como en la figura 4), se detecta la conducción eléctrica entre los dos terminales 15a, 15b. Por lo tanto, en función de las señales del sensor 15 de presencia, el elemento de control puede decidir abrir o no la válvula 14. De este modo, desencadenando una evacuación en un momento en el que existe la seguridad de tener agua sobre la superficie de condensación 7, se limita la pérdida de hidrógeno. Además, gracias al sensor 15 de presencia, la evacuación puede detenerse en cuanto el circuito formado por los dos terminales 15a, 15b vuelva a circuito abierto. El sensor 15 de presencia puede estar adaptado a todas las realizaciones y variantes descritas.

En la figura 5, aplicada de manera general a todas las realizaciones y sus variantes, descritas anteriormente, el canal 8 de evacuación está conectado a un elemento 17 de almacenamiento y de evaporación de agua líquida dispuesto en el exterior de la cámara anódica 2 y equipado con el canal 8 de evacuación y, preferentemente, con la válvula 14, para absorber el agua extraída del interior de la cámara anódica 2. En el ejemplo de la figura 5, el canal 8 de evacuación desemboca en el elemento 17 de almacenamiento y de evaporación que está fijado contra la superficie exterior de la pared 4 de la cámara anódica 2, preferentemente contra la región de condensación 6. Dicho de otro modo, el elemento de almacenamiento y de evaporación está en contacto con el inserto en la primera realización, y en contacto con la pared sobre la superficie exterior a nivel del adelgazamiento local, o de la protuberancia, según la segunda realización y su variante.

Cuando el elemento 17 de almacenamiento y de evaporación está al menos en parte embebido por el agua evacuada a través del canal 8 de evacuación, por ejemplo gracias a la válvula 14, esta agua en contacto con el aire exterior a la cámara anódica 2 se evapora, conllevando una refrigeración del elemento 17 de almacenamiento y de evaporación. De este modo, el elemento 17 de almacenamiento y de evaporación, en contacto con la región de condensación 6 y, más particularmente, sobre la superficie exterior de la pared 4, transmite por transferencia térmica su temperatura a la superficie de condensación 7 en el interior de la cámara anódica 2. De este modo, el contacto entre la región de condensación 6 y el elemento 17 es tal que la transferencia térmica entre el elemento 17 y la región 6 está favorecido. El elemento 17 de almacenamiento y de evaporación es, preferentemente, suficientemente poroso para permitir una evaporación de forma continua del agua. Un tamaño de poros comprendido entre 1  $\mu\text{m}$  y 1 mm es preferible para realizar bien la función de evaporación. El volumen total de poros es, preferentemente, suficiente para absorber toda la cantidad de agua evacuada durante una evacuación, estará, por lo tanto, en función de la potencia de la pila de combustible y de la reacción por retrodifusión. El elemento 17 de almacenamiento y de evaporación puede tener una forma cualquiera, por ejemplo una espuma paralelepípedica que favorece la evaporación del agua. Este elemento 17 de almacenamiento y de evaporación puede estar formado en cerámica, en polímero o preferentemente en metal para constituir un muy buen conductor térmico.

De manera experimental, se realizó un elemento 17 de almacenamiento y de evaporación en forma de una espuma de níquel que comprendía poros de 400 micrómetros para un grosor de espuma de 1,6 mm sobre una superficie de 1  $\text{cm}^2$ . Agua correspondiente al agua generada por el funcionamiento de una pila de combustible de 5 W fue encaminada a la espuma de níquel. La bajada de temperatura a nivel de la espuma de níquel fue de tres grados Celsius para una temperatura ambiente de 22°C a nivel de la espuma. Esta diferencia de temperatura es suficiente para crear un punto frío en la superficie de condensación 7, incluso si la temperatura en la cámara anódica 2 es la misma que la temperatura exterior a la cámara anódica 2. Es por esto que es preferible disponer el elemento 17 de

almacenamiento y de evaporación contra la región de condensación 6 en el exterior de la cámara anódica 2, de modo que la temperatura del elemento 17 de almacenamiento y de evaporación se difunda en dirección a la superficie de condensación 7 para disminuir su temperatura.

