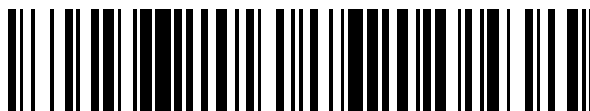


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 674 072**

51 Int. Cl.:

H01M 8/0206 (2006.01)
H01M 8/0232 (2006.01)
H01M 8/0245 (2006.01)
H01M 8/0254 (2006.01)
H01M 8/0267 (2006.01)
H01M 8/0208 (2006.01)
H01M 8/0223 (2006.01)
H01M 8/0263 (2006.01)
H01M 8/1018 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.02.2007** **PCT/EP2007/051133**
87 Fecha y número de publicación internacional: **14.08.2008** **WO08095533**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.02.2007** **E 07726323 (4)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.04.2018** **EP 2130254**

54 Título: **Unidad bipolar para pila de combustible provista de colectores de corriente porosos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.06.2018

73 Titular/es:
NUVERA FUEL CELLS, LLC (100.0%)
129 Concord Road, Building 1
Billerica, MA 01821, US

72 Inventor/es:

CONTI, AMEDEO y
TORO, ANTONINO

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 674 072 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

Unidad bipolar para pila de combustible provista de colectores de corriente porosos

- 5 Las pilas de combustible se conocen desde hace tiempo como un dispositivo de conversión directa de la energía química de la combinación de reactivos gaseosos, más particularmente de un combustible tal como hidrógeno y un oxidante tal como aire, en energía eléctrica. Por lo tanto, las pilas de combustible no son objeto de la conocida limitación del ciclo de Carnot y se caracterizan por una eficacia extremadamente elevada en comparación con la de los dispositivos convencionales para la producción de energía eléctrica en los que está presente una etapa térmica intermedia.

Entre los diversos tipos conocidos, la pila de combustible de membrana de ionómero (PEMFC, de *Proton Exchange Membrane Fuel Cell*, pila de combustible de membrana de intercambio de protones) ha ganado una consideración especial por su capacidad de responder a rápidas demandas de energía y por la simplicidad de los componentes auxiliares requeridos, y es particularmente apreciada para aplicaciones de vehículos eléctricos. La PEMFC consiste en una unidad electroquímica que comprende una membrana de ionómero, de tipo perfluorado, como se conoce en la técnica y se comercializa, por ejemplo, por DuPont, EE. UU., con el nombre comercial Nafion®, o de tipo hidrocarburo basado en monómeros obtenidos a partir de estructuras poliméricas tales como poliestireno, poliéteréter-cetonas, polibenzimidazol, sobre cuyas caras se aplican dos electrodos, el ánodo (cargado negativamente) y el cátodo (cargado positivamente), en forma de películas porosas que contienen catalizadores adecuados. La combinación de la membrana con las películas electródicas porosas se indica habitualmente con el acrónimo CCM (de *Catalyst-Coated Membrane*, membrana revestida con catalizador). Las superficies externas de los electrodos están en contacto a su vez con capas porosas conductoras, conocidas como capas de difusión, adecuadas para establecer una distribución homogénea de los reactivos gaseosos sobre las películas catalíticas. El elemento global que resulta de la CCM asociada a las capas de difusión (conocidas por los expertos en el campo con el acrónimo MEA, de *Membrane-Electrode Assembly*, montaje membrana-electrodo) se inserta entre dos estructuras conductoras planas, dirigidas a asegurar tanto la distribución uniforme de corriente eléctrica como el suministro de los reactivos a las capas de difusión: tales estructuras se conocen en la técnica como colectores y, dependiendo de la técnica de fabricación, pueden consistir en placas provistas con ranuras o salientes adecuados, por ejemplo como se propone en el documento de Patente de Estados Unidos n.º 6.274.262, o por capas caracterizadas por una alta porosidad, como se reivindican el documento de Patente de Estados Unidos n.º 5.482.792. El MEA y los colectores pertinentes, junto con las juntas de estanqueidad adecuadas, se encierran finalmente entre un par de placas bipolares, que consisten en dos láminas de una forma adecuada, insensibles a los reactivos y dotadas con conductividad eléctrica. De acuerdo con algunos tipos de tecnología de placas bipolares, también se pueden integrar con los colectores para formar un objeto individual, como se desvela en el documento de Patente de Estados Unidos n.º 6.274.262 citado anteriormente. El combustible y el oxidante se suministran a través de aberturas adecuadas obtenidas en las placas bipolares y se distribuyen respectivamente en el ánodo y en el cátodo a través de los colectores y las capas de difusión del elemento MEA. El combustible, por ejemplo hidrógeno, se oxida con generación de protones y electrones. Los protones migran a través de la membrana de ionómero y participan en la reacción de reducción del oxígeno del aire con formación de agua. Los electrones requeridos para la reducción vienen del ánodo a través del circuito del aparato de energía eléctrica externo. La migración de protones requiere que la membrana de ionómero se mantenga en condiciones de completa hidratación, lo que se puede conseguir por humidificación de los reactivos gaseosos antes de su admisión o por inyección directa de agua en cada una de las pilas del apilamiento. La eficacia de conversión de la energía química de la reacción en energía eléctrica, aunque sustancialmente mayor que la de los generadores convencionales, está muy por debajo de un 100 %: la fracción de energía química no convertida en energía eléctrica se disipa como energía térmica que se ha de retirar por medio de un dispositivo de refrigeración adecuado para mantener la temperatura interna de la pila por lo general a aproximadamente 60-100 °C. El dispositivo de refrigeración es preferentemente de tipo aire forzado para los sistemas de baja potencia y de tipo circulación de agua desmineralizada o líquido diatérmico (denominados de forma genérica refrigerantes en lo sucesivo en el presente documento) para sistemas de mayor potencia. En el último caso, la refrigeración se lleva a cabo normalmente haciendo que el refrigerante fluya a lo largo de al menos una de las placas bipolares. Dado que la tensión eléctrica de una sola pila bajo carga es modesta, del orden de 0,7-0,8 voltios, las mayores tensiones requeridas normalmente por las instalaciones de equipos se obtienen montando una multiplicidad de PEMFC individuales intercaladas con los dispositivos de refrigeración en bloques (apilamientos en lo sucesivo, como se conoce habitualmente por los expertos en el campo).

La descripción dada, aunque necesariamente resumida, demuestra lo compleja que es una estructura de apilamiento de PEMFC y da a entender lo difícil que es obtener los apilamientos compactos que se requieren en aplicaciones vehiculares en las que es importante alcanzar una alta densidad de energía, no solo en términos de kW/l sino también de kW/kg: dado que el volumen y el peso de la unidad MEA son muy reducidos, su objetivo se ve afectado básicamente por el diseño y los materiales empleados para la producción de las placas bipolares y los colectores. Una complicación adicional habitual de las aplicaciones vehiculares viene dada por las demandas de energía de pico que se corresponden con una generación de intensidad de corriente elevada: con el fin de evitar que tengan lugar daños en la actividad de la película catalítica en estas condiciones, es fundamental que tales corrientes se distribuyan de forma uniforme sobre la superficie de las unidades MEA. A este respecto, la técnica anterior propone estructuras de placa bipolar y colector que no permiten fabricar apilamientos con densidades de energía

satisfactorias, en particular con densidades de energía adecuadas para su uso en vehículos y/o para conseguir la uniformidad deseada en la distribución de corriente.

