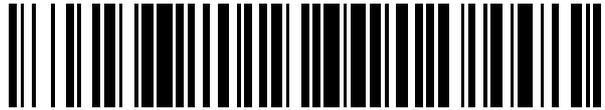


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 551 891**

51 Int. Cl.:

H01M 8/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.07.2012 E 12733698 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.09.2015 EP 2729981**

54 Título: **Procedimiento de preparación de una junta de estanqueidad entre componentes de una pila de combustible y procedimiento de fabricación de una pila de combustible correspondiente**

30 Prioridad:

08.07.2011 FR 1156254

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

24.11.2015

73 Titular/es:

**AREVA STOCKAGE D'ENERGIE (100.0%)
Avenue Louis Philibert, Bât. Jules Verne,
Domaine du Petit Arbois
13547 Aix-en-Provence, FR**

72 Inventor/es:

QUINTIERI, CHRISTIAN

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 551 891 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 de preparación de una junta de estanqueidad entre componentes de una pila de combustible y procedimiento de fabricación de una pila de combustible correspondiente

5

[0001] La presente invención se refiere al campo de las pilas de combustible y, más específicamente, la preparación de juntas de estanqueidad entre componentes de una pila de combustible.

[0002] Una pila de combustible con membrana intercambiadora de iones comprende un apilamiento de células electroquímicas elementales. Cada célula electroquímica comprende un conjunto de membrana-electrodo ("CME") intercalado entre dos placas separadoras.

10

[0003] El conjunto de membrana-electrodo está estratificado y comprende una membrana intercambiadora de iones intercalada entre dos electrodos. Cada electrodo comprende una capa activa adyacente a la membrana y una capa de difusión de gas. Un electrodo forma el ánodo y el otro forma el cátodo.

15

[0004] Cada placa separadora comprende ranuras realizadas en su cara en contacto con el conjunto de membrana-electrodo para definir entre la placa separadora y el conjunto de membrana-electrodo conductos de circulación de un gas reactivo en contacto con el conjunto de membrana-electrodo. Hay juntas dispuestas entre las placas separadoras y el conjunto de membrana-electrodo para garantizar la estanqueidad de los conductos de circulación de los gases reactivos.

20

[0005] Opcionalmente, cada placa separadora está formada por el apilamiento de dos placas elementales que definen entre sí conductos de circulación de un fluido de refrigeración. En este caso, hay juntas dispuestas entre las dos placas elementales para garantizar la estanqueidad de los conductos de circulación del fluido de refrigeración.

25

[0006] Es necesario obtener una estanqueidad satisfactoria entre las placas conductoras y un conjunto de membrana-electrodo dispuesto entre éstas y, llegado el caso, entre placas elementales de una placa separadora, para el correcto funcionamiento de la pila de combustible.

30

[0007] La patente US2005014056 describe un procedimiento de preparación de una junta de estanqueidad dispuesta entre una placa separadora y un conjunto de membrana-electrodo. La patente WO2010114139 describe también un procedimiento de preparación de una junta de estanqueidad en una pila de combustible.

35

[0008] Un objetivo de la invención es, por lo tanto, proponer un procedimiento de preparación de juntas de estanqueidad entre componentes de una pila de combustible que permite la obtención de una estanqueidad satisfactoria de manera sencilla y con un coste de fabricación limitado.

[0009] A tal efecto, la invención propone un procedimiento de preparación de una junta de estanqueidad entre componentes apilados de una pila de combustible, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

40

- depositar al menos una junta de estanqueidad polimerizable no polimerizada sobre una superficie portante de estanqueidad de al menos uno de los componentes,

45

- polimerizar parcialmente la o cada junta de estanqueidad en superficie para formar una fina película superficial polimerizada sobre la junta de estanqueidad;

- conformar la o cada junta de estanqueidad mediante aplicación de un molde de calibración sobre la o cada junta de estanqueidad y retirada del molde de calibración; y

50

- polimerizar completamente la o cada junta de estanqueidad.