5 De este modo, en el caso en el que la temperatura en la cámara anódica 2 es igual a la temperatura en el exterior de la cámara anódica 2, durante la puesta en marcha de la pila de combustible, esta última tendrá una fase de inicialización en la que gotas de agua se formarán de manera aleatoria sobre la superficie interna de la cámara anódica 2 y, cuando se forme una gota a nivel de la superficie de condensación 7, esta gota será evacuada en el elemento 17 de almacenamiento y de evaporación. Desde la evacuación de la primera gota, el agua en el elemento  
10 17 de almacenamiento y de evaporación conllevará, mediante la evaporación del agua condensada extraída, una disminución de la temperatura de este elemento 17 de almacenamiento y de evaporación como se ha demostrado anteriormente. La temperatura del elemento 17 de almacenamiento y de evaporación mediante su contacto con la región de condensación 6 rebajará la temperatura de la superficie de condensación 7 en la cámara anódica 2. Por lo tanto, el agua solamente se condensará a nivel de la región de condensación 6 sobre la superficie de condensación  
15 7, y la pila de combustible estará en un estado llamado régimen permanente de funcionamiento.

Por supuesto, para evitar la fase de inicialización, es posible preimpregnar el elemento 17 de almacenamiento y de evaporación antes de la puesta en marcha de la pila de combustible, o colocar la pila de combustible en un entorno tal que la temperatura  $T_{int}$  en el interior de la cámara anódica 2 sea estrictamente superior a la temperatura en el  
20 exterior  $T_{ext}$  de la cámara anódica 2.

De manera general aplicable a todas las realizaciones y sus variantes, un material poroso hidrófilo 18 (figura 1) puede disponerse en la cámara anódica 2 para evitar que gotas formadas sobre su superficie interna diferente de sobre el ánodo 10 se desprendan durante un choque, y caigan sobre el ánodo con el riesgo de llenar sitios  
25 catalíticos y disminuir de este modo el rendimiento de dicha pila de combustible.

En efecto, la pila de combustible descrita presenta la particularidad, gracias a su superficie 7 que favorece la condensación, de ser utilizada en todas las condiciones y posiciones. Este material poroso hidrófilo 18 puede ocupar toda o parte de la superficie interna de la cámara anódica 2 a excepción del ánodo 10 y de la membrana 9, y estar  
30 compuesto por un material polimérico, de celulosa o cualquier otro tipo de material hidrófilo. Ventajosamente, el material poroso hidrófilo 18 estará al menos dispuesto sobre la superficie de condensación 7 para mantener el agua condensada a nivel de dicha superficie de condensación 7 hasta la evacuación de esta agua a través del canal 8.

Durante la evacuación del agua condensada, incluso si la pérdida de hidrógeno está minimizada con respecto a la  
35 técnica anterior, esta pérdida no se evita totalmente al 100%. En efecto, durante una evacuación del agua condensada, el hidrógeno podría salir de la cámara anódica 2, concretamente si el hidrógeno de la cámara anódica 2 está a una presión superior a la presión del aire ambiente en el exterior de la cámara (típicamente la presión en la cámara anódica es estrictamente superior a 1 bar). Ahora bien, por consideraciones ecológicas, es preferible evitar emitir el hidrógeno a la atmósfera. Para responder a las necesidades del respeto al medio ambiente, el elemento 17  
40 de almacenamiento y de evaporación puede constar, como se ilustra en la figura 5, de un material 19, por ejemplo un metal, capaz de realizar una combustión catalítica del hidrógeno.