El documento de Patente de Estados Unidos n.º 6.132.895 desvela placas bipolares metálicas con un espesor habitual de 1-2 mm y provistas con ranuras en ambos lados obtenidas por medio de fotolitografía, o grabado mediante radiación láser o microabrasión. Las placas se acoplan a unidades MEA intercaladas con los gases reactivos fluyendo a través de las ranuras. Para disminuir el volumen global, el apilamiento resultante está exento de dispositivos de refrigeración y el control de la temperatura de operación se obtiene por alimentación de aire en un gran exceso con respecto a los requisitos de la estequiometría de la reacción: el calor generado es absorbido y extraído del apilamiento por el aire que fluye. La solución descrita reduce los volúmenes, pero solo en parte, considerando en cualquier caso el espesor requerido para fabricar las placas bipolares, y en todo caso el coste de un fuerte operativo asociado de forma crítica a la fácil deshidratación de la membrana inducida por elevados caudales de gas: tal riesgo es tan elevado, en particular en regímenes de alto rendimiento, que es una práctica habitual emplear un refrigerante para retirar el calor generado durante la operación. Además, solo los vértices de las ranuras externas se ponen en contacto con las superficies de las capas de difusión de la unidad MEA durante el montaje de un apilamiento. Este tipo de montaje implica algunos problemas extraordinariamente serios. En primer lugar, no se consigue la uniformidad deseada en la distribución de corriente: de hecho, la capa de difusión por sí sola no es capaz de asegurar tal función importante en vista del espesor reducido y la conductividad eléctrica relativamente modesta. En segundo lugar, el contacto localizado en los vértices de las ranuras implica un aumento de los requisitos mecánicos cuando se ajustan los apilamientos, con riesgos considerables de daño de los componentes delicados tales como las membranas de ionómero y las propias capas de difusión. Finalmente, es evidente que los reactivos gaseosos se someten a estancamiento en las zonas de contacto entre las capas de difusión y los vértices de las ranuras: aquí el suministro de gas reciente a las películas catalíticas se ralentiza por la necesaria difusión lateral, que no es despreciable en vista de la menor porosidad generada por la mayor compresión.

El documento de Patente US 2002/0168561 propone el uso de placas bipolares metálicas en las que las ranuras se generan mediante corrugaciones obtenidas mediante procesos de moldeado mecánico más baratos. Aunque este descubrimiento soluciona los problemas de coste que afectan de forma negativa al documento de Patente de Estados Unidos n.º 6.132.895, ciertamente no supera el problema de la irregularidad en la distribución de corriente y de la difusión ralentizada en las zonas de contacto de las unidades MEA con los vértices de las corrugaciones.

El documento de Patente US 2001/0008719 desvela placas metálicas, catódica y anódica respectivamente, provistas a ambos lados con salientes obtenidos mediante un proceso de embutición profunda mecánica continua. Las placas catódica y anódica se fijan respectivamente en pares de un modo tal que pongan en contacto los salientes enfrentados: se define de ese modo un espacio interno atravesado por un refrigerante adecuado durante la operación. El objeto formado de este modo se puede definir, en aras de la simplicidad, como una unidad bipolar, los salientes externos del mismo se ponen en contacto con las capas de difusión de las unidades MEA durante el montaje de un apilamiento. De ese modo, es evidente que el tipo de construcción, aunque permite obtener buenas densidades de energía, no es capaz de conseguir, como ya se ha discutido, la uniformidad de distribución de corriente deseada ni prevenir la difusión ralentizada en las zonas de contacto entre las unidades MEA y los vértices de los salientes.

En el documento de Patente EP 1 504 481 se desvela el uso de placas metálicas catódica y anódica lisas y de colectores separados que consisten en capas porosas altamente conductoras. De forma similar a lo que se ha informado en el caso del documento previo, el acoplamiento de los componentes conduce a la formación de una unidad bipolar que consiste en una sucesión de un primer colector externo (por ejemplo, un colector catódico), una placa, un colector interno (dirigido a definir un espacio interno para la circulación de un refrigerante), una placa, un segundo colector externo (por ejemplo, un colector anódico). Cuando se montan las multiplicidades de unidades bipolares y MEA para producir apilamientos, los colectores tanto externos como internos aseguran un contacto uniforme con las superficies de la placa metálica y la unidad MEA: por lo tanto, se puede decir que los apilamientos que comprenden las unidades bipolares desveladas anteriormente se caracterizan por una distribución de corriente eléctrica mejorada también en situaciones de alto rendimiento, además de la eliminación de procedimientos de conformado mecánico, dado el hecho de que los componentes están disponibles directamente en el mercado. No obstante, este apilamiento no resulta ser completamente satisfactorio desde el punto de vista de las densidades de energía, que rara vez alcanzan los valores requeridos en vista de la cantidad de piezas elementales implicadas. Además, dado que en cada unidad bipolar están presentes, durante la operación, no menos de seis superficies de contacto (respectivamente, MEA-primer colector, primer colector-placa, placa-colector interno, placa-segundo colector, segundo colector-MEA), los rendimientos eficaces se pueden ver afectados negativamente con el tiempo de funcionamiento por la formación de óxidos de baja conductividad, como ocurre con los aceros inoxidables, aleaciones de níquel y el titanio que se usan en la actualidad para la producción de las placas y los colectores.

El documento de Patente de Estados Unidos n.º 6.274.262 citado anteriormente propone una unidad bipolar que comprende una placa de cátodo y una placa de ánodo provistas con ranuras sobre la superficie externa y una placa central con ranuras sobre ambas superficies: el ajuste de los tres elementos permite crear canales internos para el paso de un refrigerante. Se monta una multiplicidad de unidades bipolares de este tipo con los elementos MEA requeridos intercalados entre los mismos para formar un apilamiento en el que fluyen los reactivos gaseosos durante

la operación en los canales definidos por las ranuras presentes sobre las superficies externas de las placas catódica y anódica y por los elementos MEA enfrentados.