[0010] Según otras realizaciones, el procedimiento comprende una o más de las siguientes características, tomadas de forma aislada o según todas las combinaciones técnicamente posibles:

55

- comprende, entre la etapa de conformación y la etapa de polimerización completa, una etapa de apilar los componentes;

- los componentes comprenden conjuntos de membrana-electrodo y placas separadoras apilados de forma alterna;
- al menos una junta de estanqueidad está dispuesta entre una placa separadora y un conjunto de membrana-electrodo;

5

- la o cada junta de estanqueidad se deposita y se conforma sobre una placa separadora o sobre un conjunto de membrana-electrodo;

- los componentes comprenden placas separadoras formadas, cada una, por placas elementales apiladas;

10

- al menos una junta de estanqueidad está dispuesta entre dos placas elementales de una placa separadora;

[0011] La invención también se refiere a un procedimiento de fabricación de una pila de combustible mediante apilamiento de componentes que incluyen placas separadoras y conjuntos de membrana-electrodo, que comprende las etapas de:

15

- depositar juntas de estanqueidad polimerizables no polimerizadas sobre superficies portantes de estanqueidad de un componente;

- 20 - polimerizar parcialmente las juntas de estanqueidad en superficie para formar una fina película superficial polimerizada sobre las juntas de estanqueidad;

- conformar las juntas de estanqueidad mediante aplicación de un molde de calibración sobre las juntas de estanqueidad y retirada del molde de calibración; y

25

- polimerizar completamente las juntas de estanqueidad.

[0012] En una realización, el procedimiento comprende, entre la etapa de conformación y la etapa de polimerización completa, una etapa de apilar los componentes.

30

[0013] En una realización, el procedimiento comprende una etapa de compresión del apilamiento de componentes antes o después de la etapa de polimerización completa.

[0014] La invención y sus ventajas se entenderán mejor con la lectura de la descripción a continuación, dada únicamente a modo de ejemplo, y realizada en referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

35

- la figura 1 es una vista esquemática en corte de una pila de combustible;

- las figuras 2 a 7 ilustran etapas sucesivas de un procedimiento de preparación de juntas de estanqueidad entre componentes de la pila de combustible según la invención.

40

[0015] En referencia a la figura 1, la pila de combustible 2 comprende un apilamiento de placas separadoras 4 y de conjuntos de membrana-electrodo 6 de forma alterna. Dicho apilamiento se designa habitualmente mediante el término inglés "stack".

45

[0016] Cada conjunto de membrana-electrodo 6 está intercalado entre dos placas separadoras 4. Cada conjunto formado por dos placas separadoras 4 dispuestas a uno y otro lado de un conjunto de membrana-electrodo 6 define una célula electroquímica elemental 8 de la pila de combustible 2.

[0017] Cada conjunto de membrana-electrodo 6 está en forma de placa y estratificado. Cada conjunto de membrana-electrodo 6 comprende una membrana intercambiadora de iones 10 y dos electrodos 12 dispuestos a uno y otro lado de la membrana 10.

50

[0018] La membrana 10 es, concretamente, una membrana intercambiadora de protones, y la pila de combustible del tipo PEM ("Proton Exchange Membrane").

55

[0019] Cada electrodo 12 es conductor de la electricidad. Cada electrodo 12 comprende una capa activa 14 y una capa de difusión de gas 16. Uno de los electrodos 12 define un ánodo y el otro un cátodo.

[0020] Las placas separadoras 4 garantizan la función de conducción eléctrica. Las placas separadoras 4 son conductoras de la electricidad y están en contacto eléctrico con los electrodos 12.

[0021] Las placas separadoras 4 garantizan la función de distribución de gases reactivos a uno y otro lado del conjunto de membrana-electrodo 6 y de evacuación de los productos resultantes.

[0022] Las placas separadoras 4 ilustradas en la figura 1 son "bipolares": cada placa separadora 4 está dispuesta entre dos conjuntos de membrana-electrodo 6 y en contacto por cada una de sus caras opuestas 18 con un conjunto de membrana-electrodo y comprende ranuras en cada una de sus dos caras opuestas. Una placa separadora se denomina "unipolar" cuando posee una sola cara en contacto con un conjunto de membrana-electrodo. Dichas placas separadoras (no visibles) se encuentran en los extremos del apilamiento de la pila de combustible 2.

[0023] Cada placa separadora 4 está en contacto por una de sus caras 18 con el electrodo 12 que forma el ánodo de un conjunto de membrana-electrodo 6 y en contacto por la otra de sus caras 18 con el electrodo 12 que forma el cátodo del otro conjunto de membrana-electrodo 6.