No obstante, al ser la combustión del hidrógeno una reacción exotérmica, es preferible limitar la conducción térmica entre el material 19 capaz de generar la combustión del hidrógeno y la superficie exterior de la pared de la cámara  
45 anódica 2 a nivel de la región de condensación 6. Para ello, el elemento 17 de almacenamiento y de evaporación puede constar de dos partes, una primera parte en contacto con la superficie exterior de la cámara anódica 2 a nivel de la región de condensación 6, y una segunda parte que consta del material 19 capaz de realizar la combustión del hidrógeno. Preferentemente, la segunda parte 19 es distal, o alejada, de dicha superficie exterior de la cámara asociada a la región de condensación 6. La primera parte es preferentemente metálica (de un metal que no favorece  
50 la combustión del hidrógeno), y la segunda parte está preferentemente formada a partir de un polímero recubierto de partículas, por ejemplo de platino, de paladio, de níquel o cualquier otro elemento que permita la combustión del hidrógeno.

En ciertas condiciones de funcionamiento de la pila de combustible, la cantidad de agua retrodifundida en la cámara  
55 anódica 2 puede ser superior a la cantidad que puede gestionar una sola región de condensación 6. Por lo tanto, la pared puede constar, como se ilustra en la figura 6, de varias regiones de condensación 6a, 6b, 6c distintas de la región principal 5, pudiendo cada región constar de una superficie 7a, 7b, 7c asociada de condensación. Las regiones de condensación 6a, 6b, 6c deben respetar la condición según la cual su resistencia térmica de conducción entre el exterior y el interior de la cámara anódica 2 es estrictamente inferior a la resistencia térmica de la región

principal 5 de la pared 4 para delimitar las superficies de condensación 7a, 7b, 7c de agua en el interior de la cámara anódica 2. Cada región de condensación 6a, 6b, 6c puede ser diferente, por ejemplo del tipo de la descrita en las primera y segunda realizaciones.

- 5 Cada región de condensación puede constar de un canal y una válvula asociados (no representada). Sin embargo, para evitar la multiplicación costosa de válvulas, es posible prever (figura 6) una red de regiones de condensación 6a, 6b, 6c acoplada a al menos un canal 8 de evacuación. En la figura 6, el canal 8 de evacuación conecta únicamente la superficie de condensación 7a con el exterior de la cámara anódica 2. Por lo tanto, puede preverse un sistema de drenaje entre las regiones de condensación 6a, 6b, 6c, por ejemplo conectándolas mediante
- 10 microcanales 20a, 20b formados por ejemplo en la pared 4. Dicho de otro modo, la pared 4 consta de regiones de condensación 6a, 6b, 6c conectadas entre sí mediante microcanales 20a, 20b, conectando el canal de evacuación 8 al menos una superficie de condensación 7 de una de las regiones de condensación con el exterior de la cámara anódica 2.
- 15 Las implementaciones con varias regiones de condensación pueden aplicarse a todas las realizaciones y variantes de la pila de combustible descrita anteriormente.

Estas implementaciones también pueden aplicarse a pilas planas y a pilas de apilamiento.

- 20 Un procedimiento de evacuación de agua formada en una cámara anódica de una pila de combustible puede constar de las siguientes etapas:

- rebajar localmente la temperatura de al menos una superficie de condensación de una pared de la cámara anódica 2 en el interior de la cámara anódica 2,

25

- condensar un vapor de agua obtenido por retrodifusión durante el funcionamiento de la pila de combustible sobre la superficie de condensación 7,

- evacuar el agua condensada sobre la superficie de condensación 7 a través del canal 8 de evacuación que conecta

- 30 dicha superficie de condensación 7 con el exterior de la cámara anódica 2.

Además, antes de la etapa de evacuación, puede realizarse una etapa de detección de la presencia de agua condensada sobre la superficie de condensación 7, realizándose la etapa de evacuación solamente si se detecta agua condensada sobre la superficie de condensación 7.

35

Por supuesto, este procedimiento puede funcionar con todas las realizaciones de la pila de combustible, estando la superficie de condensación formada por una parte de la región 6 de condensación.