El sellado de los canales internos requiere que las superficies tengan unas tolerancias de planitud extremadamente estrictas solo obtenibles mediante procedimientos de precisión caracterizados por unos costes de producción que no son compatibles con las aplicaciones comerciales, especialmente en el campo de la automoción, y por la necesidad de recurrir a espesores sensibles con una consecuencia negativa en los valores de densidad de energía que se pueden conseguir. Además, el diseño de unidad bipolar con ranuras en contacto con las unidades MEA introduce, como se ha visto anteriormente, problemas de distribución de corriente eléctrica y de difusión ralentizada en las zonas de contacto, especialmente serios en condiciones de alto rendimiento. Finalmente, el número de superficies de contacto introduce el riesgo discutido anteriormente del decaimiento del rendimiento asociado al crecimiento de óxido superficial.

El documento de Patente US 2005/0170232 propone una estructura de unidad bipolar equivalente a la del documento previo caracterizada por la aplicación de una película adhesiva a los vértices de la ranuras. De ese modo, no solo se obtiene un objeto monolítico más fácil de manipular en la fase del montaje del apilamiento, sino que también se estabiliza el contacto eléctrico entre las unidades MEA y bipolar dado que el adhesivo evita los desprendimientos entre los vértices de la ranuras y las superficies del elemento MEA enfrentadas y protege el punto de contacto de la acción de agentes agresivos. Este descubrimiento permite mantener rendimientos más estables en el tiempo, pero no se demuestra ventajoso en modo alguno en lo que respecta al problema de la irregularidad de la distribución de corriente eléctrica y de la difusión ralentizada en las zonas de contacto entre la unidad MEA y los vértices de la ranuras.

El documento de Patente US 2003/0049515 desvela una unidad bipolar que consiste en placas catódica y anódica obtenidas a partir de láminas metálicas sobre las que se producen salientes mediante embutición profunda sobre ambas caras, y de una placa metálica central: el montaje de los tres componentes permite crear un espacio interno para el paso de un refrigerante. El uso de las tres placas para formar la unidad bipolar implica complicaciones en la consecución de altas densidades de energía, y además el punto de contacto entre los salientes y los elementos MEA conduce de nuevo a los problemas anteriores de irregularidad de distribución de corriente, difusión ralentizada y posible decaimiento en el tiempo de los rendimientos asociados al número de interfases.

El documento de Patente de Estados Unidos n.º 5.858.567 propone superar las dificultades generadas mediante el contacto mecánico simple entre las diversas superficies con la ayuda de unidad una bipolar que consiste en un montaje de folletos metálicos provistos de forma adecuada con ranuras sobre sus superficies e integrados para formar un objeto monolítico por soldadura al vacío. Para limitar el espesor y el peso de la unidad bipolar que se requiere con el fin de conseguir el objetivo de elevadas densidades de energía, los folletos se obtienen a partir de láminas delgadas sobre las que se obtienen los diversos tipos de ranuras mediante fotolitografía seguida de grabado químico. La unidad bipolar resultante tiene por lo general un espesor de 2,5 mm que permite producir apilamientos con una buena densidad de energía. Dado que, también en este caso, el contacto se realiza entre los vértices de las ranuras externas y las superficies del elemento MEA, también la unidad bipolar del documento de Patente de Estados Unidos n.º 5.858.567 sigue estando afectada por el problema asociado a la distribución de corriente y a la difusión ralentizada en las zonas de contacto.

El documento de Patente WO 2005/031900 A1 describe un separador bipolar para apilamientos de pilas de combustible de membrana de polímero, delimitado por dos láminas provistas con orificios de paso de fluido conectadas por medio de un elemento corrugado y que comprenden una sección de paso para un líquido de termostatación, que permite conseguir la retirada de calor de las pilas adyacentes y la humidificación y distribución de los gases con una pieza integrada individual.

El documento de Patente US 2006/257713 A1 describe una placa de distribución de fluido conductora eléctrica para pilas de combustible, en el que la placa comprende un cuerpo de placa que define un conjunto de canales de flujo fluido configurados para distribuir el flujo de un fluido a través de al menos un lado de la placa, y una capa conductora porosa polimérica próxima al cuerpo de la placa.

El documento de Patente US 5 981 098 A describe una placa de flujo de fluido para un montaje de pilas de combustible, incluyendo dicha placa una primera y una segunda caras exteriores con canales de flujo sobre las mismas. Se forman uno o más bolsillos entre la primera y la segunda caras exteriores para disminuir la densidad de la placa de flujo de fluido. Se puede situar un miembro interpuesto entre las caras exteriores en una interfase entre una sección intermedia, de una de las caras exteriores, y una sección final, de esa cara exterior. El miembro interpuesto puede servir para aislar el fluido de reactivo de la cara exterior opuesta.

En conclusión, la visión de conjunto de la técnica anterior demuestra que las soluciones constructivas propuestas hasta la fecha no son capaces de solucionar simultáneamente los dos problemas de altas densidades de energía y distribución uniforme de corriente eléctrica, particularmente en un régimen de alto rendimiento.

En un primer aspecto, la presente invención tiene el ámbito de proporcionar una unidad bipolar de pila de

combustible que supera las limitaciones de la técnica anterior.

En un segundo aspecto, la presente invención tiene el ámbito de proporcionar una pila de combustible delimitada por un par de unidades bipolares que supera las limitaciones de la técnica anterior.

5 Estos y otros objetivos se aclararán mediante la siguiente descripción y mediante las figuras anexas, que no se han de interpretar como limitantes de la invención.

10 La invención consiste en una unidad bipolar de pila de combustible como se define en la reivindicación 1. La unidad bipolar está delimitada por un par de placas metálicas, provista cada una con una superficie interna y una superficie externa, cuyas superficies internas se mantienen en contacto mutuo por medio de las conexiones pertinentes; las placas de las unidades bipolares también están provistas con corrugaciones y aberturas adecuadas para asegurar la circulación de los reactivos gaseosos, los productos pertinentes y el refrigerante. La unidad bipolar de la invención se caracteriza por que cada una de las dos superficies externas de las placas está en contacto uniforme y eléctrico continuo con un colector de corriente plano, conductor y poroso. De acuerdo con una realización preferente de la invención, las placas se proporcionan con corrugaciones también en la zona periférica, externa al área activa de la pila, donde el sellado hidráulico se consigue mediante el acoplamiento con juntas planas adecuadas.

20 En un aspecto adicional, la invención consiste en una pila de combustible que comprende un par de dichas unidades bipolares con un montaje MEA interpuesto; la pila se caracteriza por un contacto eléctrico uniforme entre las superficies de la capa de difusión del montaje MEA y las superficies de los colectores de corriente porosos en contacto con las superficies externas de la placa.

25 De acuerdo con una realización preferente de la invención, solo una de las placas metálicas que delimitan las unidades bipolares está provista con corrugaciones.

De acuerdo con otra realización preferente de la invención, las corrugaciones de una o ambas placas de la unidad bipolar se obtienen mediante moldeo a presión de las láminas planas; el espesor de las corrugaciones está comprendido preferentemente entre 0,1 y 0,5 mm.