[0024] Cada placa separadora 4 comprende un conjunto de ranuras 20 realizadas en cada una de sus caras 18 para definir con cada conjunto de membrana-electrodo 6 adyacente conductos de alimentación para la circulación de gases reactivos en contacto con el conjunto de membrana-electrodo 6.

[0025] Las ranuras 20 de las caras 18 de cada placa separadora 4 son alimentadas por separado con gases reactivos diferentes. Las ranuras 20 de la cara 18 en contacto con un electrodo 12 que forma el ánodo son alimentadas con combustible, por ejemplo hidrógeno, y las ranuras 20 de la otra cara 18 en contacto con un electrodo 12 que forma el cátodo son alimentadas con comburente, por ejemplo oxígeno o aire.

[0026] Las ranuras 20 de las caras 18 de las placas separadoras 4 en contacto con los electrodos 12 que forman el ánodo definen un compartimento anódico y están conectadas fluidicamente entre sí. Las ranuras 20 de las caras 18 de las placas separadoras 4 en contacto con los electrodos 12 que forman el cátodo definen un compartimento catódico y están conectadas fluidicamente entre sí.

[0027] Cada placa separadora 4 comprende en su periferia un orificio de alimentación 22 de las ranuras 20 de cada cara 18 en el que las ranuras 20 se alimentan con gas reactivo. Cada orificio de alimentación 22 está en comunicación fluidica con las ranuras 20 de una cara respectiva 18. Cada placa separadora 4 comprende, por lo tanto, un orificio de alimentación con combustible y un orificio de alimentación con comburente. Un solo orificio de alimentación es visible en la figura 1.

[0028] Los orificios de alimentación 22 atraviesan las placas separadoras 4. Los orificios de alimentación 22 que corresponden a las placas separadoras 4 están alineados para definir colectores de distribución 24 de los gases reactivos que se extienden a través del apilamiento de la pila de combustible. Los orificios de alimentación 22 de las ranuras 20 del compartimento anódico están alineados entre sí para formar un colector de distribución anódico 24 y los orificios de alimentación 22 del compartimento catódico están alineados para formar un colector de distribución catódico 24.

[0029] De manera análoga, cada placa separadora 4 comprende en su periferia un orificio de evacuación 26 en el que desembocan las ranuras 18 de cada cara 20 para la evacuación de los productos. Cada orificio de evacuación 26 está en comunicación fluidica con las ranuras 20 de una cara respectiva 18. Un solo orificio de evacuación es visible en la figura 1.

[0030] Los orificios de evacuación 26 atraviesan las placas separadoras 4. Los orificios de evacuación 26 que corresponden a las placas separadoras 4 están alineados para definir colectores de evacuación 28 de los productos que se extienden a través del apilamiento de la pila de combustible. Los orificios de evacuación 26 alimentados por las ranuras 20 del compartimento anódico están alineados entre sí y definen un colector de evacuación anódico 28, y los orificios de evacuación 26 alimentados por las ranuras 20 del compartimento catódico están alineados entre sí y definen un colector de evacuación catódico 28.

[0031] Las placas separadoras 4 garantizan la función de refrigeración de la pila de combustible 2.

[0032] Las placas separadoras 4 son "biplacas": cada placa separadora 4 está formada por el apilamiento de

dos placas elementales 30. Las placas elementales 30 definen entre sí conductos de refrigeración 32 internos a la placa separadora 4 para la circulación de un fluido de refrigeración.

[0033] Los conductos de refrigeración 32 son alimentados, de manera análoga a los canales de circulación, por medio de orificios de admisión y orificios de evacuación de fluido de refrigeración que atraviesan las placas separadoras 22 en su periferia y alineados entre sí.

[0034] La pila de combustible 2 comprende juntas dispuestas entre los diferentes componentes (conjuntos de membrana-electrodo, placas separadoras y placas elementales) para conseguir la estanqueidad de los diferentes circuitos fluidicos frente al exterior y entre sí. Las juntas de estanqueidad se extienden concretamente en la periferia de las placas separadoras y alrededor de los orificios de alimentación y de evacuación.