**REIVINDICACIONES**

1. Pila de combustible que comprende una cámara anódica (2) en la que desemboca una entrada (3) de hidrógeno,  
5 **caracterizada** porque la pila de combustible consta de una pluralidad de células elementales delimitadas por pares de electrodos, que forman respectivamente un ánodo (10) y un cátodo (11), estando cada par separado por una membrana electrolítica (9), estando todos los ánodos dispuestos en la cámara anódica (2),
- 10 porque una pared (4) que separa el interior del exterior de la cámara anódica (2) consta de:  
- una región principal (5) que tiene una primera resistencia térmica de conducción entre el exterior y el interior de la cámara anódica (2),
- 15 - una región de condensación de agua (6) privilegiada que tiene una segunda resistencia térmica de conducción entre el exterior y el interior de la cámara anódica (2) estrictamente inferior a la primera resistencia térmica de conducción para delimitar una superficie de condensación (7) de agua en el interior de la cámara anódica (2),  
porque un canal (8) de evacuación del agua condensada conecta la superficie de condensación (7) con el exterior de  
20 la cámara anódica (2),  
porque consta de un elemento (17) de almacenamiento y de evaporación de agua líquida dispuesto en el exterior de la cámara anódica (2) y equipado con el canal (8) de evacuación para absorber el agua extraída de dicha cámara anódica (2)  
25 y porque el elemento (17) de almacenamiento y de evaporación está en contacto con la región de condensación (6).
2. Pila según la reivindicación 1, **caracterizada porque** al menos dos células elementales constan de una membrana electrolítica (9) común.
- 30 3. Pila según la reivindicación 1, **caracterizada porque** la pila de combustible consta de una pluralidad de membranas electrolíticas (9) individuales que corresponden, cada una, a una célula elemental.
4. Pila según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada porque** la región de condensación (6) está formada por un adelgazamiento local (12) de la pared (4) en la cámara anódica (2).  
35
5. Pila según la reivindicación 4, **caracterizada porque** la región de condensación (6) consta de una protuberancia (13) dispuesta en el exterior de la cámara anódica (2) a nivel del adelgazamiento (12).
6. Pila según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada porque** la región de condensación (6) consta de un inserto que llena un agujero de la pared (4) que hace que el interior de la cámara anódica (2) comunique con el exterior de la cámara anódica (2).  
40
7. Pila según la reivindicación 6, **caracterizada porque** el inserto está hecho de un material cuya conductividad térmica es superior al material utilizado para delimitar la región principal (5).  
45
8. Pila según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** el canal de evacuación (8) está conectado a una válvula (14) que controla la evacuación del agua condensada a través de dicho canal (8) de evacuación.
- 50 9. Pila según la reivindicación 8, **caracterizada porque** la superficie de condensación (7) está equipada con un sensor (15) de presencia de agua, estando el sensor (15) conectado a la válvula (14) para desencadenar una evacuación en caso de presencia de agua (16) sobre dicha superficie de condensación (7).
10. Pila según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizada porque** el elemento de almacenamiento y de evaporación consta de un material (19) capaz de realizar una combustión catalítica del hidrógeno.  
55
11. Pila según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** un material poroso hidrófilo (18) está dispuesto en la cámara anódica (2).



12. Pila según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la pared (4) consta de regiones de condensación (6a, 6b, 6c) conectadas entre sí por microcanales (20a, 20b), conectando el canal de evacuación (8) al menos una superficie de condensación (7) de una de las regiones de condensación con el exterior de la cámara anódica (2).