30 En una realización preferente, las conexiones entre las respectivas superficies internas de las placas de la unidad bipolar definen canales para el paso del refrigerante. Tales conexiones son opcionalmente continuas haciendo hidráulicamente impermeables los canales y las periferias de las aberturas a la circulación de los reactivos gaseosos, los productos y el refrigerante; las conexiones continuas se pueden obtener, por ejemplo, mediante soldadura con láser o soldadura fuerte.

En colector poroso en contacto con las superficies externas de las placas que delimitan la unidad bipolar está interpenetrado con las corrugaciones de la placa enfrentada, y opcionalmente fijado mediante soldadura con láser o por medio de un adhesivo opcionalmente conductor.

40 El colector interpenetrado se puede obtener por prensado del colector plano poroso sobre la superficie enfrentada a la placa corrugada, o mediante moldeo a presión de la lámina plana de la placa enfrentada y del colector plano con formación simultánea de las corrugaciones de la placa e interpenetración del colector con las corrugaciones.

45 Los colectores porosos de la unidad bipolar son materiales conocidos en el campo de la construcción de pilas de combustible, y se pueden seleccionar entre el grupo de espumas, telas, mallas y láminas expandidas, polvos sinterizados, tomados como piezas individuales o superpuestos y combinados de forma diversa; el material constituyente de los colectores y las placas se selecciona preferentemente entre el grupo de aceros inoxidables, aleaciones de níquel y titanio.

50 En una realización preferente de la invención, la lámina plana de las placas de unidad bipolar tiene un espesor comprendido entre 0,05 y 0,2 mm, mientras que la espuma del colector poroso tiene un espesor inicial comprendido entre 0,5 y 5 mm y se comprime hasta un espesor final comprendido entre 0,2 y 0,5 mm con poros que tienen un diámetro medio de 0,2 a 0,5 mm.

55 Las placas y los colectores porosos están provistos opcionalmente con una película conductora eléctrica protectora frente a la corrosión seleccionada entre el grupo que comprende los metales del grupo del platino o los óxidos de los mismos añadidos opcionalmente con promotores de la adhesión seleccionados entre el grupo de niobio, titanio, tantalio y circonio; en una realización preferente, la película protectora comprende rutenio u óxido de rutenio.

60 En una realización preferente de la invención, la película protectora tiene un espesor comprendido entre 0,1 y 1 micrómetros y su porosidad no es mayor de un 50 %.

65 El descubrimiento de la presente invención se describirá haciendo referencia a las siguientes figuras, que tienen meramente el fin de servir a modo de ejemplo:

- Figura 1: vista frontal de una realización de la primera placa que delimita la unidad bipolar de la invención, provista con corrugaciones.
- 5 - Figura 2: vista frontal de una realización de la segunda placa que delimita la unidad bipolar de la invención, exenta de corrugaciones.
- Figura 3 vista de la sección lateral a lo largo de la línea X - X de la primera placa provista con corrugaciones de la figura 1.
- 10 - Figura 4a: vista lateral del soporte de la primera placa corrugada de la figura 1 a lo largo de la línea X - X en la segunda placa lisa de la figura 2 a lo largo de la línea Y - Y.
- Figura 4b: vista lateral del montaje formado por el soporte de la figura 4a con indicación de los puntos de fijación obtenidos mediante soldadura con láser o soldadura fuerte.
- 15 - Figura 5: vista frontal desde el lado de la placa lisa del montaje de la figura 4b indicando las líneas de puntos la pista de la soldadura con láser o la soldadura fuerte que asegura el sellado de las aberturas y de los canales internos (no visibles) para el paso de los reactivos gaseosos y refrigerante.
- 20 - Figura 6: vista lateral de la unidad bipolar completa en la que el montaje de la figura 4b se acopla a los colectores de corriente conductores y porosos, con las corrugaciones de la primera placa interpenetradas en el colector enfrentado.
- 25 - Figura 7: vista lateral de una pila de combustible que comprende dos unidades bipolares del tipo que se ilustra en la figura 6 con un elemento MEA interpuesto.

Como se hará evidente mediante la presente descripción, la unidad bipolar de la invención adecuada para usarse junto con elementos MEA para la construcción de pilas de combustible, en particular pilas de combustible de membrana, comprende el montaje que consiste en una primera placa corrugada y una segunda placa lisa u

30 opcionalmente también una placa corrugada, proporcionándose dichas placas con superficies externa e interna y con conexiones entre las superficies internas enfrentadas pertinentes, y un par de colectores porosos, en la que las corrugaciones de la primera placa están interpenetradas en el colector relacionado. Las placas y los colectores se producen con materiales conductores eléctricos inertes a la acción corrosiva de los fluidos del proceso.

35 La primera placa corrugada que delimita la unidad bipolar de la invención se representa en la figura 1, en la que (1) indica la cara interna de la placa que se pone en contacto con una segunda placa apropiada, (2) la abertura para la admisión del refrigerante, (3) los canales para el paso del refrigerante que corresponden a corrugaciones obtenidas mediante moldeo a presión de una lámina plana (5), cuya parte (4) no moldeada forma la pared de los canales, (6) y (7) las aberturas para los dos reactivos gaseosos (oxidante y combustible), (8) y (10) los canales de distribución del

40 primer y del segundo reactivos gaseosos, respectivamente, que también corresponden a corrugaciones obtenidas mediante moldeo a presión de la lámina plana, (9) los orificios adecuados para distribuir el primero de los reactivos gaseosos en el primer colector poroso pertinente en contacto con la cara externa de la placa (no visibles) definiendo la línea (12) de puntos el exterior de la misma, (11) los orificios requeridos para alojar los tirantes de compresión necesarios para montar multiplicidades de pilas individuales.

45 La lámina es habitualmente una lámina de acero inoxidable o aleación de níquel o titanio y tiene un espesor comprendido entre 0,05 y 0,2 mm, mientras que las corrugaciones obtenidas por moldeo tienen una altura que está en el intervalo de 0,1 a 0,5 mm.

50 La figura 2 representa una vista frontal de la segunda placa que delimita la unidad bipolar de la invención en la versión de placa lisa, obtenida a partir de la lámina plana por simple perforación y también caracterizada por una cara interna (no visible) dirigida al contacto de la cara interna de la primera placa y por una cara externa (13), con los orificios (14) adecuados para distribuir el segundo de los reactivos gaseosos en el segundo colector poroso pertinente en contacto con dicha cara externa. Los demás detalles en común con la primera placa se indican con los

55 mismos numerales de referencia.

La estructura de la primera placa se entiende con mayor facilidad con ayuda de la figura 3 que reproduce la vista lateral a lo largo de la línea X - X de la figura 1: las flechas de puntos indican la dirección de las perforaciones en el proceso de moldeo de las corrugaciones etiquetadas con el numeral (4) que también identifican los

60 correspondientes canales. Los detalles en común con la figura 1 se indican con los mismos numerales de referencia.