[0035] La pila de combustible 2 comprende juntas de estanqueidad 34 dispuestas entre cada placa separadora 4 y cada conjunto de membrana-electrodo 6 adyacente, y juntas de estanqueidad 34 dispuestas entre las placas elementales 30 de cada placa separadora 4.

[0036] Tal como se ilustra en la figura 1, las juntas de estanqueidad 34 entre las placas separadoras 4 y los conjuntos de membrana-electrodo 6 adyacentes se apoyan sobre regiones descubiertas de las membranas 10. Las placas separadoras 4 están apoyadas sobre las membranas por medio de las juntas 34 y apoyadas directamente sobre los electrodos 12 con un contacto entre las placas separadoras 6 y los electrodos 12.

[0037] La pila de combustible 2 es mantenida en compresión siguiendo su eje de apilamiento A. El mantenimiento en compresión permite garantizar la compresión de las juntas de estanqueidad 34 para garantizar la estanqueidad entre las placas separadoras 4 y los conjuntos de membrana-electrodo 6, y mantener a los conjuntos de membrana-electrodo 6 en compresión entre las placas separadoras 4, en particular capas de difusión de gas 12, para garantizar un funcionamiento satisfactorio de la pila de combustible 2.

[0038] En funcionamiento, las ranuras del compartimento anódico 20 son alimentadas con combustible, por ejemplo hidrógeno, y las ranuras del compartimento catódico 20 son alimentadas con comburente, por ejemplo oxígeno o aire. En cada célula electroquímica 8, el hidrógeno experimenta en contacto con el ánodo 12 una oxidación catalítica que libera protones y electrones. Los electrones circulan en un circuito eléctrico externo. Los protones atraviesan el conjunto de membrana-electrodo 6 y se recombinan con el oxígeno y los electrones produciendo agua. Una diferencia de potencial eléctrico aparece entre las placas separadoras 4 en contacto eléctrico con el ánodo 12 y el cátodo 14. El apilamiento de células electroquímicas 8 permite adaptar los valores de tensión y de corriente deseada.

[0039] Para el correcto funcionamiento de la pila de combustible, es necesario que las juntas 34 presenten una geometría controlada para mantener la presión de los fluidos que circulan en los conductos y canales de circulación definidos entre los componentes de la pila de combustible (conjuntos de membrana-electrodo, placas separadoras y placas elementales) y un control de la presión de apoyo de las placas separadoras 4 contra los electrodos 12. Un defecto de geometría de una junta 34 puede causar una presión demasiado grande o demasiado pequeña o una mala distribución de la presión.

[0040] En referencia a las figuras 2 a 7, el procedimiento de preparación de juntas de estanqueidad entre componentes apilados de una pila de combustible comprende las etapas sucesivas de:

- depositar una junta de estanqueidad 34 polimerizable no polimerizada sobre una superficie portante de estanqueidad 36 de un primer componente 38 (figura 2);
- polimerizar parcialmente la junta de estanqueidad 34 en superficie para formar una fina película superficial 34A polimerizada sobre la junta de estanqueidad 34 (figura 3);
- conformar la junta de estanqueidad 34 mediante aplicación de un molde de calibración 40 sobre la junta de estanqueidad y retirada del molde de calibración 40 (figuras 4 y 5), y
- polimerizar completamente la junta de estanqueidad 34 (figuras 6 y 7).

[0041] En la etapa de depósito de la junta de estanqueidad 34, la junta de estanqueidad 34 se deposita sobre la superficie portante de estanqueidad 36 del componente 38, en forma de un cordón alargado por medio de una

boquilla 39. Este depósito se realiza de forma manual o de manera automatizada mediante un robot aplicador.

5 **[0042]** En la etapa de polimerización, el primer componente 38 provisto de la junta de estanqueidad 34 es sometido a condiciones de temperatura T y de higrometría H que favorecen la polimerización de la junta de estanqueidad 34. Esta etapa se mantiene durante un periodo que permite la formación de una fina película superficial polimerizada sin alcanzar la polimerización completa de la junta de estanqueidad 34. La junta de estanqueidad 34 parcialmente polimerizada conserva un núcleo 34B no polimerizado.