5

13. Procedimiento de condensación y de evacuación de agua formada en una cámara anódica de una pila de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado porque** consta de las siguientes etapas:

10 - rebajar localmente la temperatura de al menos una superficie de condensación (7) de una pared (4) de la cámara anódica (2) en el interior de la cámara anódica (2),

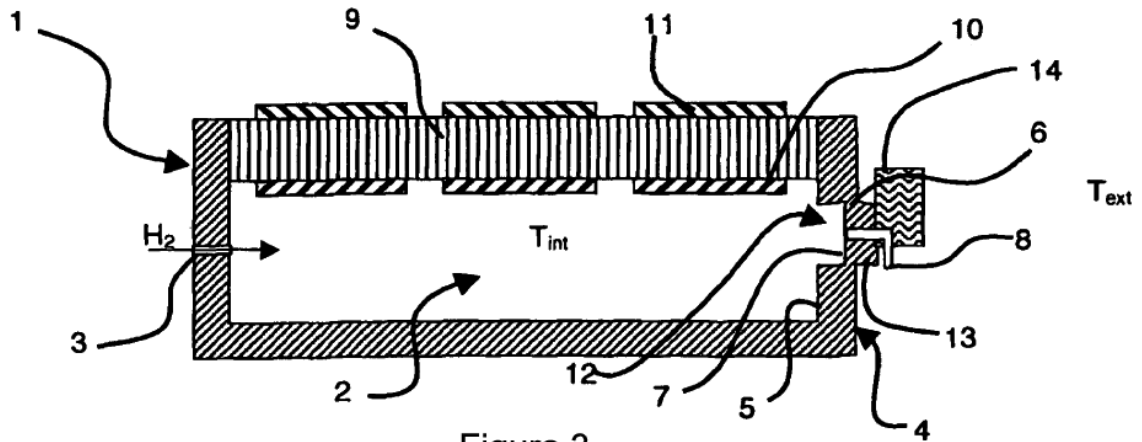
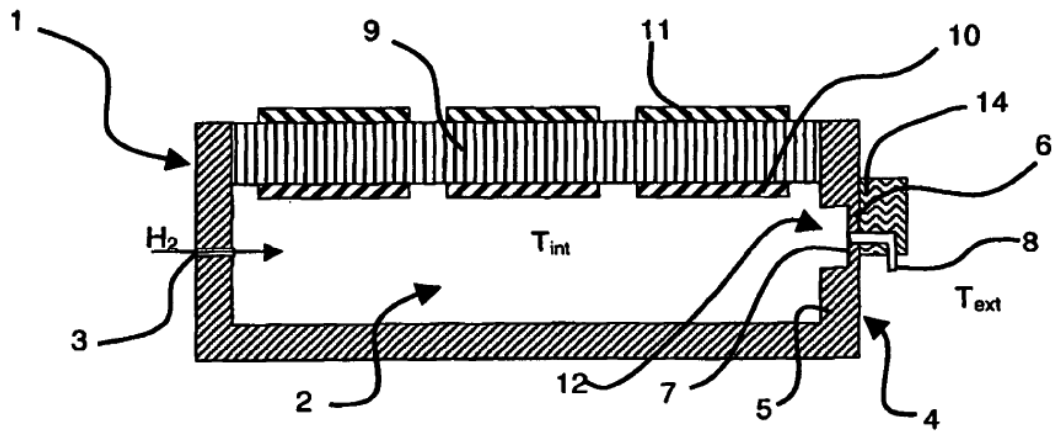
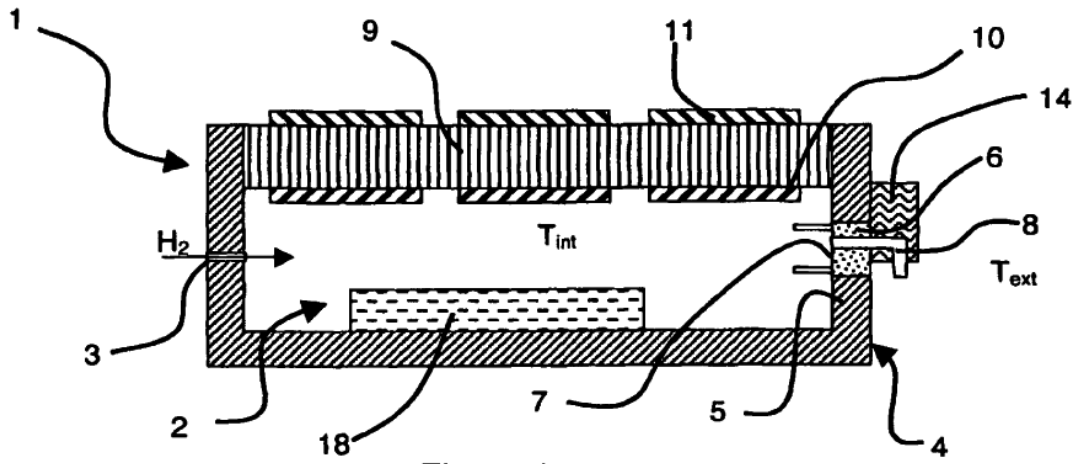
- condensar un vapor de agua obtenido por retrodifusión durante el funcionamiento de la pila de combustible sobre la superficie de condensación (7),