La figura 4a muestra, en una vista lateral a lo largo de las líneas X - X e Y - Y de las figuras 1 y 2, el soporte, esquematizado mediante las dos flechas de puntos, de las superficies internas de la primera placa corrugada y la segunda placa lisa inmediatamente antes de la operación de fijación y sellado de los canales y las aberturas.

65 La figura 4b representa el montaje (15) obtenido por el soporte de la figura 4a después de la operación de fijado y

sellado de los canales y las aberturas en los puntos (16) indicadas por las flechas de puntos.

La figura 5 representa la vista frontal del montaje (15) en el que las pistas de fijación de las dos placas se indican mediante el numeral de referencia (17). Para un funcionamiento correcto de las pilas de combustible construidas haciendo uso del montaje (15), es esencial que los canales y las aberturas se sellen con el fin de evitar fugas de gas o refrigerante entre los propios canales, entre las aberturas y entre los canales y las aberturas: por lo tanto, es necesario que las pistas (17) sean continuas como se indica en la figura y exentas de defectos tales como microporosidades. Se consiguen resultados adecuados por medio de la técnica de soldadura con láser que permite obtener pistas extremadamente delgadas, ubicadas con una gran precisión mediante equipos automatizados capaces de garantizar una alta reproducibilidad asociada a velocidades de producción considerables. Una alternativa interesante está representada por una adaptación adecuada de las técnicas de soldadura fuerte que se usan en la actualidad para la producción de intercambiadores de placas.

El montaje (15) de la figura 4b constituye la base para la etapa de fabricación final que conduce a la unidad bipolar de la invención. Esta etapa, esquematizada en la figura 6, proporciona que el primer colector poroso (18) se preñe según aparece dibujado mediante las flechas de puntos contra la superficie del montaje (15), en particular contra la superficie corrugada externa, de un modo tal que se interpenetre en las separaciones (19) entre cada par de corrugaciones adyacentes para formar un objeto individual, caracterizado especialmente por la continuidad del contacto eléctrico entre la superficie externa corrugada completa del montaje (15) y el cuerpo del propio colector. De ese modo, el objeto obtenido se acopla finalmente sobre la superficie externa del mismo, representada por la superficie (13) de la placa lisa, con el segundo colector poroso (20) fijado mediante pistas de soldadura, opcionalmente pistas discontinuas, o alternativamente con adhesivo, preferentemente adhesivo de tipo conductor, por ejemplo cemento epoxi cargado con grafito, aplicado mediante puntos o alternativamente extendido en forma de un velo delgado sobre la superficie de contacto completa. También se pueden aplicar métodos similares al primer colector poroso después del prensado con el fin de establecer mejor la fijación. La operación global de compresión del primer colector y la fijación del segundo colector sobre el montaje (15) permite obtener un objeto monolítico final que constituye la unidad bipolar de la invención indicada con el numeral de referencia (21) en la figura 6. Como alternativa opcional, también es posible interpenetrar el colector y las corrugaciones llevando a cabo simultáneamente el moldeado a presión de una lámina plana en contacto con un colector plano: la pieza obtenida de ese modo se fija posteriormente a la segunda placa y el objeto obtenido se fija a su vez al segundo colector para obtener de ese modo la unidad bipolar de la figura 6.

Los colectores adecuados para conformar la unidad bipolar de la invención se deben caracterizar por conductividad eléctrica para una buena transmisión de corriente, suficiente porosidad para permitir un flujo fácil y una distribución homogénea de los reactivos gaseosos, y una deformabilidad adecuada con el fin de conseguir una interpenetración completa con las corrugaciones del montaje (15). Estos requisitos están presentes en espumas, telas, polvos sinterizados y paquetes de múltiples capas de mallas y láminas expandidas, producidos con acero inoxidable de tipo austenítico y ferrítico, aleaciones de níquel-cromo o titanio, también empleados como materiales para las láminas sólidas que se usan en la fabricación de las placas corrugadas y lisas. Tales materiales se caracterizan por una buena inercia frente a la agresividad de los fluidos presentes en el interior de las pilas de combustible y normalmente no dan problemas particulares de deterioro ni una liberación perjudicial de iones metálicos venenosos. En cualquier caso, para aplicaciones particularmente críticas es posible aumentar adicionalmente la inercia química a través de la aplicación de capas conductoras protectoras delgadas basadas en metales del grupo del platino u óxidos de los mismos, tales como, por ejemplo, rutenio u óxido de rutenio, opcionalmente añadidos con promotores de adhesión seleccionados entre el grupo de los óxidos de niobio, titanio, tantalio y circonio. Para limitar los costes, las películas protectoras tienen espesores tan bajos como 0,1 - 1 micrómetros: se ha descubierto que también con estos espesores mínimos, en cualquier caso las películas son capaces de llevar a cabo la tarea de asegurar una baja resistencia de contacto y de limitar en gran medida, si no cancelar, la liberación de iones metálicos, siempre que su porosidad no sea mayor de un 50 %.

Los colectores se caracterizan inicialmente por poros con un diámetro equivalente medio comprendido preferentemente entre 0,2 y 0,5 mm y un espesor de 0,5 - 5 mm, que se reduce indicativamente a 0,2 - 0,5 mm después de la compresión contra la superficie corrugada del montaje (15).

Como se indica en la figura 7, se usa un par de unidades bipolares (21) de la figura 6 junto con un elemento MEA para formar una pila de combustible elemental: el elemento MEA comprende una membrana (23) de ionómero, dos películas (24) que consisten en micropartículas de catalizador y opcionalmente un aglutinante adecuado, dos capas (25) de difusión de gas como se conoce en la técnica. El elemento MEA se completa con un sistema de juntas periféricas integradas (26) dirigidas a sellar las diversas aberturas con el fin de prevenir las fugas de gas y refrigerante al entorno externo y entre las propias aberturas. En la pila elemental que se forma haciendo colindar los componentes que se muestran en la figura 7 los canales formados mediante las corrugaciones, atravesados por el refrigerante, aseguran el control óptimo de la temperatura operativa. Los reactivos gaseosos fluyen a través del primer y el segundo colectores y se distribuyen de forma homogénea en las capas de difusión de gas. Tales condiciones son importantes para obtener también una distribución uniforme de la corriente eléctrica sobre las películas catalíticas, pero no es suficiente: la uniformidad de la distribución de la corriente eléctrica, fundamental para obtener los mejores rendimientos de tensión y para conseguir vidas operativas prolongadas, también requiere

que el contacto eléctrico entre las unidades bipolares y los elementos MEA sea uniforme y continuo. Aunque en la técnica anterior en la que se usan unidades bipolares provistas únicamente con ranuras o corrugaciones, el contacto eléctrico se establece de forma invariable entre los vértices de las ranuras o corrugaciones y los elementos MEA, y por lo tanto es de tipo discontinuo con una repercusión negativa en la distribución de la corriente eléctrica, la unidad bipolar de la presente invención asegura una uniformidad de contacto eléctrico completa y una continuidad entre las dos superficies de la unidad bipolar, los colectores porosos y los elementos MEA.