10 **[0043]** La etapa de conformación se efectúa aplicado el molde 40 sobre el componente 38 para conformar la junta 34 (figura 4) y a continuación retirando el molde 40 (figura 5). El molde 40 se apoya contra el componente 38, de modo que la geometría de la junta 34 esté controlada tomando como referencia el primer componente 38.

15 **[0044]** En el ejemplo ilustrado, la junta 34 se conforma mediante compresión. El molde 40 impone una altura E determinada a la junta 34 con respecto a la superficie portante de estanqueidad 36. La cavidad del molde 40 permite a la junta 34 aplastarse y concretamente de expandirse libremente durante la conformación de la junta 34.

20 **[0045]** Preferentemente, en la etapa de depósito de la junta 34, se deposita la junta 34 con al menos una dimensión inicial (en este caso la altura) deliberadamente superior a la dimensión deseada para garantizar que el molde 40 deformará la junta 34 para llevar a la junta a la dimensión deseada.

25 **[0046]** La formación previa de una fina película superficial permite a la junta 34 conservar una capacidad de deformación suficiente para permitir su conformación posterior, al tiempo que se garantiza que la junta 34 conserve la forma que le habrá sido otorgada al final de la etapa de conformación de manera suficientemente precisa. Por supuesto, esto después de la retirada del molde de calibración como se ilustra en línea de puntos en la figura 5. Esta ligera retracción elástica no es desfavorable.

30 **[0047]** Además, la formación previa de una fina película superficial permite aplicar el molde 40 sobre la junta 34 sin que la junta 34 se pegue al molde 40. Si fuera necesario, el molde se recubre de Teflon® o de silicona para evitar la adhesión de la junta 34 sobre el molde 40. De ello resulta que la etapa de conformación puede efectuarse con una intervención humana limitada, incluso automatizada, lo que reduce el coste de fabricación.

35 **[0048]** Tal como se ilustra en las figuras 7 y 8, la etapa de polimerización completa se realiza en condiciones de temperatura y de higrometría que favorecen la polimerización de la junta de estanqueidad, durante un periodo suficiente para la polimerización en el núcleo de la junta 34.

[0049] Tal como se ilustra en las figuras 7 y 8, un segundo componente 42 es apilado sobre el primer componente 38 (figura 7) y a continuación se efectúa la etapa de polimerización completa (figura 8).

40 **[0050]** Como alternativa, la polimerización completa de la junta se efectúa antes del apilamiento de los componentes.

45 **[0051]** Las condiciones de temperatura y de higrometría y los periodos de polimerización parcial y completa dependen de la composición de la junta de estanqueidad 34 y de su geometría, y concretamente de la relación de su superficie externa con su volumen interno.

50 **[0052]** Las condiciones de temperatura y de higrometría de polimerización son interrumpidas entre la etapa de polimerización parcial y la etapa de polimerización completa para detener el proceso de polimerización. Como variante, se mantienen, efectuándose las etapas de conformación y de apilamiento durante la polimerización, en una fase de polimerización parcial.

[0053] Los componentes 38, 42 de la pila de combustible son, por ejemplo, un conjunto de membrana-electrodo y una placa separadora o dos placas elementales de una placa separadora. En el primer caso, la junta 34 se deposita y se conforma sobre el conjunto de membrana-electrodo o sobre la placa separadora.

55 **[0054]** Un procedimiento correspondiente de fabricación de una pila de combustible mediante apilamiento de componentes que incluyen placas separadoras y conjuntos de membrana-electrodo, comprende las etapas de:

- depositar juntas de estanqueidad polimerizables no polimerizadas sobre superficies portantes de estanqueidad de un componente;

- polimerizar parcialmente las juntas de estanqueidad en superficie para formar una fina película superficial polimerizada sobre las juntas de estanqueidad;

5 - conformar las juntas de estanqueidad mediante aplicación de un molde de calibración sobre las juntas de estanqueidad y retirada del molde de calibración;

- apilar los componentes; y

10 - polimerizar completamente las juntas de estanqueidad.

[0055] Esto permite la ejecución de las diferentes etapas de montaje de la pila de combustible sin alcanzar la polimerización completa de las juntas de estanqueidad, lo que permite un ahorro de tiempo y una reducción del coste de fabricación de la pila de combustible.