15

- evacuar el agua condensada sobre la superficie de condensación (7) a través de un canal (8) de evacuación que conecta dicha superficie de condensación (7) con el exterior de la cámara anódica (2).

14. Procedimiento según la reivindicación 13, **caracterizado porque** antes de la etapa de evacuación, se realiza una etapa de detección de la presencia de agua condensada sobre la superficie de condensación (7), realizándose la etapa de evacuación solamente si se detecta agua (16) condensada sobre la superficie de condensación (7).

20



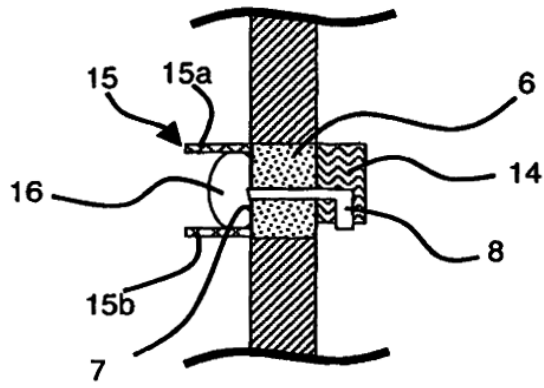


Figura 4

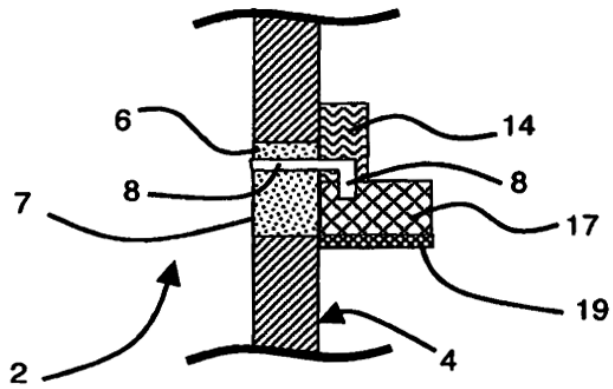


Figura 5

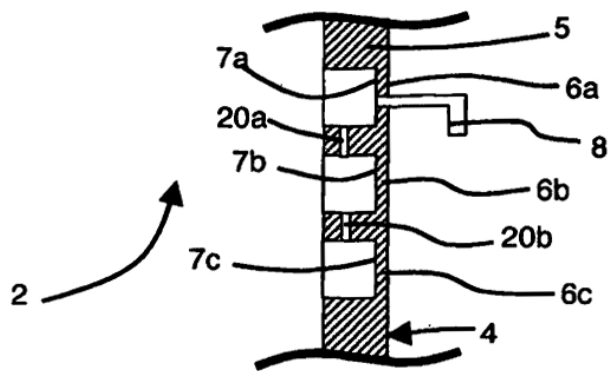


Figura 6