El análisis de la figura 7 demuestra finalmente la forma en que el uso de los elementos MEA que comprenden membrana, películas catalíticas, capas de difusión de gas y marcos de juntas junto con las unidades bipolares monolíticas de la invención conduce a procedimientos de montaje de apilamientos que comprenden una multiplicidad de pilas de combustible extremadamente simplificados, ciertamente compatibles con los procedimientos de producción en masa de bajo coste. Además, los apilamientos que consisten en elementos MEA y unidades bipolares de acuerdo con la invención terminan siendo muy compactos como consecuencia de los espesores reducidos que caracterizan las pilas elementales individuales, comprendidos por lo general entre 1 y 2 mm. Tales apilamientos compactos son de gran interés para todas las aplicaciones de automoción, en las que los pesos y particularmente los volúmenes son muy críticos.

Como es evidente para el experto en la materia, se pueden introducir otros cambios o modificaciones en la divulgación previa, que no se entenderán como una limitación de la invención que se puede usar de acuerdo con las diferentes realizaciones sin apartarse de los ámbitos de las mismas y cuya extensión se define de forma unívoca por las reivindicaciones anexas.

En la descripción y las reivindicaciones de la presente solicitud, no se pretende que el término "comprender" y las variaciones del mismo tales como "que comprende" y "comprende" excluyan la presencia de otros elementos o aditivos.

REIVINDICACIONES

1. Unidad bipolar (21) para pilas de combustible que comprende: un par de placas metálicas (15) provista cada una de una superficie externa (13) y una superficie interna (1), conexiones entre dichas superficies internas respectivas, aberturas para la transmisión de los reactivos gaseosos y un refrigerante; proporcionándose al menos a una de dichas placas primeras corrugaciones que forman primeros canales comprendidos entre dichas superficies internas dirigidos a asegurar el paso del refrigerante, cada una de dichas superficies externas en contacto eléctrico continuo y uniforme con un colector de corriente conductor y poroso (18) enfrentado, en donde dicho contacto eléctrico continuo y uniforme entre la superficie externa de dicha al menos una placa (5) provista de primeras corrugaciones y dicho colector poroso enfrentado se da mediante la interpenetración entre dichas corrugaciones y dicho colector.
2. La unidad bipolar de la reivindicación 1 en la que dicha al menos una placa provista de primeras corrugaciones también está provista de segundas corrugaciones que forman segundos canales comprendidos entre dichas superficies internas dirigidos a asegurar, con la cooperación de los orificios, la distribución de al menos uno de los reactivos gaseosos.
3. La unidad bipolar de la reivindicación 2 en la que dicha al menos una placa provista de primeras y segundas corrugaciones también está provista de terceras corrugaciones en correspondencia con una zona periférica asignada al sellado hidráulico con una junta externa al área activa de la pila.
4. La unidad bipolar de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dichas corrugaciones tienen alturas comprendidas entre 0,1 y 0,5 milímetros.
5. La unidad bipolar de la reivindicación 1, en la que dichos colectores porosos se seleccionan entre el grupo que consiste en espumas, telas, mallas y láminas expandidas, polvos sinterizados, individuales o superpuestos, en donde dichas espumas tienen preferentemente un espesor inicial comprendido entre 0,5 y 5 milímetros y están comprimidas hasta un espesor final comprendido entre 0,2 y 0,5 milímetros, y en donde dichas espumas tienen preferentemente poros con un diámetro medio de 0,2 a 0,5 milímetros.
6. La unidad bipolar de la reivindicación 1, en la que el material de dichas placas y dichos colectores se selecciona entre el grupo que comprende aceros inoxidables, aleaciones de níquel-cromo y titanio.
7. La unidad bipolar de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que dichas conexiones entre dichas superficies internas de dichas placas son continuas y sellan dichos primeros y, si estuvieran presentes, dichos segundos canales y dichas aberturas, en donde dichas conexiones continuas se obtienen preferentemente mediante soldadura fuerte o con láser.
8. La unidad bipolar de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dichos colectores porosos están fijados a dichas superficies externas de dicho par de placas mediante soldadura con láser o mediante adhesivo con formación de una unidad monolítica, en donde preferentemente dicho adhesivo es conductor.
9. La unidad bipolar de la reivindicación 1, en la que dichas placas y dichos colectores porosos están provistos de una película conductora eléctrica protectora frente a la corrosión que consiste en un material seleccionado entre el grupo de los metales del grupo del platino u óxidos de los mismos añadidos opcionalmente con promotores de adhesión seleccionados entre el grupo de los óxidos de niobio, tantalio, titanio y circonio, en donde dicha película protectora comprende preferentemente rutenio u óxido de rutenio, y en donde dicha película protectora tiene preferentemente un espesor comprendido entre 0,1 y 1 micrómetros, y en donde dicha película protectora tiene preferentemente una porosidad menor o igual al 50 %.
10. Método de fabricación de la unidad bipolar de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende la formación de dichas corrugaciones mediante moldeado a presión de una lámina plana, en donde dicha interpenetración se obtiene mediante moldeado a presión de dicho colector poroso sobre dicha al menos una placa provista de corrugaciones o en donde dicha interpenetración se obtiene mediante moldeado a presión simultáneo de una lámina plana y de dicho colector poroso.
11. El método de la reivindicación 10 en el que dicha lámina plana tiene un espesor comprendido entre 0,05 y 0,2 milímetros.
12. Pila de combustible de membrana de polímero que comprende un par de unidades bipolares de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.
13. Apilamiento de pilas de combustible que comprende una multiplicidad de pilas de combustible de membrana de polímero delimitadas por pares de unidades bipolares de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 intercaladas con elementos MEA.