15

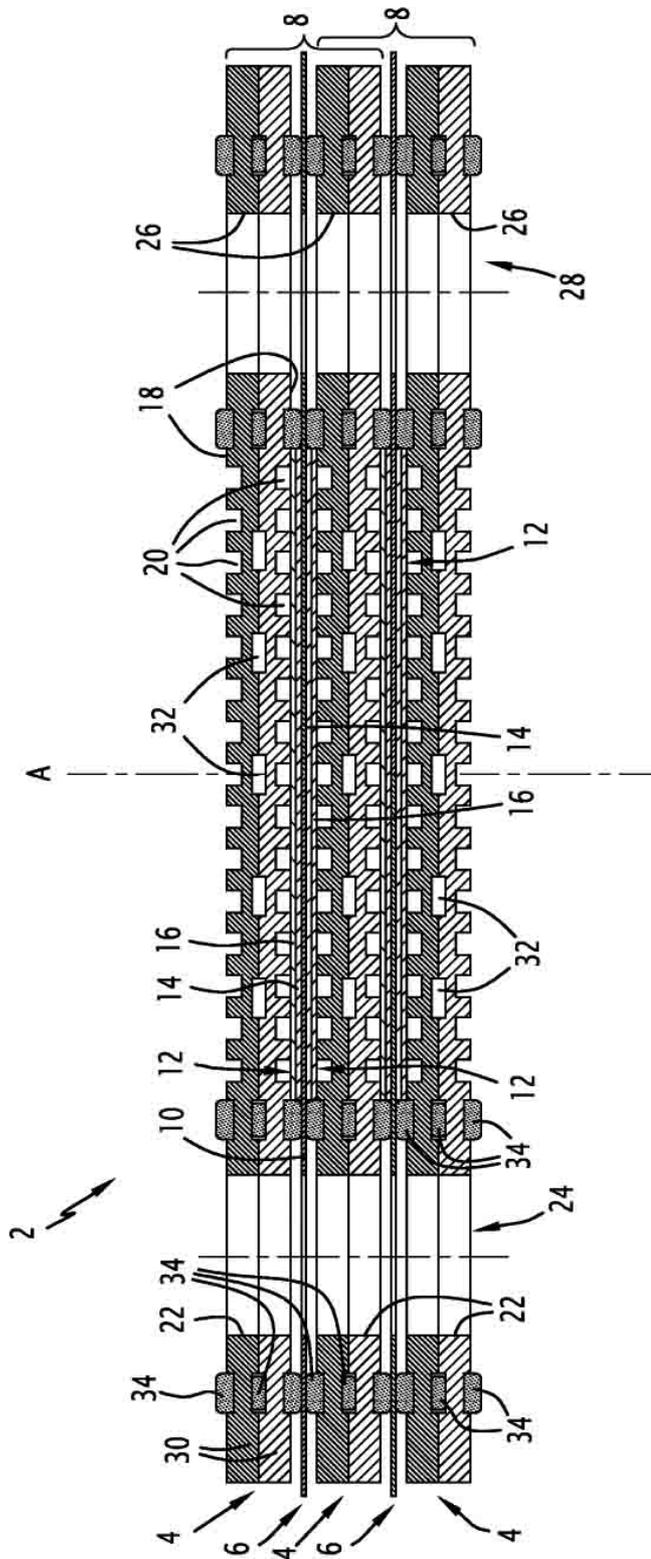
[0056] El procedimiento de fabricación comprende una etapa de compresión del apilamiento, preferentemente antes de la etapa de polimerización completa. Como alternativa, ésta etapa se efectúa después.

[0057] Gracias a la invención, es posible preparar juntas de estanqueidad entre componentes apilados de una pila de combustible que presenta una geometría controlada. Esto garantiza el correcto funcionamiento satisfactorio de la pila de combustible, con un rendimiento satisfactorio. El procedimiento de preparación permite la fabricación de la pila de combustible de manera sencilla y a bajo coste.

[0058] La invención se aplica a la fabricación de pilas de combustible con membrana intercambiadora de protones (PEM) y más generalmente a las pilas de combustible con membrana intercambiadora de iones. La invención se aplica también concretamente a las pilas de combustible de óxido sólido llamadas SOFC ("*Solid Oxide Fuel Cell*").

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de preparación de una junta de estanqueidad (34) entre componentes apilados de una pila de combustible, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- 5
- depositar al menos una junta de estanqueidad (34) polimerizable no polimerizada sobre una superficie portante de estanqueidad (36) de al menos uno (38) de los componentes,
 - polimerizar parcialmente la o cada junta de estanqueidad (34) en superficie para formar una fina película superficial polimerizada sobre la junta de estanqueidad (34);
 - conformar la o cada junta de estanqueidad (34) mediante aplicación de un molde de calibración (40) sobre la o cada junta de estanqueidad (34) y retirada del molde de calibración; y
- 15 - polimerizar completamente la o cada junta de estanqueidad.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende, entre la etapa de conformación y la etapa de polimerización completa, una etapa de apilar los componentes.
- 20 3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que los componentes comprenden conjuntos de membrana-electrodo (6) y placas separadoras (4) apilados de forma alterna.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que al menos una junta de estanqueidad (34) está dispuesta entre una placa separadora (4) y un conjunto de membrana-electrodo (6).
- 25 5. Procedimiento según la reivindicación 3 ó 4, en el que la o cada junta de estanqueidad (34) se deposita y se conforma sobre una placa separadora (4) o sobre un conjunto de membrana-electrodo (6).
6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los componentes
- 30 comprenden placas separadoras formadas, cada una, por placas elementales apiladas.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que al menos una junta de estanqueidad (34) está dispuesta entre dos placas elementales de una placa separadora (4).
- 35 8. Procedimiento de fabricación de una pila de combustible mediante apilamiento de componentes que incluyen placas separadoras (4) y conjuntos de membrana-electrodo (6), que comprende las etapas de:
- depositar juntas de estanqueidad (34) polimerizables no polimerizadas sobre superficies portantes de estanqueidad de un componente;
- 40
- polimerizar parcialmente las juntas de estanqueidad (34) en superficie para formar una fina película superficial polimerizada sobre las juntas de estanqueidad (34);
 - conformar las juntas de estanqueidad (34) mediante aplicación de un molde de calibración sobre las juntas de estanqueidad (34) y retirada del molde de calibración; y
- 45
- polimerizar completamente las juntas de estanqueidad (34).
9. Procedimiento según la reivindicación 8, que comprende, entre la etapa de conformación y la etapa de
- 50 polimerización completa, una etapa de apilar los componentes.
10. Procedimiento según la reivindicación 8, que comprende una etapa de compresión del apilamiento de componentes antes o después de la etapa de polimerización completa.



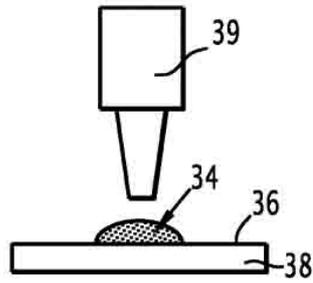


FIG. 2

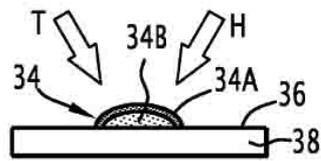


FIG. 3

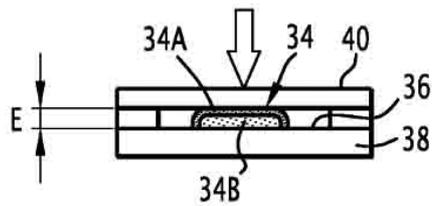


FIG. 4

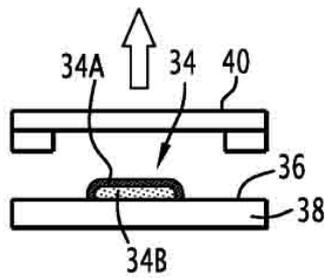


FIG. 5

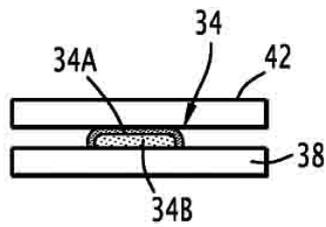


FIG. 6

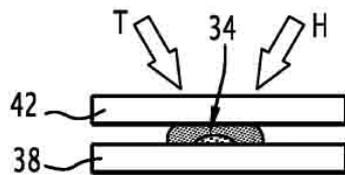


FIG. 7