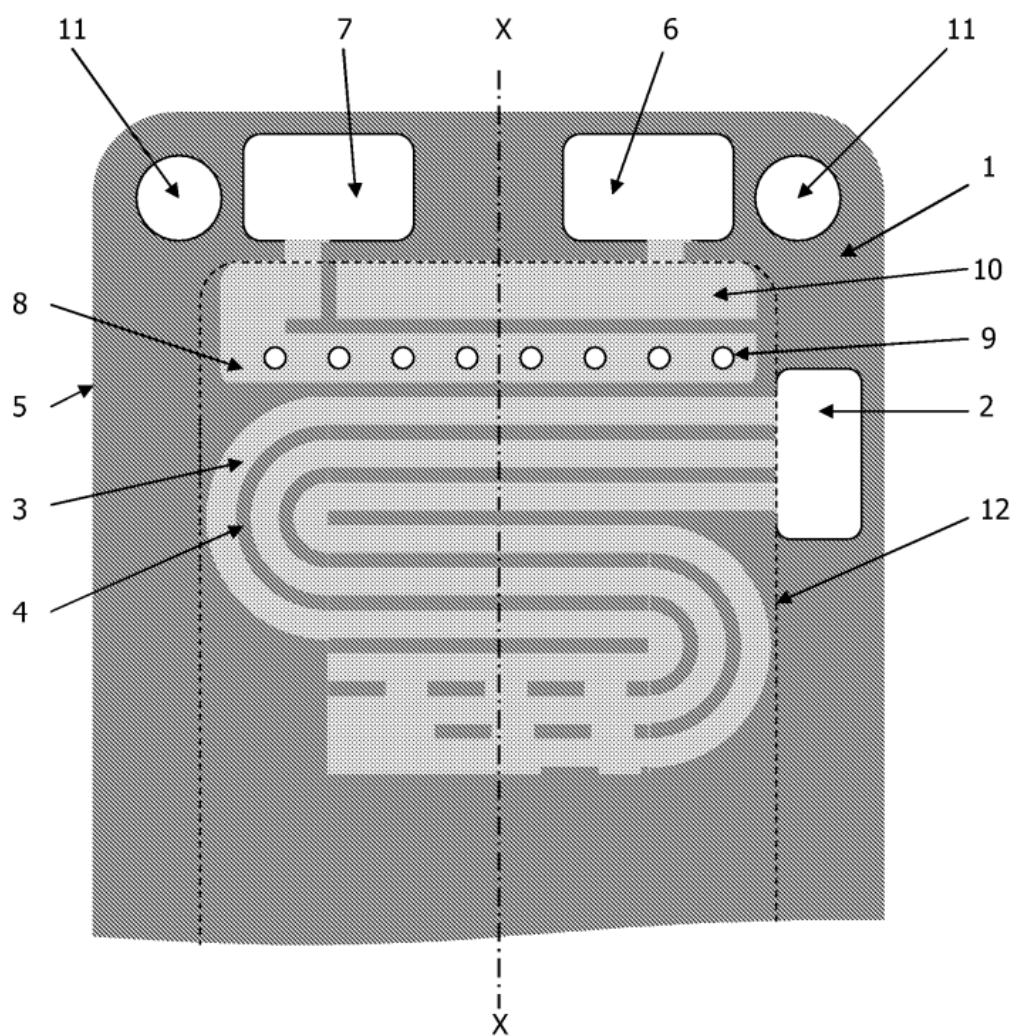


Fig. 1

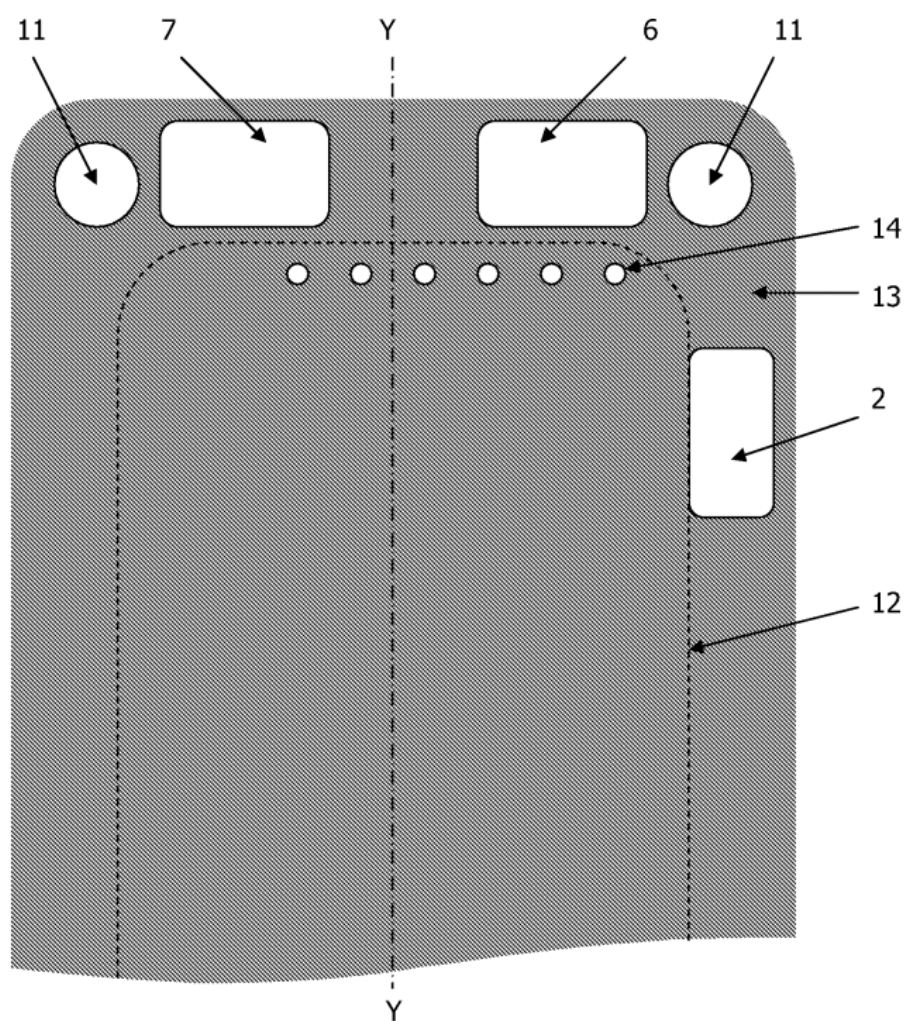


Fig. 2

Fig. 3

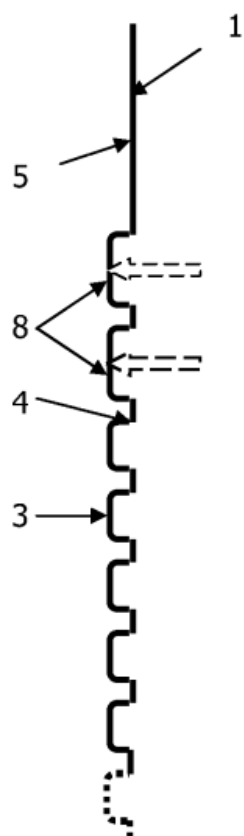


Fig. 4a

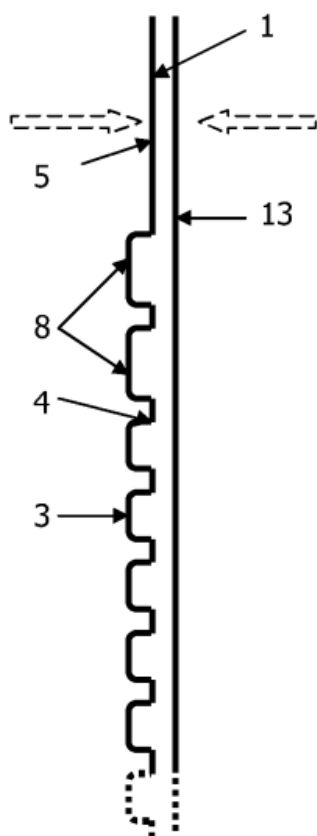
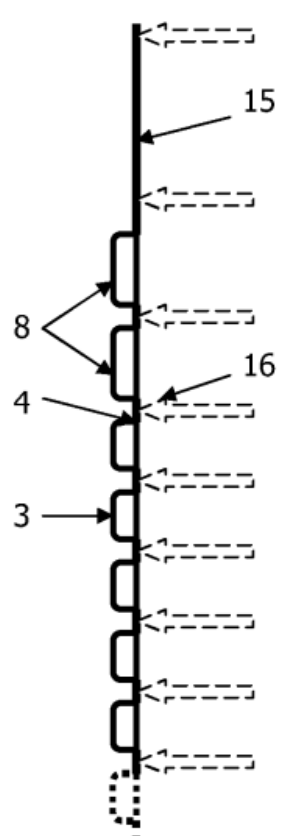


Fig. 4b



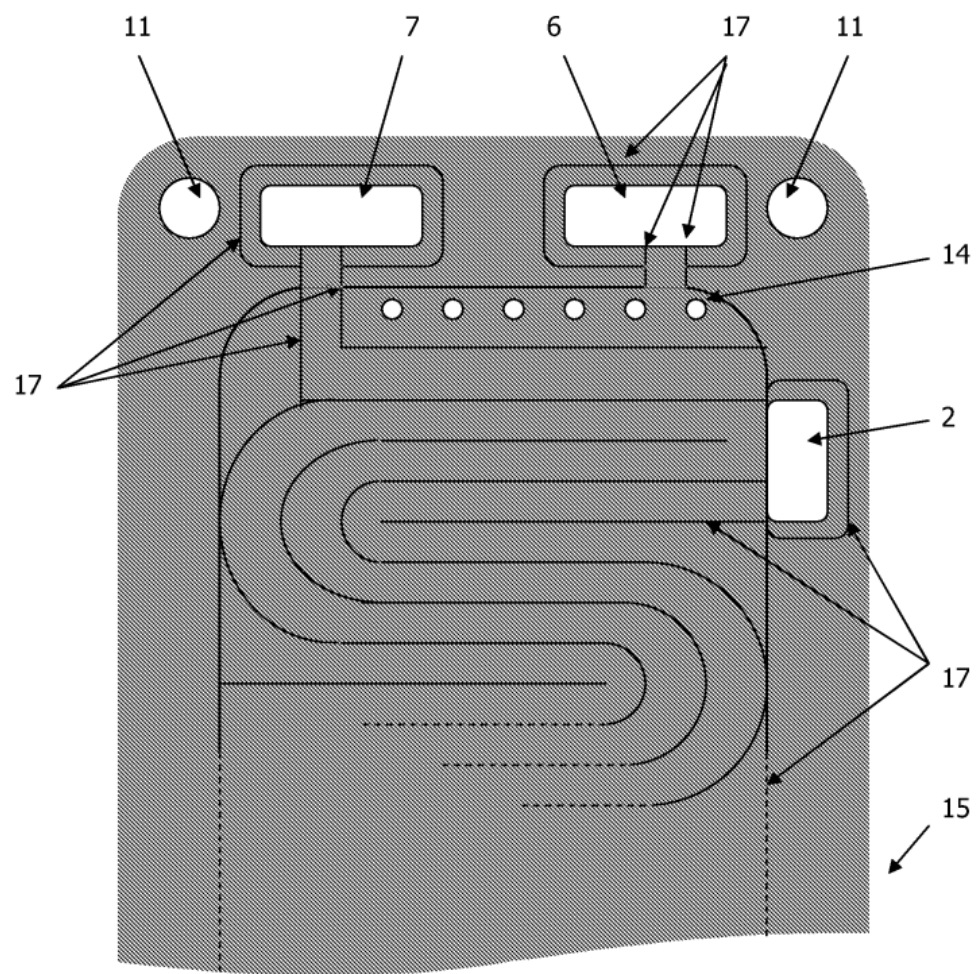


Fig. 5

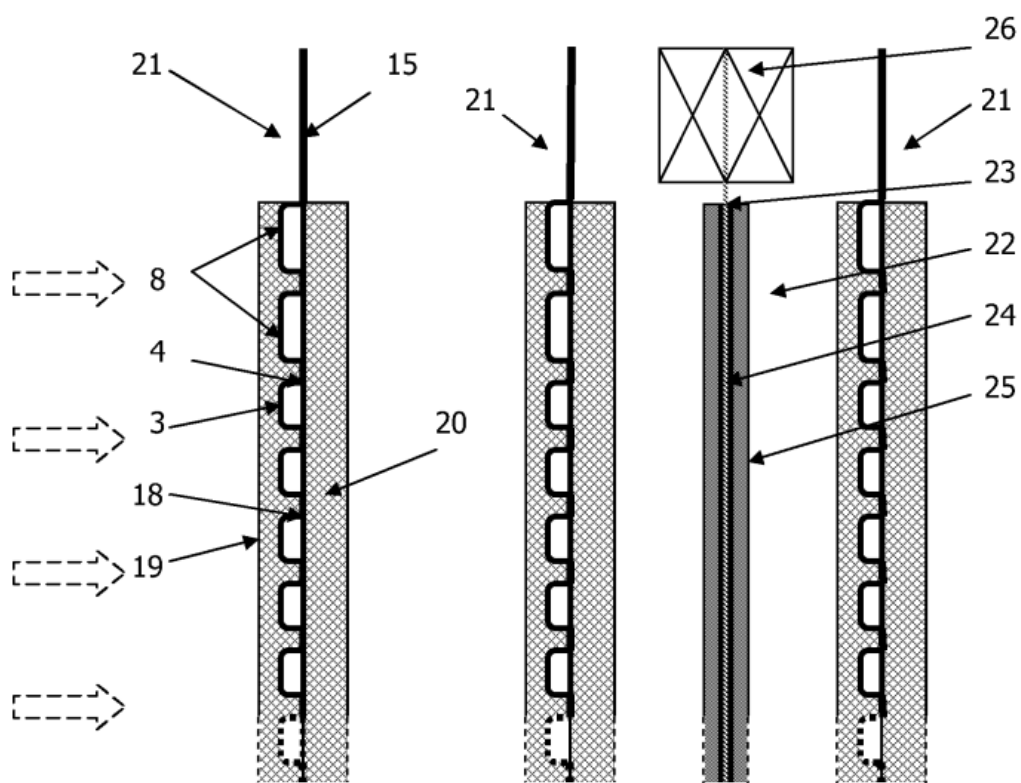


Fig. 6

Fig. 7